



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

"Auswirkung einer Creatinsupplementation hinsichtlich
unterschiedlicher Sportarten"

Verfasserin

Julia Hanzl, Bakk.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Sportwissenschaften (Mag^a. rer. nat.)

Mödling, im Jänner 2009

Studienkennzahl: A 066 826

Studienrichtung: Sportwissenschaften

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Gerhard Smekal

1 Vorwort - Persönlicher Bezug zum Thema.....	5
2 Einleitung.....	6
2.1 Zielsetzung der Arbeit.....	6
3 Energiebereitstellung	7
3.1 Adenosintriphosphat (ATP) und ATP-Regenerierung.....	10
3.2 Creatinphosphat (PCr).....	10
3.3 Anaerobe Glykolyse.....	13
3.4 Aerobe Oxidation von Glukose und Fettsäuren.....	15
4 Creatin - das Supplement.....	16
4.1 Geschichte des Creatins.....	16
4.2 Klassifizierung von Creatin	18
4.3 Synthese von Creatin.....	20
4.4 Aufnahme von Creatin.....	20
4.5 Creatin-Speicherung.....	21
4.6 Creatinabbau.....	22
4.7 Creatinbedarf.....	23
4.8 Wirkungsweise und ergogener Effekt einer Creatin-Supplementation	23
4.8.1 Wirkung auf die Verfügbarkeit von Creatinphosphat.....	24
4.8.2 Wirkung auf die Resynthese von Creatinphosphat.....	25
4.8.3 Wirkung auf das Muskellaktat.....	25
4.8.4 Wirkung auf den oxidativen Metabolismus.....	25
4.8.5 Wirkung auf Trainingsleistungen.....	26
4.8.6 Wirkung auf die Körpermasse.....	26
4.9 Physiologische Auswirkungen einer Creatinsupplementation.....	26
4.10 Creatineinnahme und Creatindosierung.....	27
4.11 Substanzen und Maßnahmen welche die Creatinaufnahme erhöhen können.....	29
4.12 Mögliche Nebenwirkungen einer Creatinsupplementation.....	30
4.13 Mögliche klinische Anwendung einer Creatinsupplementation.....	33
4.14 Sportliche Leistungen die durch eine Creatinsupplementation verbessert werden können.....	33
5 Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf Leistung mit unterschiedlicher Belastungsdauer.....	35
5.1 Einfluss einer Creatinsupplementation auf kurzfristige hochintensive Belastungen (≤ 30 s)	46
5.1.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf kurzfristige hochintensive Belastungen (≤ 30 s) untersuchten.....	47
5.1.1.1 "Effects of Oral Creatine Loading on Single and Repeated Maximal Short Sprints"	48
5.1.1.2 "Effect of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance"	52
5.1.1.3 " Effect of oral creatin supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry"	54
5.1.1.4 "The Influence of Recovery Duration on High-Intensity Exercise Performance after Oral Creatin Supplementation"	57
5.1.1.5 "Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation"	62
5.1.1.6 "Effect of Creatinsupplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism"	64
5.1.1.7 "The use of varying creatine regimens on sprint cycling"	66

5.1.1.8 "The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man"	69
5.1.1.9 "Creatine Supplementation enhances intermittent work performance"	71
5.1.1.10 "Creatine ingestion favourably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans"	75
5.1.1.11 "Effect of oral creatine supplementation on muscle (PCr) and short-term maximum power output"	77
5.1.1.12 "Effects of Creatine Supplementation on Repetitive Sprint Performance and Body Composition in Competitive Swimmers"	79
5.1.1.13 "Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers"	84
5.1.1.14 "Effect of Creatine Supplementation on Training for Competition in Elite Swimmers"	86
5.1.1.15 "Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high-performance swimmers"	90
5.1.1.16 "Creatine supplementation and performance in 6 consecutive 60 meter sprints"	94
<u>5.2 Einfluss einer Creatinsupplementation auf längeranhaltende Belastungen (30 - 150s)</u>	<u>96</u>
5.2.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf längeranhaltende Belastungen (30 -150 s) untersuchen.....	97
5.2.1.1 "Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans"	97
5.2.1.2 "Creatine Supplementation enhances intermittent work performance"	100
5.2.1.3 "Effect of creatine phosphat supplementation on anaerobic working capacity and body weight after two and six days of loading in men and women"	104
5.2.1.4 "Effect of thirty days of creatine supplementation with phosphate salts on anaerobic working capacity and body weight in men"	107
5.2.1.5 "Effects of Creatine Supplementation on Repetitive Sprint Performance and Body Composition in Competitive Swimmers"	109
5.2.1.6 "Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers"	114
5.2.1.7 "Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high-performance swimmers"	116
5.2.1.8 "Effect of Oral Creatine Supplementation on Jumping an Running Performance"	119
5.2.1.9 "The Effect of Creatine Supplementation on two 700m maximal running bouts"	121
<u>5.3 Einfluss einer Creatinsupplementation auf aerobe Belastungen (>150 s)</u>	<u>122</u>
5.3.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf aerobe Belastungen (>150 s) untersuchten.....	123
5.3.1.1 "Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance"	123
5.3.1.2 "Effect of Creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers"	125
5.3.1.3 "Creatine supplementation in endurance sports"	127
<u>6 Auswirkungen einer Creatinsupplementation im Kraftsport</u>	<u>129</u>
6.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf Krafttraining untersuchten.....	132

6.1.1 "Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis"	132
6.1.3 "Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training"	136
6.1.4 "Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass" (Francaux et al., 1999).....	140
6.1.5 " Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans"	142
6.1.6 "Creatine supplementation enhances maximum voluntary isometric force and endurance capacity in resistance trained men"	145
6.1.7 "Creatine monohydrate increases strength in patients with neuromuscular disease"	149
6.1.8 "Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man"	151
6.1.9 "Creatine supplementation and age influence muscle metabolism during exercise"	155
6.1.10 "Does oral creatine supplementation improve strength? A meta-analysis" (Dempsey et al., 2002).....	160
6.1.11 "The effects of creatine supplementation on muscular performance and body composition responses to short-term resistance trainings overreaching"	163
6.1.12 "The effects of creatine monohydrate on 1RM Bench Press"	168
6.1.13 "Effect of oral creatine monohydrate and creatine phosphate supplementation on maximal strength indices, body composition and blood pressure"	169
6.1.14 "Effects of Creatine Monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women"	174
6.1.15 Metaanalyse: "Effects of Creatine Supplementation and Resistance Training on Muscle Strength and Weightlifting Performance"	177
7 Ergebnisse und Erkenntnisse der Arbeit.....	182
7.1 Auswirkungen einer Creatinsupplementation - sportartbezogen.....	182
7.1.1 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Radsprint	182
7.1.2 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Schwimmsprint.....	182
7.1.3 Konklusion zu Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Laufsprint	183
7.1.4 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Ausdauersport.....	184
7.1.5 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Kraftsport	184
7.2 Auswirkungen einer Creatinsupplementation – in Abhängigkeit von der Belastungsdauer.....	186
7.2.1 Konklusion zu Creatinsupplementationen bei kurzfristigen hochintensiven Belastungen (≤ 30 s).....	186
7.2.3 Konklusion zu Creatinsupplementationen bei längeranhaltenden Belastungen (30 – 150 s).....	188
7.2.4 Konklusion zu Creatinsupplementationen bei aeroben Belastungen (> 150 s)	189
7.3 Persönliche Konklusion und Resümee	190
8 Literaturverzeichnis.....	191
9 Anhang.....	198
9.1 Anhang I: Abbildungsverzeichnis.....	198
9.2 Anhang II: Tabellenverzeichnis.....	200
9.2 Anhang III: Lebenslauf.....	203

1 Vorwort - Persönlicher Bezug zum Thema

Bevor ich damit beginne über Creatin zu schreiben, möchte ich kurz darauf eingehen wie ich zu diesem Thema gekommen bin.

Bereits im Jahr 2003 begann ich in einem Fachgeschäft für Nahrungsergänzungsmittel (Vitaminexpress) zu arbeiten. Schon davor habe ich mich intensiv mit Ernährung auseinandergesetzt und auch eine 1½jährige Ausbildung zur diplomierten Ernährungstrainerin absolviert. Dies ermöglichte mir zwar ein gutes Allgemeinwissen über Ernährung, jedoch wurde in dieser Ausbildung nur wenig auf Nahrungsergänzungsmittel eingegangen. Dennoch interessierte mich dieses Gebiet und ich bewarb mich in obig genanntem Geschäft. Dort wurde ich instruiert, deren Broschüre gut durchzulesen und mit den darin enthaltenen Inhalten die Kunden anzuwerben. Meine Kolleginnen waren Ernährungswissenschaftlerinnen, die anschließend an ihr Studium zwischenzeitlich in diesem Geschäft arbeiteten, bis sie einen passenden Beruf fanden. Aufgrund der ähnlichen Interessen unterhielten wir uns viel über Ernährung und auch sie teilten mir mit, dass sie in ihrem Studium nur peripher über Nahrungsergänzungsmittel lernten. Da es uns ein Anliegen war, die Kunden neben den Informationen aus den geschäftseigenen Broschüren noch weiter informieren zu können, lasen wir viel darüber und versuchten möglichst durch Studien und Fachliteratur auf dem neuesten Stand zu bleiben. Umso aufgeklärter wir jedoch über die Präparate waren, desto schwerer fiel es uns, für diverse Mittel zu werben, denn nur wenige davon erschienen uns wirklich als sinnvoll. Das Angebot war riesig und schwer zu überblicken, da viele Mittel mit gleichen Inhalten ganz unterschiedlich, vielversprechend und oft englischsprachig betitelt waren. So wurde Glutamin beispielsweise als "Anabol Booster" verkauft und auch andere Präparate hatten ähnlich klingende Namen. Nicht zufällig wird man gerade in solchen Geschäften auch auf andere, nicht legale Substanzen angesprochen. Auch wenn wahrscheinlich keines der angebotenen Präparate eine gesundheitsschädigende Wirkung birgt, muss ich doch anmerken, dass ich kaum eines als wirklich wirkungsvoll bezeichnen würde. Zu den wenigen, die ich unter bestimmten Umständen sinnvoll finde, zählen meines Erachtens hochwertige Eiweißprodukte und reines Creatinmonohydrat. Weil ich Creatin für eines der wenigen wirkungsvollen Präparate halte, wählte ich dies zu meiner Arbeit. Ob ich damit Recht behalte, möchte ich mit dieser Arbeit herausfinden.

2 Einleitung

Creatin als Nahrungsergänzungsmittel erfreute sich in den letzten Jahren zunehmender Popularität. Es existiert kaum mehr ein Fitnesscenter, das diese Substanz nicht zum Kauf anbietet. Die Auswahl an Produkten unterschiedlicher Hersteller ist enorm. Hunderte verschiedene Bezeichnungen verwirren den Konsumenten und sogar den Geschmacksrichtungen sind keine Grenzen gesetzt. Kaum einem Sportler ist Creatin kein Begriff mehr. Fitnesstrainer liefern die notwendigen Informationen, "verschreiben" Kuren und vermarkten Creatin wie kein anderes Produkt.

Mit dieser Arbeit versuche ich zu klären bei welchen Belastungen eine Creatinsupplementation einen positiven Nutzen hat. Die Basis dieser Arbeit soll durch eine umfangreiche Aufarbeitung von fachspezifischer Literatur geschaffen werden. Dabei werde ich zuerst die Energiebereitstellung und das Wirken von Creatinphosphat im Körper beschreiben und anschließend die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf den Körper sowie auf die sportliche Leistungsfähigkeit. Dies soll einen guten Überblick zu diesem Thema und ein vertieftes Verständnis über die Wirkungsweise verschaffen.

Durch die Aufarbeitung von wissenschaftlichen Studien soll bestimmt werden in welchem Zeitraum und bei welchen Sportarten Creatin eine leistungssteigernde Wirkung hat. Die Studien sind in einzelne Kapitel unterteilt um einen guten Überblick zu verschaffen und damit auch gezielt die Fragestellung beantworten zu können. Eine Unterteilung erfolgte, indem die Studien in unterschiedliche Belastungsdauer gegliedert wurden. Die Erkenntnisse und Ergebnisse welche die Studien lieferten sind am Ende der Arbeit zu finden. Sie sind wiederum zum einen in unterschiedliche Belastungsdauer gegliedert und zum anderen erfolgte auch ein Resümee über das Wirken von Creatin in unterschiedlichen Sportarten, wie Rad-, Lauf-, Schwimmsprint, Ausdauersport und Kraftsport.

2.1 Zielsetzung der Arbeit

Ziel meiner Arbeit ist es herauszufinden, ob Creatin eine ergogene Wirkung hat und bei welchen Belastungen ein Effekt zu finden ist. Eine weitere Aufgabe dieser Arbeit soll es sein zu klären wie Creatin im Körper wirkt und ob es auch zu etwaigen negativen Auswirkungen infolge der Supplementierung kommen kann.

Kernstück dieser Arbeit ist die Aufarbeitung von Studien die zu einer Diskussion über die Leistungssteigerung von Creatin in unterschiedlichen Sportarten führen soll. Aus diesen Ergebnissen wird letztendlich eine Schlussfolgerung über den sinnvollen Einsatz von Creatin in unterschiedlichen Sportarten gezogen.

Ziel meiner Arbeit soll es sein, eine gut strukturierte Informationsbasis über Creatin zu schaffen und die Fragestellung "Hat eine Creatinsupplementation einen ergogenen Effekt auf Leistungen im Sprint-, Ausdauer- und Kraftsport" zu beantworten.

3 Energiebereitstellung

Bevor ich damit beginne, Creatin als Nahrungsergänzungsmittel zu beschreiben, werde ich auf die nähere Bedeutung von Creatin im Energiestoffwechsel eingehen.

Creatin (bzw. Creatinphosphat) spielt als sofort verfügbare Energiequelle eine wesentliche Rolle im Energiestoffwechsel. In einer Zelle laufen eine Vielzahl von Stoffwechselprozessen ab. Bei energieliefernden Reaktionen dient die Zelle als Art Transformator, denn sie hat die Fähigkeit, chemische Energie in biologische Energie umzuwandeln. Diese biologische Energie wird zunächst in den beiden energiereichen Phosphatverbindungen Adenosintriphosphat (ATP) und Creatinphosphat (CP) gespeichert. (Geiss & Hamm, 2003)

Die eigentlichen Energieträger der Muskelkontraktion sind ATP und CP. In Abbildung 1 ist die Wirkungsweise der beiden Energiequellen ATP und CP dargestellt. Durch den Zerfall der energiereichen Phosphate kann eine Muskelkontraktion stattfinden. Bei dieser schieben sich die dünnen Aktinfilamente teleskopartig zwischen die dickeren Myosinfilamente. Bei der Kontraktion verkürzen sich die Fibrillen bis auf 65% der Ruhelänge und in der Streckung können sie wiederum bis zu 120% der Ruhelänge erreichen. (Konopka, 2002)

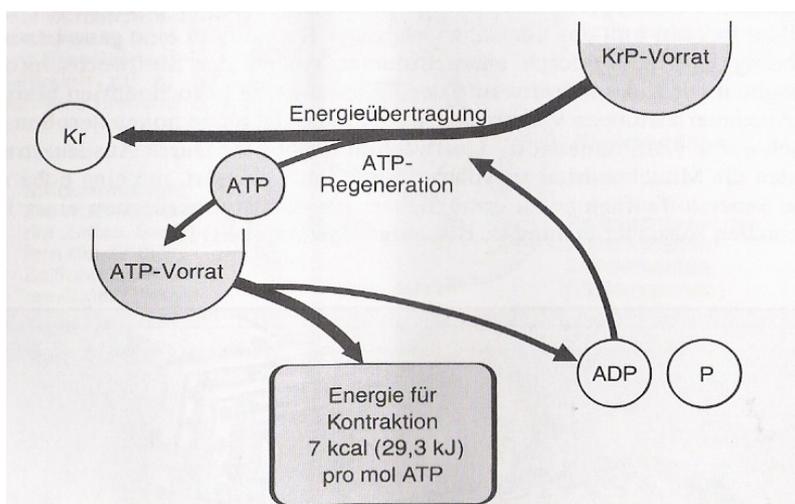


Abb. 1 ATP und CP als Energiequellen im Muskel (Konopka, 2002, S. 30)

Die Kontraktion von Muskeln ist Voraussetzung für eine aktive Bewegung. Die für die Muskelkontraktion erforderliche Energie stammt unmittelbar aus der Hydrolyse des

Adenosintriphosphats in Adenosindiphosphat (ADP) und Phosphat (P). (De Mares, 2003)

Die Spaltung von ATP zu ADP und Phosphat wird auch als Dephosphorylierung von ATP bezeichnet. Die Rückwandlung von ADP zu ATP, die sogenannte Rephosphorylierung, erfolgt im Wesentlichen durch Creatinphosphat (CP), Glukose und Fettsäuren. Beim Abbau der Hauptnährstoffe entsteht neben Wärme auch Energie, die für die Synthese von ATP benötigt wird. (Schenk, 2002)

Welche Energieträger zu welchen Anteilen die Regeneration von ATP und CP gewährleisten, hängt von folgenden Nährstoffeigenschaften ab (Konopka, 2002):

Energetische Flussrate:

Die energetische Flussrate setzt fest wie schnell Energie freigesetzt werden kann. Die schnellste Energiefreisetzung erfolgt aus ATP und CP. Etwa halb so schnell erfolgt die Energiefreisetzung in Form der anaeroben Glykolyse. Dennoch ist diese Form der Energiefreisetzung in etwa doppelt so schnell wie die der aerobe Glykolyse. Der oxidative Abbau der Fettsäuren zu Kohlendioxid und Wasser verläuft wiederum halb so schnell. In Tabelle 1 ist die energetische Flussrate der verschiedenen Energiebereitstellungsformen übersichtlich dargestellt.

Tab. 1 Energetische Flussrate bei unterschiedlichen Energiebereitstellungsformen (Konopka, 2002, S. 39)

	Gehalt $\mu\text{MOL G}^{-1}$	max. Flußrate $\mu\text{MOL G}^{-1} \text{S}^{-1}$
ATP, KP → ADP, K	20–25	1,6–3,0
Glykogen → Lactat	300	1,0
Glykogen → CO ₂ , H ₂ O	3600	0,5
Fettsäuren → CO ₂ , H ₂ O	1200	0,24
ATP = Adenosin-Tri-Phosphat KP = Kreatin-Phosphat ADP = Adenosin-Di-Phosphat K = Kreatin		

Energetisches Sauerstoffäquivalent:

Wie viel Energie (Kalorien/Joule) aus den einzelnen Nährstoffen pro Liter aufgenommenen Sauerstoffs freigesetzt wird, unterscheidet sich stark. So erhält man aus Kohlenhydraten pro Liter aufgenommenen Sauerstoff 5,05 kcal (21,14 kJ), aus Fetten 4,65 kcal (19,46 kJ) und aus Eiweiß 4,48 (18,75 kJ). Demnach zeigt sich, dass das energetische Sauerstoffäquivalent bei Kohlenhydraten am günstigsten ist. Beim aerobem

Abbau des Glykogens beträgt dieser 6,5 mol, bei der Glucose 6,34 mol und bei den Fettsäuren nur noch 5,61 mol.

Energetischer Nutzeffekt

Der energetische Nutzeffekt gibt an wie viel Energie der Nährstoffe über den Stoffwechsel tatsächlich an ATP weitergegeben wird. Diesbezüglich ist die Energiegewinnung aus Fetten der Effektivste. Der Nutzeffekt der Fettsäuren liegt nämlich bei 43%. Bei der Glykolyse liegt der Nutzeffekt bei 42% und bei der anaeroben Glykolyse nur bei 32%. Die Wege der Energiefreisetzungen sind abhängig davon wie plötzlich und intensiv die Belastung einsetzt, wie lange sie dauert und wie der Ernährungszustand ist. Mit zunehmender Intensität wird die Sauerstoffaufnahmefähigkeit zur alleinbestimmenden Größe. (Konopka, 2002)

Bestimmte Organe wie das Gehirn können ihre Energie nur aus der Glukose gewinnen, andere Organe und auch das Muskelgewebe wiederum können die Energie sowohl aus Kohlenhydraten als auch aus Fetten beziehen. Die Energiegewinnung aus Eiweiß spielt im Normalfall mit einem 2-3%igen Anteil am Energiestoffwechsel eine eher untergeordnete Rolle. Nur in Ausnahmefällen, wie Überanstrengung und Hunger, kann sich dieser Prozentanteil erhöhen. (Konopka, 2002)

Nach dem Isodynamiegesetz können sich Nährstoffe wie Kohlenhydrate, Fette und Proteine im Energiestoffwechsel untereinander ersetzen. So können Proteine zu Kohlenhydraten und Kohlenhydrate zu Fetten umgewandelt werden. Eine Umwandlung von Kohlenhydraten zu Proteinen ist jedoch nicht möglich. (Baron, 1999)

Die einzelnen Energiespeicher unterscheiden sich stark in ihrer Größe (Konopka, 2002, S. 52):

Energiereiche Phosphate (ATP, KP)..... ca. 5 kcal (21 kJ)

Kohlenhydrate (Glykogen).....ca. 1200 kcal (5000 kJ)

Fett..... ca. 50 000 kcal (210 000 kJ)

Der Körper ist nach einer intensiven Belastung bestrebt, schnellstmöglich wieder physiologische Balance, eine sogenannte Homöostase, herzustellen. Dieser Zustand ist erreicht, wenn sämtliche Energiespeicher wie CP, Glykogen, etc. wieder vollständig aufgeladen sind. Dies benötigt unterschiedlich lange Zeit und reicht bei intensiver Belastung von wenigen Minuten (Creatinphosphat) bis zu mehreren Stunden (Glykogen). (Schulte-Weber, 2004)

3.1 Adenosintriphosphat (ATP) und ATP-Regenerierung

Die chemische Energie des Adenosintriphosphats ist die unmittelbare Energiequelle für die Muskelkontraktion. (Silbernagl & Despopoulos, 2001)

Die Bestandteile des ATPs sind: Das aus der Base Adenin und dem Zucker Ribose zusammengesetzte Adenosin, sowie drei untereinander verknüpfte Phosphatgruppen. (De Marees, 2003)

Diese drei Phosphatgruppen sind durch zwei energiereiche Verbindungen miteinander verknüpft. Nur durch eine chemische Reaktion, die sogenannte Hydrolyse¹, können die Phosphatverbindungen abgespalten werden. (Geiss et al., 2003)

Durch die Hydrolyse wird der endständige Phosphatrest des ATPs abgetrennt. Dabei entsteht aus ATP→ADP. (Schulte-Weber, 2004)

De Mares (2003, S. 346) bezeichnet ATP:

"...als einzigen direkt 'anzapfbarer Energiespeicher', der praktisch in allen lebenden Zellen, insbesondere in der Muskelzelle, vorhanden ist."

Laut De Marees (2003) ist ATP die voraussetzende Komponente für jegliche Art von körperlicher Bewegung.

Die ATP-Konzentration wird, laut De Marees (2003), selbst bei maximalen Muskelkontraktionen kaum beeinflusst. Die Abhängigkeit der ATP-Konzentration von energiereichen Phosphaten wird verdeutlicht, wenn die Aktivität des Enzyms der Creatinkinase gehemmt wird. - Dann sinkt nämlich auch die ATP-Konzentration rasch ab. Jedoch ist der Vorrat an ATP mit 5mmol/kg Muskelfeuchtmasse stark begrenzt, denn damit lassen sich gerade einmal 3-4 Muskelkontraktionen realisieren. (De Marees, 2003)

ATP muss daher auf drei Wege fortlaufend resynthetisiert werden (nach Silbernagl et al., 2001):

1. Spaltung von Creatinphosphat
2. anaerobe Glykolyse
3. aerobe Oxidation von Glukose und Fettsäuren

3.2 Creatinphosphat (PCr)

1 Hydrolyse: Wassereinlagerung

Creatinphosphat dient bei der Muskelkontraktion als sofortige Energiequelle. Während kurzzeitigen, hochintensiven Belastungen überträgt es seine energiereiche Phosphatbindung auf das Adenosindiphosphat (ADP) und dient damit der Wiederauffüllung der ATP-Speicher. (Nebel, 2002)

Dieser Weg der Energiebereitstellung wird als anaerob-alaktazid bezeichnet, da er ohne Sauerstoff abläuft und kein Laktat dabei gebildet wird. (Konopka, 2002)

Creatinphosphat ist im Muskel in etwa 3-4x höherer Konzentration als ATP vorhanden. Die chemische Energie des CP ist im Gegensatz zur anaeroben Glykolyse und aeroben Oxidation sofort verfügbar, stellt aber mit 15-20 mmol/kg Muskelfeuchtgewicht einen stark begrenzten Speicher dar. Mit der freien Energie aus Creatinphosphat können maximal 5-6 s Muskelkontraktionen durchgeführt werden. Zusammen mit dem ATP-Speicher ergibt dies eine Arbeitsdauer von maximal 6-8 s. (De Marees, 2003)

Eine bedeutende Rolle spielt Creatin/Creatinphosphat im Organismus. Besonders deswegen weil es im Gegensatz zu ATP im Muskel gespeichert werden kann und im Bruchteil einer Sekunde für die Phosphorylierung von ATP zur Verfügung steht. (Klein, 2006)

Bei einer kurzen explosiven Leistung zwischen 6-8 Sekunden, wie das etwa bei einem 50-75 Meter Sprint der Fall ist, entstammt die Energie fast ausschließlich dem Creatinphosphat-Speicher. Für einen 100m-Lauf reicht der Zerfall der energiereichen Phosphate nicht mehr ganz aus. Dabei setzt gegen Ende zu bereits die anaerobe Glykolyse ein. (Konopka, 2002)

Gäbe es das ATP-CP-System nicht, so müssten wir laut Schulte-Weber (2004) sämtliche Bewegungen im Zeitlupentempo machen. Innerhalb der ersten fünf bis zehn Sekunden ermöglicht Creatinphosphat nämlich die ATP-Resynthese bei einer intensiven Belastung. (Nebel, 2002).

Creatinphosphat weist zwar die höchste Geschwindigkeit zur Energiebereitstellung auf, hat aber die geringste Kapazität, so De Marees (2003). Durch die schnelle Verfügbarkeit stellt CP eine optimale Überbrückung dar, bis die anaerobe Glykolyse und die aerobe Oxidation eingesetzt haben. Diese benötigen nämlich beide eine vergleichsweise lange Anlaufzeit. (Silbernagl et al, 2001)

Die Wiederauffüllung der CP-Speicher erfolgt recht rasch. Nach 30 Sekunden sind bereits bis zu 70% der CP-Ausgangsmenge wieder verfügbar. (Schulte-Weber, 2004)

Etwa vier bis sechs Minuten nach einer intensiven Belastung ist der gesamte Creatin-Speicher wieder aufgefüllt. (Klein, 2007)

Creatin bzw. Creatinphosphat sind Phosphogene, d.h. Moleküle, die Phosphatome binden und an andere Moleküle wieder abgeben können. Phosphogene übernehmen in verschiedenen Geweben unterschiedliche Rollen. In der glatten Muskulatur und Skelettmuskulatur dienen sie als schnell verfügbare Speicher, auf die bei erhöhtem ATP-Bedarf zugegriffen werden kann und in der Herzmuskulatur übernehmen Phosphogene die Funktion eines Puffers von ADP und ATP. Dieser Puffer verhindert zu hohe ADP-Konzentrationen, welche die myofibrilläre ATP-ase hemmen würden und eine Kontraktion des Herzmuskels verhindern würden. Im Grunde genommen sind die Phosphogene für eine Konstanthaltung der Konzentrationen von ATP zuständig. (Klein, 2007)

Indem Creatinphosphat im Cytosol² der Muskelzelle dem ADP seine Phosphatgruppe überträgt, entsteht ATP (+ Creatin). Damit Creatin wieder zu Creatinphosphat wird, gelangt es in die Mitochondrien, wo es Phosphat von oxidativ gebildetem ATP übernimmt. Danach kann das Creatinphosphat wieder seine Phosphatgruppe auf das cytosolische ADP übertragen. Dies kann auch als Creatin-Shuttle bezeichnet werden. (Schenk, 2002)

Laut De Mares (2003) beliefert demnach das CP die energiebedürftigen Prozesse bei einer Muskelkontraktion nicht direkt, sondern indirekt über die Resynthese des ATPs. Dies ist der Grund warum die ATP-Konzentration auch bei länger andauernder Muskelbelastung kaum absinkt. Denn die ATP-Resynthese aus CP und ADP erfolgt schon während der Muskelkontraktion. In Abbildung 2 lässt sich gut erkennen wie konstant die ATP-Konzentration bleibt und wie sich CP bei einer intensiven Beanspruchung verhält. (De Mares, 2003)

² Cytosol: Zellplasma

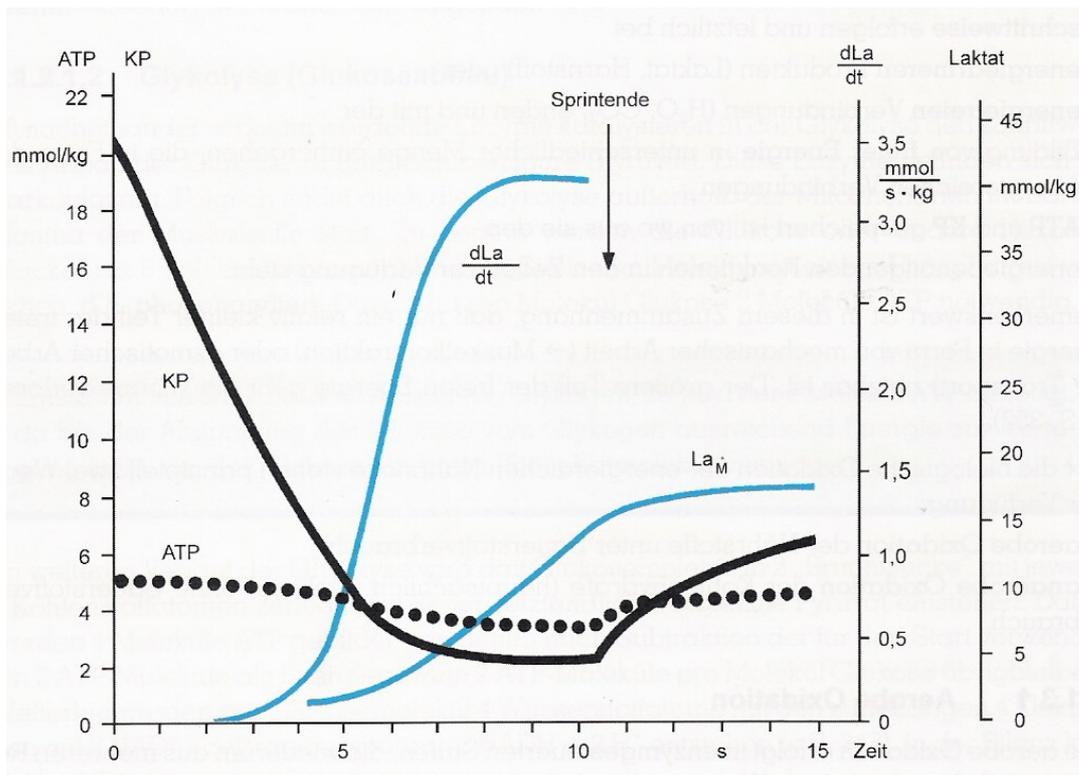


Abb. 2 Verhalten von CP und ATP sowie der Laktatbildungsrate (dLa/dt) und der Laktatkonzentration im Muskel (La_M) beim Sprint (De Marees, 2003, S. 347)

Laut De Marees (2003) ist bei hochintensiven Belastungen, wie Wettkämpfen, ein Abfall der ATP-Konzentration um ein Drittel des Ruhewertes möglich, jedoch tritt spätestens dann eine Kontraktionsinsuffizienz des Muskels auf. Ursache dafür ist eine pH-bedingte Drosselung der Glykoserate und damit ein Abfall der Phosphagen-Konzentration. Das bei der ATP-Spaltung freiwerdende anorganische Phosphat aktiviert sowohl die Glykogenolyse³ als auch die Glykolyse⁴. (Schenk, 2002)

Dabei kommt Creatinphosphat eine weitere bedeutende Rolle zu: CP hat eine inhibitorische Wirkung auf die Phosphofruktokinase, ein wichtiges Enzym der Glykolyse. Sinkt die CP-Konzentration so kann die Phosphofruktokinase-Aktivität ansteigen und als Energiequelle für die ATP-Synthese wird vermehrt Glucose herangezogen. (Klein, 2007)

De Marees (2003) schreibt, dass die ATP- und CP-Reserven im Alter abnehmen, der ATP-Bedarf bei der Muskelkontraktion aber zunimmt. Die Wiederauffüllung der CP- und ATP-Speicher für längere Muskeltätigkeiten wird durch die Oxidation der energiereichen Nährstoffe (hauptsächlich Glukose und Fettsäuren) gewährleistet. (De Marees, 2003)

3.3 Anaerobe Glykolyse

3 Glykogenolyse: Abbau von Glykogen zu Glukose

4 Glykolyse: Abbau von Glukose (zu Pyruvat)

Die anaerobe Glykolyse benötigt im Gegensatz zur PCr-Spaltung eine etwas längere Anlaufzeit und erreicht ihr Maximum nach etwa einer halben Minute. (Silbernagl et al., 2001)

Etwa nach 6-8 Sekunden gewinnt die anaerobe Glykolyse zunehmend an Bedeutung. Durch sie lassen sich Maximalbelastungen mit 40-45 Sekunden Dauer bewältigen, wie etwa ein 400m Lauf. Dieser Weg der Energiebereitstellung wird auch anaerob-laktazid genannt, da er ohne Sauerstoff aber mit Laktatbildung abläuft. (Konopka, 2002)

Bis zum Zwischensubstrat Pyruvat erfolgt der Abbau des Glukosemoleküls gleich wie bei der (anschließend beschriebenen) aeroben Oxidation. Jedoch bleiben die Zwischenprodukte Pyruvat und NADH bei der anaeroben Glykolyse im Cytoplasma, während sie bei der aeroben Oxidation in die Mitochondrien weitertransportiert werden. Im Cytoplasma wird dieses Pyruvat dann zu Laktat weiterverarbeitet. (Geiss, et al., 2003)

Beim Abbau der Glukose ohne Sauerstoff entsteht zwar rasch Energie, jedoch fällt dabei Laktat an dessen Ansteigen eine leistungsbegrenzende Größe darstellt. Bei Maximalbelastungen wie etwa einem 400 Meter-Lauf kommt es zu hohen Laktatwerten wodurch der Säurewert des Blutes zunimmt und wodurch eine weitere maximale Leistung verhindert wird. (Konopka, 2002)

Normalerweise wird diese eher wenig ergiebige ATP-Regenerierung nach etwa einer Minute von der aeroben Oxidation abgelöst. Kann die aerobe Oxidation aber etwa aufgrund zu geringer Sauerstoffzufuhr den Energiebedarf nicht decken, so muss die anaerobe Glykolyse zusätzlich Energie zur Wiederauffüllung der ATP-Speicher bereitstellen. Die anaerobe Oxidation kann ausschließlich Energie aus Glukose verwenden und nicht wie bei der aeroben Oxidation auch aus Fett- und Aminosäuren. Die Glukose wird wie auch bei der aeroben Oxidation durch die Glykolyse abgebaut. Bis zur Bildung der Brenztraubensäure verlaufen die Reaktionsschritte beider Oxidationswege gleich. Aerobe und anaerobe Oxidation unterscheiden sich stark im Gewinn an ATP. Auf einen Gesamtgewinn von 31 mol ATP aus einem mol Glukose bei der aeroben Oxidation, kommen nur 3 mol ATP pro mol Glukose bei der anaeroben Glykolyse. Demnach kann bei der aeroben Oxidation eine 10mal größere Energiemenge pro mol Glukose durch oxidative Phosphorylierung in Form von ATP chemisch gebunden werden. Die Energieausbeute pro mol Glukose ist bei der anaeroben Glykolyse zwar wesentlich kleiner als bei der aeroben Oxidation, jedoch wird bei der anaeroben Glykolyse eine größere Energiemenge pro Zeiteinheit bereitgestellt. (De Marees, 2003)

Der Glukoseabbau bei der aeroben Oxidation erfolgt mit den energiefreien Endprodukten H₂O und CO₂ beinahe vollständig, wohingegen bei der anaeroben Glykolyse lediglich bis

zum energiereichen Laktat abgebaut wird. Bei hohen Belastungen können Laktatwerte bis zu 20 mmol/l Blut auftreten. Die Glykolyse letztlich durch die Anhäufung von Milchsäure gestoppt wird. (De Marees, 2003)

Aus der Muskelzelle wird die Milchsäure ins Blut befördert und bewirkt dort einen Anstieg des PH-Wertes im Blut. Durch weiteres Ansteigen des PH-Wertes kommt es zu einer Übersäuerung des Blutes und in Folge werden die für die Fortführung der Glykolyse notwendigen Enzyme deaktiviert. Würde dann nicht die aerobe Oxidation einsetzen, so wären weitere Muskelkontraktionen nicht mehr möglich. (Schulte-Weber, 2004)

3.4 Aerobe Oxidation von Glukose und Fettsäuren

Ein bis 1 1/2 Minuten kann es dauern bis das aerobe System Energie bereitstellen kann, so Schulte-Weber (2004).

Eine Dauerleistung, wie ein 10.000 m Lauf, kann nur durch die aerobe ATP-Regenerierung, sprich durch die aerobe Oxidation von Glukose, Fettsäuren und Aminosäuren, ermöglicht werden. Damit die aerobe Oxidation stattfinden kann, müssen Herzzeitvolumen und Atmung so lange erhöht werden, bis sie den Erfordernissen des Muskelstoffwechsels angepasst sind. Nach einigen Minuten ist ein Gleichgewicht, das sogenannte "Steady State" erreicht. Die Zeit bis zu diesem Gleichgewicht wird durch die anaerobe Energiegewinnung, beziehungsweise eine erhöhte O₂-Ausschüttung des Blutes und durch die O₂-Kurzzeitspeicher des Muskels gewährleistet. (Silbernagl et al., 2001)

Aerob wird dieser Energiestoffwechsel genannt, weil der Zitratzyklus, der beim Abbau durchlaufen wird, nur mit Hilfe von Sauerstoff funktionieren kann. Jedoch ist hierbei nicht die Lunge der limitierende Faktor, sondern die Bereitstellung des Sauerstoffes in der Muskelfaser. Ohne Sauerstoff würde die Glukoseverwertung auf Höhe der Glykolyse "stecken bleiben". (Schäffler & Menche, 1999)

Die im Muskel vorliegende Speicherform des Traubenzuckers ist Glykogen, dieses wird enzymgesteuert über mehrere Etappen abgebaut. Nicht nur Glukose, sondern auch Fettsäuren und Aminosäuren können aerob weiterverarbeitet werden. Bei der Fettsäuren-Oxidation wird jedoch im Vergleich zur Glukose-Oxidation um etwa 10% mehr Sauerstoff benötigt. (De Marees, 2003)

Da die aerobe Oxidation nur durch den Vorrat an gespeicherten Brennstoffen begrenzt ist, ist die Gesamtenergiemenge sehr groß. Dadurch können Belastungen mit geringerer Intensität über sehr langen Zeitraum durchgehalten werden, so De Marees (2003).

4 Creatin - das Supplement

4.1 Geschichte des Creatins

Das Wort Creatin leitet sich vom griechischem creas ab und steht für Fleisch. (Schulter-Weber, 2004)

Im Jahre 1835 wurde Creatin erstmalig von einem Mann namens Chevreul isoliert. Knapp hundert Jahre später (1926) wurde bekannt, dass durch eine exogene Creatinzufuhr die Creatinkonzentration im Skelettmuskel erhöht werden kann. (Nebel, 2002)

Justus von Liebig bestätigte 1847, dass Creatin Bestandteil tierischen Fleisches ist und er konnte belegen, dass die Creatinkonzentration bei wildlebenden Tieren höher war im Vergleich zu Tieren die in Gefangenschaft lebten, da gefangen lebende körperlich weniger aktiv waren. 1885 wurde Creatinin im Urin entdeckt. (Williams, Kreider, Branch, 1999)

Obwohl Wissenschaftler bereits in den 20er Jahren eine leistungsfördernde Wirkung von Creatin vermuteten, wurden erst in den frühen 90er Jahren Studien dazu durchgeführt. (Branch, 2003)

Creatinphosphat, die phosphorylierte Creatinform wurde 1927 entdeckt und Creatinkinase, das Enzym welches CP katalysiert wurde 1934 erforscht. Durch die Erfindung der Nadelbiopsietechnik, bei der menschliche Muskelproben genommen werden können, konnten schwedische Forscher die Rolle von PCr während körperlichen Trainings und Erholung untersuchen. (Williams et al., 1999)

Laut Arndt (2001) wurde Creatin bereits Anfang der 60er Jahre bei Athleten aus dem Ostblock eingesetzt. Bereits in den 70er Jahren haben Kraftsportler versucht, ihre Creatin-Speicher durch exzessiven Fleischkonsum zu erhöhen. (Albers & Gärtner, 2001)

"Research in the '70s and '80s on the potential medical effects of creatine or PCr supplementation, provided some anecdotal evidence that creatine might be an effective ergogenic aid." (Williams et al., 1999, S. 8)

1970 erforschten u.a. Spande und Schottelius den positiven Einfluss des Creatinphosphats auf die Muskelermüdung bei intensiver Belastung. Die ersten bahnbrechenden Forschungsergebnisse lieferten Harris, Sölderlund und Hultman (1992) indem sie Creatin als effektives Präparat zur Erhöhung der Creatinphosphatkonzentration im Muskel identifizierten und auch dessen positive Auswirkung auf die anaerobe Leistungsfähigkeit ermittelten. Außerdem stellten sie fest, dass oral aufgenommenes Creatinmonohydrat über den Darm unbeschädigt aufgenommen wird. (Schulte-Weber, 2004)

1992 erfolgte die erste dokumentierte, wettkampfspezifische Anwendung von Creatin bei britischen Sprintern und Hürdenläufern während der olympischen Spiele, so Nebel (2002).

Als Anfang der 90er Jahre der Olympiasieger im 100m-Sprint, Linford Christie, seine Leistungssteigerung u. a. Creatin zuschrieb, löste diese Aussage einen regelrechten Creatinboom aus. (Nebel, 2002)

Doch erst ab 1994 war Creatin als Nahrungsergänzungsmittel für Sportler offiziell erhältlich, so Arndt (2001).

Creatin ist heute ein weitverbreitetes Nahrungsergänzungsmittel bei Hobbysportlern aber auch bei Spitzensportlern. Williams et al. (1999) behauptet, dass 80% der Athleten der olympischen Sommerspiele in Atlanta Creatin verwendet haben. In einer Umfrage der Zeitung *USA Today* mit 115 Profiteams zeigte, dass von 71 Teams die auf die Umfrage antworteten, 21 Teams eine Creatinsupplementation missbilligen, wohingegen 16 Teams einer Supplementation zustimmen. Die anderen Teams überließen die Entscheidung den Spielern selbst. 24 Teams stellten den Athleten Creatin sogar zur freien Verfügung. (Williams et al., 1999)

Bei einer anonymen Befragung von 339 männlichen und weiblichen National Collegiate Athletic Association Division IA Athleten wurde Creatin als das wirkungsvollste Präparat zur Steigerung der persönlichen Leistung und das meist frequentiert genutzte Supplement eruiert. (Williams et al., 1999)

Interessante demographische Erkenntnisse findet man in Abbildung 3 diese beschäftigt sich mit den Creatinanwendern. Nachstehend Erkenntnisse sind Highlights aus einer Umfrage aus 1997.

93.3% of respondents exercised three to six times per week.
 92.8% of respondents regularly lifted weights.
 96.7% of respondents were male.
 61.7% of respondents were between the ages of 21 and 35. The average age was 32.
 79.8% of respondents attended or graduated from college.
 13.7% of respondents (the highest percentage) listed their profession as "Professional."
 40.1% of respondents had an annual salary over \$50,000.
 40.7% of respondents spent between \$51 and \$100 a month on nutritional supplements.
 48.4% of respondents spent \$101 to over \$200 a month on nutritional supplements.

Abb. 3 Charakteristika der Creatinuser (William et al., 1999, S. 10)

Die Daten konnten belegen, dass die meisten Creatinanwender männlich und in einem Alter zwischen 21 und 25 Jahren sind.

Eine führende Creatinmanufaktur (SKW Trostberg 1998) schätzt den weltweiten Creatinverbrauch auf 2.7 Millionen Kilo/Jahr. In den vereinigten Staaten wurde 1998 geschätzt, dass jährlich \$100 für Creatinsupplementationen ausgegeben werden. (Williams et al., 1999)

4.2 Klassifizierung von Creatin

Creatin stellt laut De Marees (2003) in der Klassifizierung eine gewisse "Grauzonenproblematik" dar.

Von einer Substitution kann man im Zusammenhang mit Creatin nicht sprechen, denn die Definition des Deutschen Sportärztesbundes (1983) besagt:

"Unter Substitution im medizinischen Sinne ist der Ersatz von für den Körper unbedingt notwendigen Substanzen zu verstehen, die für den Energie- und Baustoffwechsel benötigt werden, die vom Organismus selbst nicht synthetisiert werden können und deren ungenügende Zufuhr die sportliche Leitungsfähigkeit beeinträchtigt." (De Marees, 2004, S. 689)

Dazu zählen Vitamine, Elektrolyte, Spurenelemente, sowie Nährstoffe bzw. energieliefernde Substanzen wie Kohlenhydrate und Eiweiß. Der Definition hinzugefügt wird, dass vom Körper selbst synthetisierte Wirkstoffe nicht unter dem Begriff Substitution

fallen. Außerdem weist laut De Marees (2003) nicht einmal ein Hochleistungssportler einen Creatinmangel auf.

Wenn die körpereigene Synthese eines gesunden Organismus für bestimmte körperliche Höchstleistungen nicht ausreicht, so sollte laut Deutschen Sportärztebund dies als Grenze der individuellen Leistungsfähigkeit respektiert werden. Sollten vom Körper selbst hergestellte Substanzen exogen zugeführt werden und zur Leistungssteigerung dienen, so wäre dies demnach der Tatbestand der pharmakologischen Leistungsbeeinflussung und demnach unter Doping einzuordnen. (Clasing, 2004)

Creatin wird in Fitnessstudios, Sportgeschäften, Internet, etc. vertrieben. Dort wird es meist als Nahrungsergänzungsmittel oder Supplement bezeichnet (auch ich nenne es in dieser Arbeit so). Beides bedeutet dasselbe, denn Supplementation stammt vom lateinischen supplementum und bedeutet Ergänzung.

Mit einem Supplement kann man sowohl eine indirekte als auch direkte Leistungssteigerung erreichen. Indirekt wäre dies über eine verbesserte Regeneration, etwa durch die Gabe von Aminosäurepräparaten. Creatin hingegen führt zu einer direkten Leistungssteigerung. (De Marees, 2003)

Creatin wird häufig in 20-30facher Dosis der durchschnittlichen Tagesaufnahme eingenommen. Man kann daher nicht davon sprechen, dass Sportler mit einer Creatinsupplementation lediglich ihre entleerten Speicher auffüllen wollen. Demnach hat Creatin den primären Zweck einer Leistungssteigerung. (De Marees, 2004)

Schek (2002) listet Creatin als eine von vielen möglichen ergogenen Hilfen auf. Darunter versteht man:

"...Substanzen, Methoden, Therapien oder Geräte, die sportrelevante physiologische, biochemische oder psychologische Parameter verbessern sollen, um die sportliche Leistungsfähigkeit über das durch Talent, Training und Ernährung erreichbare Maß hinaus zu steigern." (Schek, 2002, S.72)

Jedoch muss man hierbei zwischen legalen und illegalen (z.B. Anabolika) Leistungsförderern unterscheiden. (Schek, 2002)

Creatin steht bisweilen nicht auf der Liste der verbotenen Substanzen des Internationalen Olympischen Komitees (IOC). Obwohl der Nachweis einer exzessiven Creatinzufuhr durch Urinanalyse theoretisch möglich wäre. (Nebel, 2002)

Über Grenzwerte, wie bei Koffein, wird aber bereits diskutiert. (De Marees, 2004)

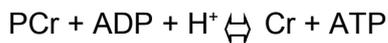
4.3 Synthese von Creatin

Creatin wird vorwiegend im proximalen Tubulus der Niere und in der Leber synthetisiert. Aber auch im Pankreas und im Gehirn können Teilreaktionen eine wichtige Substanz des Harnstoffzyklus, nämlich das Guanidinoacetat (und Ornithin), entsteht. In einer weiteren Reaktion kann das Guanidinoacetat, nachdem es über den Blutweg zur Leber transportiert wurde, zu Creatin weiterverarbeitet werden. Über den Blutweg verlässt das Creatin wieder die Leber und kann dann in Creatin-benötigendes Gewebe eingeschleust werden. (Klein, 2007)

Durch die körpereigene Synthese kann täglich etwa 1g Creatin hergestellt werden. (Schulte-Weber, 2004; Williams et al., 1999)

Wenn das Creatin in die Zelle eingeschleust wurde, kann das wichtigste Enzym des Creatinsystems, die Creatinkinase, das Creatin zu Creatinphosphat umwandeln indem es das Creatin mit einem energiereichen Phosphat phosphoryliert. Dadurch wird ATP zu ADP. Diese Reaktion kann aber auch umgekehrt erfolgen, indem durch die Creatinkinase Creatinphosphat dephosphoryliert und zu Creatin umgewandelt wird. Dabei wird ADP zu ATP. Die Richtung der Reaktion ist abhängig vom Arbeitszustand der Muskulatur, je nach dem ob er Arbeit leistet oder nicht. (Klein, 2007)

Laut Branch (2003) erfolgt die Dephosphorylierung des Creatinphosphats zur Resynthese von ATP aus ADP nach folgender Reaktion:



4.4 Aufnahme von Creatin

Da die tägliche Creatinsynthese mit etwa 1 g pro Tag begrenzt ist, kommt der Creatinzufuhr aus der Nahrung eine besondere Bedeutung zu. Diese erfolgt hauptsächlich über den Fleischverzehr, wobei 1,1 kg frisches Rindfleisch etwa 5 g Kreatin enthalten. Rotes Fleisch weist laut Schulte-Weber (2004) den höchsten Creatingehalt auf. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung von Lebensmitteln und deren Creatingehalt pro Kilogramm.

Tab. 2 Creatinegehalt ausgewählter Lebensmittel (Williams, et al., S.15)

Food	Creatine content	
	g/lb	g/kg
Shrimp	Trace	Trace
Cod	1.4	3
Tuna	1.8	4
Salmon	2	4.5
Herring	3-4.5	6.5-10
Beef	2	4.5
Pork	2.3	5
Cranberries	0.01	0.02
Milk	0.05	0.1

Vegetarier haben eine etwas niedrigere Creatinkonzentration in der Muskulatur, da sie hauptsächlich auf die endogene Synthese angewiesen sind. (De Marees, 2003)

4.5 Creatin-Speicherung

Etwa 120g Creatin kommen im Organismus eines 70kg schweren Mannes vor. Der überwiegende Teil des Creatins, etwa 95%, ist in der Skelettmuskulatur gespeichert. (Schulte-Weber, 2004)

In geringeren Anteilen ist Creatin auch in anderen Geweben und Organen, wie Herz, Gehirn, Hoden, etc. vorzufinden. (Klein, 2007)

Diese Speichergrößen unterliegen leichten Schwankungen und werden von Faktoren wie Muskelfasertyp, Alter, Erkrankungen, Training und Geschlecht beeinflusst. (Clasing, 2004)

Etwa zwei Drittel davon liegen in phosphorylierter Form, als Creatinphosphat, vor und ein weiteres Drittel bildet das freie Creatin, so Albers et al. (2001).

In den Muskeln beträgt die Gesamt-Creatin-Konzentration etwa 120-150mmol/kg Muskelrockenmasse. (De Marees, 2003)

Das sind laut Schulte-Weber (2004) etwa drei Gramm pro Kilogramm Muskulatur. Durch eine orale Creatinzufuhr kann es zu einer Steigerung bis auf fünf Gramm/kg Muskulatur kommen, so Schulte-Weber (2004). Die Typ-II-Muskelfasern weisen im Vergleich zu den

Typ-I-Muskelfasern höhere Creatinphosphat-Spiegel auf. Jedoch brauchen die entleerten Typ II-Muskelfasern vergleichsweise mehr Zeit bis zur Wiederauffüllung. (Nebel, 2002)

Neben der Skelettmuskulatur ist auch im Blut eine geringe Menge an Creatin enthalten, diese ca. 5% sorgen für einen kurzfristigen Nachschub bei Muskelkontraktionen. Die Werte im Blut schwanken zwischen 0,3 und 0,8 mg/100 ml Blut. Sie können durch Fieber, kohlenhydratfreie Ernährung und orale Creatin-Supplementation variieren. (Schulte-Weber, 2004)

Laut De Marees (2003) scheint es für die Creatin-Speicherung eine Sättigungsgrenze zu geben, die zwischen 140-160 mmol/kg Muskulatur liegt. Personen mit geringeren Ausgangswerten, wie beispielweise Vegetarier, profitieren deswegen mehr von einer Creatinsupplementation. (De Marees, 2003)

Aufgrund dieser Sättigungsgrenze macht es laut Clasing (2004) keinen Sinn überhöhte Dosierungen einzunehmen. Es gibt mehrere Möglichkeiten die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf Körperspeicher, besonders Muskelspeicher, zu evaluieren. Dazu zählen direkte Techniken wie Muskelbiopsie und Nuklearmagnetresonanz oder Spektroskopie. Eine indirekte Methode der Messung ist über den Urin, jedoch besteht dabei die Vermutung, dass ein Teil des Creatins im Körper verbleibt.

4.6 Creatinabbau

Täglich werden durch glomeruläre Filtration 0,5 bis 2,5 g Creatin wieder ausgeschieden. (Nebel, 2002)

Der Abbau von Creatin und Creatinphosphat erfolgt über nicht-enzymatische Reaktionen. Bei diesen Reaktionen zyklisieren ständig kleinere Mengen von Creatin und Creatinphosphat zu Creatinin, das nicht mehr phosphoryliert werden kann. (Klein, 2007)

Nicht benötigtes Creatin in der Zelle wird zu Creatinin umgewandelt und über die Nieren mit dem Harn ausgeschieden. Wird Creatin jedoch in höheren Dosierungen eingenommen so erfolgt der Abbau etwas anders. Creatin ist eine niedrigmolekulare Gewichtskomponente und der Abbau durch die Nieren erfolgt durch Diffusion, welcher ein nicht-energieabhängiger Prozess ist. Obwohl das Meiste oral aufgenommene Creatin vom Körper aufgenommen wird, verbleibt nicht alles dort. Die renale Exkretion liegt in den ersten 3 Tagen bei 40%, 61% und 68% der Creatindosis. (Williams et al., 1999)

Hohe Dosierungen sind daher nicht zwangsläufig besser, da Grenzwerte der Creatinkonzentration nicht überschritten werden können und über diesem Grenzwert ohne weitere Wirkung ausgeschieden werden. (Korte, 2006)

Der Katabolismus von Creatin zu Creatinin ist ein langsamer Prozess. Auf der Basis von Messungen der Muskelexkretion, welche nach einer Creatineinnahme ansteigt, wird geschätzt, dass die erhöhten Creatinspeicher innerhalb vier Wochen wieder das Ausgangsniveau erreichen. (Williams et al., 1999)

4.7 Creatinbedarf

Die tägliche Umwandlungsrate von Creatin zu Creatinin wird auf etwa 1.6% des gesamten Creatinpools geschätzt. Basierend auf Messungen der renalen Exkretion von Creatinin, wird der tägliche Creatinbedarf bei einem 70kg schweren Mann auf 2g/Tag geschätzt. Dennoch ist zu beachten, dass viele Athleten weit über 70kg wiegen und dass intensives Training den Proteinabbau fördert was wiederum die Serum- und Urincreatinlevel beeinflusst. Man kann daher sagen, dass schwere, intensiv trainierende Athleten ein höheres tägliches Creatin-Turnover und einen höheren Bedarf an Creatin haben (in etwa 2-3 g/Tag). (William, et al., 1999)

Ein Creatinmangel auch bei Vegetariern praktisch nicht vor. (Nebel, 2002)

Obwohl laut Williams et al. (1999) die Creatinaufnahme aus der Nahrung bei strikten Vegetariern und Veganern gleich null ist. Personen die eine normale gemischte Nahrung zu sich nehmen, mit einer täglichen Proteinaufnahme von 1 bis 2 g/kg Körpergewicht, nehmen durch die Nahrung etwa 0.25 bis 1 g/Tag an Creatin auf. Auch wenn man auf besonders creatinhaltige Ernährung achtet, ist es kaum möglich mehr als 3 bis 4 g Creatin/Tag mit der normalen Ernährung zuzuführen. (William, et al., 1999)

4.8 Wirkungsweise und ergogener Effekt einer Creatin-Supplementation

Nach einer exogenen Zufuhr geht das Creatin ins Blut über. Der Creatin-Plasmaspiegel liegt beim gesunden Organismus zwischen 40-130 $\mu\text{mol/l}$. Bei vegetarisch lebenden Menschen liegt dieser Wert etwa 25-34 $\mu\text{mol/l}$ darunter. Im Muskel wird Creatin durch die Creatinkinase zu Creatinphosphat phosphoryliert. Creatinphosphat dient dann, wie bei der Energiegewinnung bereits beschrieben, bei der Muskelkontraktion als sofortige Energiequelle, indem es zur Wiederauffüllung der ATP-Speicher seine energiereiche Phosphatbindung auf das ADP überträgt. Creatinphosphat ist der limitierende Faktor für kurzzeitige, hochintensive Belastungen.

Theoretisch gesehen fördert die Gesamtspeichermenge an Creatin (TCr) die ATP-Resynthese aufgrund folgender zwei Mechanismen (Nebel, 2002):

1. durch eine bereits vor der Belastung erhöhte Creatinphosphatkonzentration im Cytosol

2. durch eine Erhöhung der Creatinphosphat-Resynthese in den Mitochondrien

Beide Mechanismen werden durch eine orale Creatinaufnahme beeinflusst. Eine fünftägige Creatinsupplementation von 20-30g/Tag (gängige Dosierung bei den meisten Studien und durchschnittliche Dosierung der sog. "Aufladephase") kann die Gesamtspeichermenge an Creatin um etwa 20% anheben. Dabei zeigt sich, dass Probanden mit einem niedrigen Ausgangs-TCr höhere relative Konzentrationsanstiege verzeichnen können. Durch eine Erhaltungsdosis von 2-3 g/Tag bleiben die intrazellulären Konzentrationen konstant hoch. Dabei scheint es eine Obergrenze zu geben die ein weiteres Ansteigen der Creatinphosphat-Konzentrationen verhindert. (Nebel, 2002)

Im ATP-PCr-System übernimmt Creatin zwei wesentliche Aufgaben: Zum einen wirkt es als Akzeptor (Energieempfänger) und andererseits auch als Donator (Energiespender). In seiner Akzeptor-Funktion nimmt Creatin bei der Muskelkontraktion einen Phosphorsäurerest auf und wird folglich zu Creatinphosphat. Der Phosphatrest wird bei der Umwandlung von ATP zu ADP abgespalten. In seiner Donator-Funktion stellt Creatinphosphat den Phosphorsäurerest für den Aufbau von ADP zu ATP wieder zur Verfügung und liefert so weitere Energie für die Muskelkontraktion. (Schulte-Weber, 2004)

Da Creatinphosphat eine wesentliche Rolle bei der Energiebereitstellung spielt, wäre es glaubhaft zu behaupten, dass Creatinphosphat selbst ein gutes Supplement darstellen würde. Jedoch ist eine Einnahme in dieser Form nicht möglich, da das Creatinphosphatmolekül zu groß wäre um über den Darm unbeschädigt aufgenommen zu werden. (Schulte-Weber, 2004)

Bei etwa 20% der Menschen zeigt eine Creatinsupplementation keine Wirkung. Diese werden als sogenannte 'Non-Responder' bezeichnet, da sie trotz korrekter Dosierung und regelmäßiger Einnahme keinen Nutzen aus einer Creatinsupplementation ziehen. (Arndt, 2001)

4.8.1 Wirkung auf die Verfügbarkeit von Creatinphosphat

Der Vorrat der beiden Phosphogene ATP und PCr ist limitiert. Bei hochintensiver Belastung reichen die beiden Phosphogene für etwa 10 s aus. Die Aufspaltung von PCr ist der Energieprozess bei der die höchste Rate an ATP produziert werden kann. Die maximale PCr-Aufspaltung nimmt ab wenn der PCr-Gehalt in der Muskulatur abnimmt. Die Verfügbarkeit an PCr kann daher ein limitierender Faktor bei der Leistung sein bereits bevor der Muskelgehalt an PCr komplett erschöpft ist. Dies kann die Erklärung dafür sein warum die Laufgeschwindigkeit am Ende eines 100m Laufes abnimmt obwohl das PCr noch nicht komplett erschöpft ist. Theoretisch betrachtet kann eine Creatinsupplementation die Gesamtcreatinspeicher erhöhen und möglicherweise auch die

Produktion an intramuskulären PCr erleichtern. Folglich kann es auch die Bildung an ATP, hauptsächlich in schnellzuckenden Muskelfasern erhöhen, was zu einer Verlängerung der Dauer bei hochintensiver Belastung führen kann. Bei hochintensiven Belastungen wird der ATP-Abbau dadurch infolge einer erhöhten ATP-Resynthese aus ADP um etwa 30% vermindert. (William, et al., 1999)

"A higher initial muscle PCr concentration may help sustain muscle contraction"

(Williams, et al., 1999, S. 39)

4.8.2 Wirkung auf die Resynthese von Creatinphosphat

Die Resynthese von Creatinphosphat ist während der Erholungsphase nach einer hochintensiven Belastung ein entscheidender Faktor in der Wiederherstellung von Energie bei anschließender Belastung. Die Verfügbarkeit an freiem Creatin spielt eine zentrale Rolle bei der PCr-Resynthese und die Beschleunigung der PCr-Resynthese nach einer Belastung kann die Fähigkeit der Muskelkontraktion durch eine Aufrechterhaltung der ATP-Umwandlung während der Belastung steigern. Daher kann einer Creatinsupplementation bei manchen Athleten, wie etwa Sprintern, förderlich sein da es anschließend an eine Belastung zu einer niedrigeren Resynthese an PCr kommt und der PCr-Gehalt in der Muskulatur um 50-60% abfallen kann. (William, et al., 1999)

"A higher initial level of FCr may help resynthesize more PCr during recovery"

(Williams, et al., 1999, S. 39)

4.8.3 Wirkung auf das Muskellaktat

Williams et al. (1999) weist darauf hin, dass es sein kann dass die Glykolyse durch PCr moduliert wird, denn Phosphofruktokinase, ein regulierendes glykolytisches Enzym, kann teilweise durch PCr gehemmt werden.

Obwohl einige Studien belegen konnten, dass es infolge einer Creatinsupplementation zu niedrigeren Laktatsäurelevel nach einer Belastung kommt, zeigen doch die meisten Studien, dass Creatin keinen Effekt auf die Blutlaktatlevel hat. (William, et al, 1999)

"Phosphocreatine acts as the principal metabolic buffer in muscle, consuming a H⁺ in the process of resynthesizing ATP from ADP. An elevated buffer value may allow the muscle to accumulate more lactic acid before reaching a limiting muscle pH, thus increasing the duration of high-intensity exercise." (William et al., 1999, S. 39)

4.8.4 Wirkung auf den oxidativen Metabolismus

Obwohl die PCr-Aufspaltung zur Produktion von ATP ein anaerober Prozess ist, kann es sein, dass eine Creatinsupplementation, eventuell durch einen Anstieg des PCr, den Substratverbrauch modifiziert und die Leistung während langanhaltender submaximaler Belastung verbessert. Im Tierversuch konnte gezeigt werden, dass eine

Creatinsupplementation gemeinsam mit Training das Level der Citratsynthese-Aktivität, ein Marker der oxidativen Kapazität, in schnell- und langsamzuckenden Muskelfasern, erhöht. (William, 1999, S.39)

4.8.5 Wirkung auf Trainingsleistungen

Laut Williams et al. (1999) sprechen vielen Untersuchungen dafür, dass eine Creatinsupplementation einen positiven Nutzen für Athleten haben kann, da es höhere Trainingsbelastungen ermöglicht, wiederholte Intervall-Sprint-Kapazität fördert, die Trainingsermüdung reduziert und eventuell auch die Muskelhypertrophie beschleunigt.

4.8.6 Wirkung auf die Körpermasse

Eine Creatinsupplementation kann laut Williams et al. (1999) Auswirkungen auf die Körpermasse und die Körperkomposition haben. Die Wirkung darauf kann mehrere Gründe haben:

1. Creatin ist eine osmotisch aktive Substanz. Ein Anstieg der intrazellulären Creatinkonzentration kann zu einer erhöhten Wasserzufuhr in die Zelle führen und ein erhöhter Wassergehalt im Körper führt zu einem Anstieg der Körpermasse. Außerdem kann ein Anstieg des zellulären Körperwassers zu einem Anstieg der Proteinsynthese führen, was wiederum zu einer Steigerung der fettfreien Körpermasse führen würde.
2. Creatin kann zu einem Anstieg der kontraktilen Proteinsynthese führen und damit zu einer gesteigerten Muskelhypertrophie.

4.9 Physiologische Auswirkungen einer Creatinsupplementation

Sowohl bei männlichen als auch weiblichen Sportlern kann es zu Gewichtszunahmen durch eine Creatin-Supplementation kommen. Nach einer fünftägigen Creatineinnahme mit einer Dosierung von 20-25 Gramm kommt es zu einer durchschnittlichen Zunahme an fettfreier Körpermasse von 0,5 - 2 kg. Einer der Hauptgründe hierbei dürfte eine verstärkte Wasserretention sein, die sich auch anhand des verringerten Urinvolumens bemerkbar macht. Die daraus resultierende Volumenzunahme der Zelle ist eine der erwünschten Wirkungen in körperbetonten Sportarten wie Bodybuilding. (Nebel, 2002)

Grund dafür dürfte sein, dass die Aufnahme in die Zelle über einen NaCl-abhängigen Transport erfolgt. Wird Creatin in überdurchschnittlichen Mengen zugeführt, so wird ein osmotischer Gradient aufgebaut und daraus folgt eine erhöhte Wasseraufnahme ins Gewebe. (Klein, 2006)

Ein weiterer Grund dürfte sein, dass der intrazelluläre osmotische Druck infolge einer Creatineinnahme das intrazelluläre Volumen durch Wassereinstrom ansteigen lässt. Dies ist eine der kurzfristigen Reaktionen von Creatin, die bereits nach wenigen Tagen auftritt. Diese Wasserretention dürfte der Hauptgrund für eine Gewichtszunahme sein und ist reversibel. (Nebel, 2002)

Mittel- bis langfristig könnte es zu einer Steigerung der kontraktilen Eiweiße durch Creatin kommen, die zu einem Zuwachs an fettfreier Körpermasse führen würden. Jedoch ist hierbei die Untersuchungslage noch recht widersprüchlich. (Nebel, 2002)

Die subjektive Beurteilung von Kraftsportlern lässt, wie sie Marees (2004) schildert, auf eine Kraftsteigerung schließen. Er schreibt aber, dass diese Wirkung nur dann eintritt, wenn auch ein adäquates Training in dieser Zeit absolviert wird.

Schulte-Weber (2004) schreibt, dass durch einen erhöhten Creatinphosphat-Speicher das ATP-CP-System länger in der Lage ist, Energie bereitzustellen und dass dadurch intensivere Trainingsbelastungen im Kraftsport ermöglicht werden.

Laut Nebel (2002) hat Creatin einen Einfluss auf den Muskelmetabolismus. Durch erhöhte Creatinphosphat-Konzentrationen, welche die intrazelluläre Wasseranhäufung über die Creatinkinase-Reaktion puffern, wird die Ermüdung hinausgezögert. Auch auf die neuromuskuläre Ermüdung soll sich eine Creatinsupplementation positiv auswirken. (Nebel, 2002)

4.10 Creatineinnahme und Creatindosierung

Die Einnahmeempfehlungen der Hersteller von Creatinprodukten variieren stark bezüglich Einnahmemodus und Dosierung. Viele Hersteller empfehlen zu Beginn einer Creatinkur eine Auflade- bzw. Aufsättigungsphase. Dabei werden über einen Zeitraum von 3-7 Tagen höhere Dosierungen (etwa 20 g) eingenommen und danach wird häufig eine Erhaltungsdosis von 2-5 g/Tag empfohlen. Eine höhere Dosierung in der Aufladephase scheint keine besseren Effekte zu erzielen, da die intramuskuläre Creatinkonzentration einen Ceiling-Effekt aufweist. Die obere Grenze liegt bei 150-160 mmol/l. Darüber hinaus eingenommenes Creatin wird renal ausgeschieden. Der intramuskuläre Creatin-Speicher steigt bei einer solchen Dosierung im Normalfall um 20-30% an. In Ausnahmefällen kann es sogar zu einem Anstieg bis zu 50% kommen. (Nebel, 2002)

Feiden & Blasius (2002) schreiben von einem sogenannten Overload-Effekt, der durch hohe Dosierungen (20-30g) hervorgerufen wird und zu einer besseren Bioverfügbarkeit von Creatinphosphat führen soll.

In den meisten Studien die eine Wirksamkeit von Creatin belegen, beträgt die Dosierung 20g/Tag. Diese wurden in mehreren Einzeldosen an 5-7 aufeinanderfolgenden Tagen eingenommen. (Arndt, 2001)

Durch eine Erhaltungsdosis von 0,5–2,5g Creatin pro Tag kann der tägliche Verlust ausgeglichen werden und die intramuskuläre Creatinkonzentration bleibt erhöht. (Nebel, 2002)

Ob Erhaltungsdosierungen einen Einfluss auf die Leistung haben, ist aber fraglich, da eine der beschriebenen Studien (Peyrebrune et al., 2005) eine weitere Leistungsverbesserung durch die Erhaltungsphase ausschließt. Korte (2006) schreibt, dass es bereits bei einer einmaligen Gabe von nur 5 Gramm zu einem Anstieg des Plasmaspiegels kommt und dass bei dieser Dosierung bereits der interzelluläre Spiegel ansteigen kann.

Wenn Creatin in Form von mehrwöchigen Zyklen angewendet wird, empfiehlt Arndt (2001) eine ebenso lange creatinfreie Periode zwischen den Zyklen. Dadurch wird eine negative Beeinflussung der endogenen Creatinsynthese weitgehend verhindert. Etwa vier bis fünf Wochen nach Absetzen von Creatin sinkt der Creatinspiegel wieder auf seinen Ausgangswert ab. Creatin wird laut Arndt (2001) in Form von Creatinmonohydrat angeboten. In seiner reinen Form ist es ein geruchs- und geschmacksneutrales, kristallines Pulver, das in Flüssigkeit aufgelöst werden kann. Im Handel ist es in Form von Kapseln, Pulver und als Zusatz in Proteinpräparaten erhältlich. Bezugsmöglichkeiten für Creatinmonohydrat sind Versandhandel, Bodyshop, Fitnessstudios und Apotheken. Der Preis variiert stark zwischen den Produkten unterschiedlicher Hersteller und gilt nicht in jedem Fall als Qualitätsgarantie. Eines der Hauptkriterien ist der Gehalt an Creatinmonohydrat. Demnach wäre 100% Creatinmonohydrat, wie es auch häufig angeboten wird, die beste Wahl. Die Hersteller profitieren natürlich davon, wenn billigere Grundstoffe wie Kohlenhydrate dem Produkt beigemischt werden. (Schulte-Weber, 2004)

Arndt (2001) hält die Einnahme von Creatin zum Frühstück und nach dem Training für sinnvoll, weil zu diesen Zeiten die Insulinempfindlichkeit erhöht ist. Da die Creatinzufuhr auf mehrere kleinere Einzel-Dosen verteilt werden soll (bei 20g/Tag wären dies vier Dosen zu je 5g) empfiehlt Arndt (2001) die Einnahme von drei Dosen zu Mittag, am Nachmittag und am Abend. In der Erhaltungsphase werden 3-5g als Einzeldosis am besten nach dem Training bzw. an trainingsfreien Tagen zum Frühstück eingenommen. (Arndt, 2001)

4.11 Substanzen und Maßnahmen welche die Creatinaufnahme erhöhen können

Laut Schöberl (2000) variiert die Aufnahme an Creatin individuell um bis zu 50%. Durch eine zusätzliche Zufuhr von Lebensmitteln bzw. Getränken mit sehr hohem glykämischen Index kann die Aufnahme des Creatins verbessert werden. Grundlage dafür ist die durch die erhöhte Insulinausschüttung hervorgerufene verbesserte Permeabilität der Muskelzellen für Creatin. (Albers et al, 2001)

Die Kombination von Creatin mit beispielsweise Traubenzucker könnte auch die Anzahl der Non-Responder verringern. In der Regel kann Creatin aber auch zu einer kohlenhydrathältigen Mahlzeit eingenommen werden, damit sollte der selbe Effekt erreicht werden. (Arndt, 2001)

Durch eine zusätzliche Gabe an Einfachzuckern kann eine maximale Creatinkonzentration auf bis zu 160mmol/kg Trockengewicht erreicht werden. Dabei spielt Insulin eine entscheidende Rolle. Weiters beeinflusst Insulin die Aufnahme von Phosphat in die Zelle, wodurch vermehrt freies Creatin zu Creatinphosphat verstoffwechselt wird. (Green, et al., 1996, Williams et al., 1999)

In einer Studie von Green et al. (1996) konnte gezeigt werden, dass Einfachzucker, wie Glukose, den Creatintransport in die Muskelzelle auch dann noch fördern wenn die Personen bereits hohe Creatinlevel aufweisen. In der Studie wurden 5 g Creatin mit 90 g Einfachzucker viermal pro Tag eingenommen. Im Vergleich mit einer alleinigen Creatingabe konnte gezeigt werden, dass der Anstieg an TCr und PCr signifikant höher war bei der kombinierten Verabreichung. Laut Arndt (2001) soll die Creatinaufnahme verbessert werden wenn es in heißem Wasser vollständig aufgelöst wird. Wissenschaftliche Beweise hierfür gibt es allerdings nicht. Da sich Creatinpulver in kaltem Wasser schlechter löst, ist erhitztes Wasser sinnvoll, da es sich durch kurzes Umrühren darin rasch löst. Eine gleichzeitige Einnahme von Creatin und Koffein soll zu einer Wirkungsminderung führen (Arndt, 2001; Williams et al., 1999)

Nebel (2002) spricht von einer signifikanten Reduktion der ergogenen Effekte bereits ab einer Koffein-Menge von zwei Tassen pro Tag.

In einer Studie von Vandenberghe et al. (1997) wurde Creatin (25 g/ Tag für 5 Tage) und Creatin plus Koffein (2 x 2.5 mg/kg/Tag) verabreicht. Dabei stieg der PCr-Gehalt im Muskel bei beiden Gruppe um 8-15% an, aber die Resyntheserate bei der Creatin/Koffeingruppe war signifikant niedriger. Außerdem verbesserte sich die Leistung beim isokinetischen Dynamometer bei der Creatingruppe, in der Creatin/Koffeingruppe ließ sich jedoch keine Leistungsverbesserung nachweisen.

Eine angeblich negative Auswirkung von Protein auf Creatin gilt bislang als überholt und ungültig. Grund für die Annahme dieser These war, dass es durch Eiweiß zu einer verstärkten Säuresekretion kommen soll, welche die Wirkung von Creatin absenkt. Diese Meinung wurde aber bereits revidiert. (Arndt, 2001) Creatin als Kombinationsprodukt mit Protein gilt seit langem als beliebtes Präparat. Die Dosierungen von Creatin belaufen sich dabei auf etwa 2g pro Eiweißgetränk. Die gleichzeitige Einnahme von Creatin und den Substanzen Alpha-Liponsäure und Metformin soll laut Arndt (2001) zu einer verbesserten Aufnahme des Creatins führen. Wissenschaftliche Belege hierfür habe ich jedoch keine gefunden. Auch Creatinkombinationen mit Ribose werden im Handel angeboten. Nebel (2002) betont aber, dass es auch hierfür keine wissenschaftlich fundierten Studien gibt. Laut Harris et al. (1992) kann die Creatinaufnahme um bis zu 10% erhöht werden wenn parallel zur Supplementierung eine submaximale Belastung durchgeführt wird. Grund dafür ist die erhöhte Durchblutung des Muskels während der Belastung. In einer Studie von Harris et al. (1992) konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation bei einer Trainingsbelastung von einer Stunde pro Tag an einem Bein die TCr-Konzentration am trainierten Bein ansteigen ließ, jedoch keine Auswirkungen auf das collaterale Bein hatte. Jedoch konnte Green et al. (1996) keine zusätzliche Verbesserung der Creatinaufnahme nachweisen wenn ein Kombinationspräparat (Creatin/Einfachzucker) verabreicht wurde. Ein weiterer Faktor bei der Creatinaufnahme stellt der endogene Ausgangscreatinwert dar. So profitieren Personen mit niedrigeren Ausgangscreatinkonzentrationen mehr von einer Creatinsupplementation als Personen mit höheren Ausgangskonzentrationen. (Williams et al., 1999)

Die höchsten Creatinaufnahmen wurden bei Ausgangscreatinkonzentrationen von 120 mmol/kg Trockengewicht gemessen. (Greenhaff et al., 1994)

4.12 Mögliche Nebenwirkungen einer Creatinsupplementation

Für Creatin gibt es kaum Untersuchungen die sich mit der Sicherheit des Supplements bezüglich der Gesundheit beschäftigen. Es gibt keine humanen Untersuchungen für Langzeiteffekte und sehr hohen Dosierungen (>20g) nach standardisierten klinisch pharmakologischen und toxikologischen Verfahren. Mehr oder weniger dokumentierte Nebeneffekte durch Creatinmonohydrat sind Gewichtszunahme, Einfluss auf die Insulinproduktion, Hemmung der endogenen Creatinsynthese, Langzeitschäden der renalen Funktionen. (Benzi & Ceci, 2001)

Eine der häufigsten Nebenwirkungen ist eine Zunahme an Körpergewicht von durchschnittlich zwei Kilogramm. Zurückzuführen ist diese Gewichtserhöhung in erster Linie auf eine verstärkte Wassereinlagerung in der Muskulatur. (De Mares, 2003)

In körperbezogenen Sportarten, wie Kraftsport bzw. Bodybuilding, ist diese Zunahme durchaus erwünscht. Jedoch in Sportarten bei denen nach Gewicht klassifiziert wird, oder bei Sportarten bei denen bessere Leistungen mit niedrigerem Gewicht vollbracht werden, kann ein Gewichtszunahme von Nachteil sein. Durch die verstärkte Wasserretention kann es zu einer begleitenden intravaskulären Dehydration kommen, so Nebel (2002).

Schek (2002) schreibt, dass durch Wasserretention erhöhter Druck in den Zellen das Verletzungsrisiko beim Sport erhöhen kann. Manche Sportler berichten von Muskelverhärtungen die mit Leistungseinbrüchen einhergehen können, so De Mares (2003).

Von einer verstärkten Krampfneigung berichtet Arndt (2001). Dieser führt dies darauf zurück, dass Creatinphosphat Magnesium bindet und so der Spiegel an freiem Magnesium gesenkt wird was wiederum eine verstärkte Krampfneigung begünstigt. (Arndt, 2001)

Subjektive Beurteilungen von Sportlern zufolge soll es in Ausnahmefällen auch zu Durchfällen, Magenschmerzen, Völlegefühl und Appetitlosigkeit kommen können. (Arndt, 2001)

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass es keine Langzeitstudien mit Creatin gibt. Fast alle Studien umfassen lediglich einen Zeitraum von 4-8 Wochen. (Nebel, 2002)

Nebel (2002) schreibt von anekdotenhaften Berichten über Muskelkrämpfe, Zerrungen, muskuläre Hypertonisierungen, Kompressionssyndromen, Hitzeintoleranz, Rhabdomyolysn sowie Durchfällen und Dehydratationen. In Verbindung mit Ausdauersport kann eine Einnahme von Creatin zu vermehrten Nachbelastungs-Stresssyndromen bis hin zu Synkopen führen. Laut Nebel (2002) sind diese Symptome insulinbedingt und stehen im Zusammenhang mit Hypoglykämien. Bei ärztlichen Untersuchungen ist zu berücksichtigen, dass durch eine Creatinsupplementation im Urin Substanzen vorkommen die vom gesunden Organismus sonst nicht in dieser Form ausgeschieden werden. Bei hoher Dosierung (über 20 g/Tag) werden überschüssiges Creatin und Creatinin renal ausgeschieden. (Nebel, 2002)

Eine renale Dysfunktion im Zusammenhang mit Creatin wurde bei gesunden Personen im Rahmen von Kurzzeitstudien bislang nicht festgestellt. Bei bereits bestehenden renalen Schäden ist allerdings von einer Creatin-Supplementation abzuraten. Auch das Abbauprodukt des Creatin-Metaboliten Methylamin, Formaldehyd, kann sich nephropathisch auswirken. Die Entwicklung von Nephrolithiasis⁵ kann durch eine gestörte Harnstoff- und Harnsäureelimination begünstigt werden. (Nebel, 2002)

5 Nephrolithiasis: Nierensteinleiden

Schulte-Weber (2004) berichtet von einer verstärkter Nierenbelastung durch hohe Creatindosen. Besonders Personen mit Niereninsuffizienz sollten seiner Meinung nach eine Creatinsupplementierung meiden und im Zweifelsfalle vorab einen Arzt aufsuchen. Hohe Dosierungen (über 30g täglich) können laut Schulte-Weber (2004) langfristig gesehen negative Auswirkungen auf die körpereigene Creatinsynthese haben. Empfohlen wird eine Absetzphase, damit eine Hemmung der endogenen Creatinsynthese vermieden wird. (Feiden, et al., 2002)

Bislang wurden keine Veränderungen des Lipidprofils unter einer Creatineinnahme festgestellt. Berichten über Todesfälle infolge eines Creatinkonsums mangelt es an handfesten Belegen. Zu berücksichtigen ist, dass zum einen im Kraftsport Dosierungen weit über den Hersteller-Empfehlungen üblich sind und zum anderen werden Creatinpräparate häufig mit anderen Substanzen kombiniert, die in manchen Fällen schwerwiegendere Auswirkungen als Creatin haben können. Außerdem müssen in solchen Fällen bereits bestehende Erkrankungen und eventuelle Organschäden mitberücksichtigt werden. Eine nicht ungefährliche Begleiterscheinung von Creatinpräparaten können Verunreinigungen sein. Immer wieder tauchen Präparate auf, die Kontaminationen durch Hormone wie Nandrolon oder anderen Prohormonen beinhalten. Von 139 in Deutschland getesteten handelsüblichen Präparaten wiesen über 10% Kontaminationen mit diesen Substanzen auf. Auch Produkte aus der Apotheke wurden positiv getestet. (Nebel, 2002)

Schröder (2002) schreibt, dass die meisten Anbieter zwar 100% Reinheit garantierten, dennoch finden sich in den Präparaten häufig Kontaminationen mit Dyanamiden, Dicyandiamiden und Dihydrotrazin. Während der industriellen Produktion von Creatinmonohydrat aus Sarcosin und Cyanamid entstehen unterschiedlich hohe Mengen an Kontaminationen (Dicyandanide, Dihydrotriazine, Creatinin, Ione). Im weiteren wird Sarcosin aus Knochengewebe hergestellt und dies stellt wiederum die Gefahr einer Kontamination mit BSE oder Prionen dar. (Benzi, 2001)

Feiden et al. (2002) warnen davor, dass Verunreinigungen in Creatinpräparaten zu Nebenwirkungen bis hin zu Leberschäden führen können. Eventuelle Kreislaufbeschwerden, wie durch Cynamid verursachte, können bei verunreinigten Produkten nicht ausgeschlossen werden. Meist ist die Herkunft, bzw. die Verarbeitung und Verpackung der Produkte sehr intransparent und daher für den Konsumenten schwer überprüfbar. (Feiden, et al., 2002)

Empfehlenswert ist auf alle Fälle ein Qualitätsprodukt einer bekannten Marke und mit eventueller Gewährleistung stichprobenartiger Kontrollen.

4.13 Mögliche klinische Anwendung einer Creatinsupplementation

Studien mit Creatin lassen auch medizinische Anwendungen in Zukunft erhoffen. So schreibt Nebel (2002), dass Creatin in Zukunft bei neuromuskulären Erkrankungen wie bei verschiedenen Typen der Muskeldystrophie, beim M. McArdle, M. Huntington, sowie zur Verbesserung der Muskelkraft bei chronischer Polyarthrit nach längerer Immobilisation zum Einsatz kommen könnte. (Nebel, 2002)

4.14 Sportliche Leistungen die durch eine Creatinsupplementation verbessert werden können

Nicht in allen Sportarten wirkt eine Creatinsupplementation leistungssteigernd. Verbesserungen der Leistungen wurden vorwiegend bei hochintensiven, wiederholten, dynamischen Belastungen festgestellt. (Nebel, 2002)

Bei Belastungen mit hohem Energieverbrauch pro Zeiteinheit steht eine Stabilisierung der ATP-Konzentration in der Muskelzelle im Vordergrund. Eine Erhöhung der Creatinphosphatkonzentration wirkt sich daher positiv auf die laktazide Leistungsfähigkeit aus. (De Mares, 2003)

Eine eher untergeordnete Rolle spielt die Größe des Creatinphosphatspeichers bei ausdauernden, zyklischen Belastungsformen, wie bei diversen Ausdauersportarten. Bei Ausdauersportarten konnte bisweilen nicht geklärt werden in wieweit sich erhöhte Gesamt-CrP-Konzentrationen positiv auf die Leistung auswirken könnten. (Guerrero-Ontiveros & Wallimann, 1998)

Gerade bei Sportarten, bei denen das Gewicht einen nicht unbedeutenden Effekt auf die Leistung hat, wie beim Langstreckenlauf, kann sich eine Creatinsupplementation sogar negativ auswirken, da Wassereinlagerungen zu einer Gewichtszunahme führen können. (Albers et al, 2001)

Bei Sprintern kann eine Creatinsupplementation trotz Wassereinlagerungen zu einer Verbesserung der Leistung führen. (Williams et al., 1999)

"Theoretically, creatine supplementation may impair exercise or sport performance by increasing body mass; this may decrease metabolic efficiency in tasks in which the body mass needs to be moved efficiently from one point to another" (Williams et al., 1999, S. 40)

Ein Anstieg der Verfügbarkeit an PCr kann die Sprintleistung verbessern, wie etwa bei 100m und 200m Sprints. Eine erhöhte PCr-Resynthese kann sich auch positiv auf die Leistung bei wiederholten, hochintensiven Belastungen mit häufigen Erholungspausen auswirken und auch bei Individual und Teamsportarten wie Tennis und Icehockey

förderlich sein. Eine reduzierte Muskelübersäuerung kann sich positiv bei längerandauernden anaeroben Belastungen, wie 400m und 800m Sprints auswirken. (Williams et al., 1999)

Nebel (2002) schreibt, dass eine Creatinsupplementation (20g/Tag über 6 Tage) sogar zu schlechteren Zeiten bei einem 6km-Rennen führt. Diese Verschlechterung der Leistung wird in erster Linie auf die Gewichtszunahme infolge der Creatin-Einnahme zurückgeführt. Jedoch kann eine Erhöhung der Creatinphosphatspeicher bei Sportarten wie Schwimmen und Radfahren zu einer Verbesserung der Leistungen bei Zwischen- und Endspurts führen. (Arndt, 2001)

Creatinsupplementationen haben zwar keinen wesentlichen Einfluss auf Ausdauerleistungen, jedoch können sie bei kurzen, hochintensiven Anstrengungen während oder am Ende einer Ausdauerbelastung zu eventuellen Leistungsverbesserungen führen. Laut Nebel (2002) konnte bei Eliteradfahrern nach einer fünftägigen Creatingabe eine signifikante Verbesserung der mittleren und maximalen Radfahrkraft während fünf wiederholten maximalen Sprints am Ende eines 2,5stündigen Ausdauerrennens festgestellt werden. Dabei lag die Creatindosierung bei 25g pro Tag. Auch bei Triathleten konnte im Rahmen einer 60minütigen Ausdauerbelastung bei Intervall-Einheiten eine 18%ige Verbesserung der Zeiten gemessen werden. Die Dosierung lag hier bei 6 g Creatin und die Einnahme erfolgte an fünf aufeinanderfolgenden Tagen. (Nebel, 2002)

Besonders Sportler aus Kraft- und Schnellkraftdisziplinen können vom leistungssteigernden Potential einer Creatinsupplementation profitieren. Kraftsportlern kann Creatin auch als abgeschwächte, dafür aber legale und gesündere Alternative zu anabolen Steroiden dienen. (Arndt, 2001)

Ein Anstieg der Körpermasse, der Muskelmasse und damit verbundene Zuwächse an Kraft und Leistung können die Leistung bei Wettkampfgewichthebern und American Football signifikant verbessern. Weitere Beispiele bei denen sich eine Creatinsupplementation positiv auf die Leistung auswirken kann ist in Tabelle 3 abgebildet.

Tab. 3 Beispiele von sportlichen Leistungen die durch eine Creatinsupplementation beeinflusst werden können (Williams et al., 1999, S. 42)

Increased PCr	Oxidative metabolism
Track sprints: 100, 200 m	Basketball
Swim sprints: 50 m	Soccer
Pursuit cycling	Team handball
Increased PCr resynthesis	Tennis
Basketball	Volleyball
Field hockey	Enhanced training
Football (American)	Most sports
Ice hockey	Increased body mass/muscle mass
Lacrosse	Football (American, Australian)
Volleyball	Bodybuilding
Reduced muscle acidosis	Heavyweight wrestling
Downhill skiing	Power lifting
Rowing	Rugby
Swim events: 100, 200 m	Track/field events (Shot put; javelin; discus)
Track events: 400, 800 m	Weightlifting

Williams et al. (1999) schreibt, dass von 80 Studien die den Effekt einer Creatinsupplementation auf kurzzeitige Leistungen (ATP-PCr-System) untersuchten, 50 eine positive Wirkung aufzeigen konnten. Besonders hohe Leistungssteigerungen konnten bei der wiederholten Radergometrie (18 von 24 Studien, 75%), bei der isokinetische Kraftproduktion (7 von 14 Studien, 50%) und der isotonischen Kraftproduktion (17 von 23 Studien, 74%) gezeigt werden. Signifikante Resultate konnten in erster Linie unter Laborbedingungen festgestellt werden. Bei den Feldstudien wiesen lediglich 9 von 19 Studie (47%) einen positiven Effekt auf. (Williams et al., 1999)

Creatin wirkt sich bei hochintensiven Belastungen bis zur Ermüdung positiv auf die Höchstleistungserhaltung aus, besonders dann wenn mehrere Wiederholungen durchgeführt werden. Verantwortlich dafür ist der Anstieg der Gesamt-PCr-Konzentration und dadurch der Anstieg der Verfügbarkeit an PCr vor der Belastung und die verbesserte Resynthese während der Muskelentspannung. Außerdem kommt es zu einer verbesserten Ermüdungsresistenz. (Guerrero-Ontiveros et al., 1998)

5 Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf Leistung mit unterschiedlicher Belastungsdauer

Da Dauer der jeweiligen Belastung eine wesentliche Bedeutung auf einen möglichen ergogenen Effekt hat, möchte ich zunächst auf die Wirkung von Creatin bei unterschiedlicher Belastungsdauer eingehen. Die meisten Studien haben den Schwerpunkt ihrer Untersuchungen auf hochintensive Wiederholungen oder Einzelbelastungen bei denen die Belastung unter 30s gelegt. (Williams et al., 1999)

Um die Auswirkung einer Creatinsupplementation auf Leistungen mit unterschiedlicher Belastungsdauer zu eruieren, werde ich zwei Metaanalyse von Williams et al. (1998) und Branch et al. (2003) beschreiben.

In einer Metaanalyse von Williams et al. (1998) wurden 31 Studien die den Kurzzeiteffekt (<30 Sekunden) bei hochintensiven Belastungen (Schwimmen und Sprints) gemessen haben evaluiert. Außerdem wurden die Daten von 14 Studien die den Einfluss von Creatin auf längeranhaltenden Belastungen (<150) und von acht Studien welche den Einfluss von Creatin auf aerobe Belastungen (>150 Sekunden) gemessen haben in den Artikel miteinbezogen. In den meisten Studien (21 Studien) mit einer Belastung <30 Sekunden konnte eine Leistungssteigerung nachgewiesen werden, wohingegen bei den längeranhaltenden Belastung (30-150 Sekunden) konnten nur bei 5 Studien eine Verbesserung der Leistung nachgewiesen werden. Bei einer aeroben Belastung konnten gar nur noch bei zwei von acht Studien eine Leistungsverbesserung nachgewiesen werden. Bei den vier Feldstudien die den ergogenen Effekt von Creatin auf Belastungen <30 Sekunden gemessen haben, zeigte keine davon einen positiven Effekt auf die Leistung. Auch bei den fünf Feldstudien mit einer Belastungszeit von 30-150 Sekunden konnte nur eine einzige Studie eine Leistungsverbesserung zeigen. Dies weist darauf hin, dass eine Creatinsupplementation in Feldstudien nur in den wenigsten Studien Nutzen zeigt. Außerdem hat sich gezeigt, dass hochtrainierte Athleten und Spitzensport in Studien mit Einzelwettkampfscharakter kaum von einer Creatinsupplementation profitieren. Bei einer kurzen Belastung (<30 Sekunden) zeigen nur 30% der Spitzensportler einen positiven Effekt nach einer Creatinsupplementation wohingegen 71% der Nichtsportler eine Leistungsverbesserung aufweisen.

Es gibt wenig Zweifel daran, dass eine Creatinsupplementation die Gesamtcreatinkonzentration im Muskel beim Menschen erhöht, aber dies scheint in jedem Fall auch dosisabhängig zu sein. Erhöhte intramuskuläre Creatinspeicher erlauben höhere Raten an ATP-Resynthese, dies kommt zustande durch die Abgabe der Phosphatgruppe von PCr auf Adenosin Diphosphat um daraus ATP entstehen zu lassen.

In einer weiteren Metaanalyse von Branch et al. (2003), wurden 96 Studien mit insgesamt 1847 Teilnehmern auf die Auswirkung einer Creatinsupplementation auf die Körperkomposition und die Leistung ausgewertet (Studien s. Abb. 3).

Die Dauer wurde in $\leq 30s$ (ATP-PCr), 30-150s (Glykolyse), >150s (aerobe Oxidation) gegliedert. Die Übungen unterschieden sich in der Ausführung (einfach oder wiederholt), Labor oder Feldtest und Ober- bzw. Unterkörpertraining. Es wurden fast ausschließlich randomisierte, placebokontrollierte Doppelblindstudien herangezogen. Die Studien hatten

eine durchschnittliche Teilnehmergröße von 19 ± 1 Probanden und der Altersdurchschnitt lag bei 26 ± 1 Jahren. Von den Studien wurden 68% nur an Männern durchgeführt und bei 24% der Studien wurden sowohl männliche als auch weibliche Probanden eingesetzt. Nur 9% der Studien untersuchten die Effekte einer Creatinsupplementation allein an weiblichen Teilnehmern. Nur 22% untersuchten die Auswirkungen einer niedrigen Erhaltungsdosis nach einer hohen Ladephase, wie sie bei Sportlern in der Praxis häufig eingesetzt wird.

Es wurde eine geringe aber dennoch signifikante durchschnittliche Veränderung der Effektgröße⁶ der Körperkomposition und der Leistungen infolge einer Creatinsupplementation festgestellt. Die durchschnittlichen Veränderungen vom Ausgangswert waren bei der Creatingruppe ($5.7 \pm 0,5\%$, 95%CI = 4.7, 6.6%) signifikant höher als bei der Placebogruppe ($2.4 \pm 0.4\%$, 95%CI = 1.6, 3.2%).

First author	Year	n	n _c	n _p	Sex	Age	TS ¹	Design ²	Creatine supplementation ³					ES areas of study ⁴
									Loading		Maint		Total	
								g/d	d	g/d	d	g		
Aaserud	1998	14	8	6	M	21	T	RDBPC	15	5	2	9	93	RN
Andrews	1998	20	10	10	M	64	U	RDBPC	20	5	—	—	100	IM
Balsom	1993	18	9	9	M	26	T	RDBPC	20	6	—	—	120	BC, BE, RN
Balsom	1993	16	8	8	M	27	T	RDBPC	25	6	—	—	150	BC, BE
Balsom	1995	7	7	7	M	25	T	SGRM	20	6	—	—	120	BC, BE, JP
Barnett	1996	17	9	8	M	21	U	RDBPC	20	6	—	—	120	BC, BE
Becque	2000	23	10	13	M	22	T	RDBPC	20	5	2	37	174	BC, IT
Berman	1998	32	8	8	M/F	74	U	RDBPC	20	5	3	47	241	BC, IM, IT
Birch	1994	14	7	7	M	20	U	RDBPC	20	5	—	—	100	BE
Bosco	1995	14	7	7	M	—	T	RDBPC	20	5	—	—	100	IT, JP
Bosco	1997	14	8	6	M	21	T	RDBPC	20	5	—	—	100	JP, RN
Brenner	2000	16	7	9	F	19	T	RDBPC	20	7	2	28	196	BC, IK, IT
Burke	1996	32	16	16	M/F	21	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BE, SW
Burke	2000	41	20	21	M	21	T	RDBPC	7.7	21	—	—	162	BC, IK
Casey	1996	9	9	9	M	27	T	SGRM	20	5	—	—	100	BE
Cooke	1997	80	40	40	M	24	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC, BE
Cooke	1995	12	6	6	M	24	U	RDBPC	20	5	—	—	100	BE
Dawson	1995	18	9	9	M	22	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC, BE
Dawson	1995	22	11	11	M	22	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC, BE
Deutekom	2000	23	11	12	M	22	T	RDBPC	20	6	—	—	120	BC, BE, IK, IM
Earnest	1997	11	6	5	M	28	T	RDBPC	20	4	10	6	140	BC, RN

6 Effektgröße wird in Studien mit ES (effectsize) abgekürzt

Earnest	1995	8	4	4	M	31	T	RDBPC	20	14	—	—	280	BC,BE,IT
Earnest	1996	34	20	14	M/F	50	U	RDBPC	20	5	10	51	610	BC
Edwards	2000	21	11	10	M	22	T	RDBPC	20	6	—	—	120	BC,RN
Engelhardt	1998	12	12	12	M	25	T	SGRM	6	5	—	—	30	BE
Febbraio	1995	6	6	6	M	24	U	SGRM	20	5	—	—	100	BE
Francaux	2000	14	7	7	M	21	T	RDBPC	21	14	—	—	294	BC
Gilliam	2000	23	11	12	M	23	U	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,IK
Gordon	1995	17	9	8	M	59	U	RDBPC	20	10	—	—	200	BE,IK
Green	1996	24	12	12	M	24	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC
Green	1996	22	6	4	M	23	T	RDBPC	20	3	—	—	60	BC
Greenhaff	1994	8	8	8	M	29	T	SGRM	20	5	—	—	100	BC
Greenhaff	1993	12	6	6	M/F	23	T	RDBPC	20	5	—	—	100	IK
Grindstaff	1997	18	9	9	M/F	15	T	RDBPC	21	9	—	—	189	AE,BC,SW
Haff	2000	36	15	21	M/F	20	T	RDBPC	22	42	—	—	941	BC,JP
Hamilton	2000	24	11	13	F	23	T	RDBPC	25	7	—	—	175	BC,IK,IT
Jacobs	1997	26	14	12	M/F	25	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,BE
Jakobi	2000	14	7	7	M	22	U	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,IM
Javierre	1997	12	6	6	M	21	T	RDBPC	25	3	—	—	75	RN
Jones	1999	16	8	8	M	27	T	RDBPC	20	5	5	70	450	BE,SK
Kamber	1999	10	10	10	M	28	T	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,BE
Kelly	1998	18	9	9	M	27	T	RDBPC	20	6	5	21	225	BC,IT
Kirksey	1999	36	15	21	M/F	20	T	RDBPC	22	42	—	—	924	BC,BE,JP
Kreider	1996	28	8	9	M	26	T	RDBPC	20	28	—	—	560	BC
Kreider	1998	25	11	14	M	20	T	RDBPC	16	28	—	—	441	BC,BE,IT
Larson-Meyers	2000	14	7	7	F	19	T	RDBPC	15	5	6	60	375	BC,IT,JP
Ledford	1999	9	9	9	F	27	T	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,BE
Leenders	1999	19	7	7	F	19	T	RDBPC	20	6	10	8	200	BC,SW
Maganaris	1998	10	10	10	M	28	T	RDBPCX	10	5	—	—	50	BC,IM
McKenna	1999	13	6	7	M/F	20	T	RDBPC	30	5	—	—	150	BC,BE
McNaughton	1998	16	16	16	M	21	T	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,KY
Mihic	2000	30	15	15	M/F	22	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC

Miura	1999	8	8	8	M	—	T	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,BE,IM
Mujika	1996	20	10	10	M/F	20	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,SW
Mujika	2000	17	8	9	M	20	T	RDBPC	20	6	—	—	120	BC,JP,RN
Nelson	2000	36	19	17	M/F	25	T	RDBPC	20	7	—	—	140	BE
Noonan	1998	39	13	13	M	20	T	RDBPC	20	5	8	51	508	BC,IT,JP,RN
Noonan	1998	39	13	13	M	20	T	RDBPC	20	5	26	51	1426	BC,IT,JP,RN
Odland	1997	9	9	9	M	25	T	RDBPCX	20	3	—	—	60	BE
Ööpik	1998	6	6	6	M	23	T	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,IK
Pearson	1999	16	8	8	M	21	T	RDBPC	5	70	—	—	350	BC,IK,IT
Peeters	1999	34	11	14	M	21	T	RDBPC	20	3	5	39	255	BC,IT
Peeters	1999	34	9	14	M	21	T	RDBPC	20	3	5	39	255	BC,IT
Peyrebrune	1998	14	7	7	M	20	T	RDBPC	9	5	—	—	45	SW
Prevost	1997	18	9	9	M/F	24	T	RDBPC	19	5	2.3	6	107	BC,BE
Rawson	1999	20	10	10	M	67	U	RDBPC	20	10	4	20	280	BC,IK,IM
Rawson	1999	17	9	8	M	65	U	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,IK,IM
Redondo	1996	18	9	9	M/F	21	T	RDBPC	21	7	—	—	145	RN
Rico-Sanz	2000	14	7	7	M	24	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,BE
Rossiter	1996	38	19	19	M/F	23	T	RDBPC	20	5	—	—	97.5	RW
Schedel	2000	7	7	7	M	22	T	SGRM	20	7	—	—	140	RN
Schneider	1997	9	9	9	M	26	U	SGRM	25	7	—	—	175	BC,BE
Shomrat	2000	24	7	8	M	28	U	RSBPC	21	6	—	—	126	BC,BE
Smith	1999	9	9	9	M/F	30	T	SGRM	18	5	—	—	91.5	BC,IT
Smith	1998	5	5	5	M/F	31	U	SGRM	20	5	—	—	102	BC,IT
Smith	1998	4	4	4	M/F	58	U	SGRM	20	5	—	—	102	BC,IT
Smith	1998	15	8	7	M/F	23	U	RDBPC	20	5	—	—	100	BE
Snow	1998	8	8	8	M	23	U	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,BE
Stone	1999	42	9	11	M	18	T	RDBPC	20	35	—	—	700	BC,BE,IT,JP
Stone	1999	42	11	11	M	18	T	RDBPC	7.9	35	—	—	275	BC,BE,IT,JP
Stout	1999	26	9	8	M	20	T	RDBPC	21	6	—	—	126	BC
Stout	2000	15	7	8	F	19	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,BE
Stout	1999	26	9	8	M	20	T	RDBPC	21	6	—	—	126	BE

Stroud	1994	8	8	8	M	26	T	SGRM	20	5	—	—	100	BC,RN
Tarnopolsky	1997	7	7	7	M/F	42	U	RDBPCX	10	14	4	7	168	BE,IM
Tarnopolsky	2000	24	24	24	M/F	22	T	RDBPCX	20	4	—	—	80	BC,BE,IM
Terrillion	1997	12	6	6	M	21	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,RN
Theodorou	1999	22	22	22	M/F	19	T	RDBPC	25	4	5	56	380	BC,SW
Thompson	1996	10	10	10	F	20	T	SGRM	2	42	—	—	84	IT,SW
Urbanski	1999	10	10	10	M	26	T	RDBPCX	20	5	—	—	100	BC,IM
VanLeemputte	1999	16	8	8	M	21	T	RDBPC	20	5	—	—	100	IM
Vanakoski	1998	7	7	7	M/F	24	T	RDBPCX	20	3	—	—	58.5	BE
Vandebuerie	1998	12	12	12	M	24	T	RDBPCX	25	4	15	1	115	BE
Vandenberghe	1997	19	10	9	F	20	U	RDBPC	20	4	5	70	430	BC,IK,IT
Vandenberghe	1997	13	7	6	F	20	U	RDBPC	20	4	5	70	430	BC,IK
Vandenberghe	1996	9	9	9	M	21	U	RDBPCX	40	6	—	—	240	IK,IM
Viru	1994	10	5	5	M	24	T	RDBPC	30	6	—	—	180	BC,RN
Vogel	2000	16	7	9	M	22	T	RDBPC	20	5	—	—	100	BC,BE
Volek	2000	19	9	10	M	26	T	RDBPC	25	6	5	78	540	BC
Volek	1997	14	7	7	M	24	T	RDBPC	25	6	—	—	150	BC,IT
Volek	1999	19	10	9	M	26	T	RDBPC	25	5	5	77	390	BC,IT
Vorgerd	2000	7	7	7	M/F	39	U	RDBPCX	11	7	4	28	194	BE,IM
<i>n</i>		100	100	100		99			100	100	22	22	100	
Mean		19	9	9		26.0			19.7	9	6.5	37	199	
SE		1	1	1		1.1			0.5	1	1.2	6	21	
Maximum		80	24	24		74			40	70	26	78	1426	
Minimum		4	4	4		15			2	3	2	1	30	

Abb. 3 Studien die in der Metaanalyse berücksichtigt wurden

Bemerkung: T = trainiert, U = untrainiert, RDBPC = randomisierte doppelblind Placebokontrolle, RDBPCX = randomisierte doppelblinde Placebokontrolle crossover, RSBPC = randomisierte single-blind Placebokontrolle, SGRM = Single Gruppe wiederholte Messungen, AE= Armergometrie, BC = Körperkomposition, BE= Radergometrie, IK = isokinetischer Drehpunkt, IM = isometrische Kraft, IT = isotonische Stärke, JP = Sprung, KY = Kajak, RN = Laufsprint, RW = Rudern, SK = Skaten, SW = Schwimmen

Ausgangssituation (Gesamtcreatin) und Creatinaufnahme:

Sieben von zehn Studien bei denen vor und nach der Creatinsupplementation die Gesamtcreatinkonzentration mittels einer Biopsie untersucht wurde, führten zusätzlich ein körperliches Training durch. Die Ausgangssituation des Gesamtcreatins (124.6 ± 2.5 mmol/kg) veränderte sich mit $18.1 \pm 1.8\%$ nicht signifikant. Es zeigte sich, dass eine Creatin-Einnahme von über 22.8 mmol/kg größere Auswirkungen hatte als geringere Mengen.

Einfluss der Einnahmeart sowie des Trainingsstatus und des Geschlechts der Teilnehmer in Bezug auf die Körperkomposition:

Der Einfluss der Dauer der Creatin-Supplementation, des Trainingsstatus sowie des Geschlechts der Teilnehmer in Bezug auf die Körperkomposition ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tab.4 Vergleich der Körperkompositions-Effektgröße bei unterschiedlicher Creatin-supplementationsdauer, Trainierte vs. Untrainierte, Männer vs. Frauen

Study variable	<i>n</i>	ES	95%CI	% change following creatine
Supplementation regimen				
Loading only	98	0.26 ± 0.03*	0.19, 0.33	0.6 ± 0.3
Loading + maintenance	65	0.04 ± 0.05	-0.07, 0.14	0.1 ± 0.6
Trained state of subjects				
Trained	133	0.18 ± 0.03	0.12, 0.24	0.4 ± 0.4
Untrained	30	0.14 ± 0.09	-0.04, 0.31	0.2 ± 0.4
Gender of subjects				
Male	111	0.22 ± 0.04	0.15, 0.29	0.8 ± 0.4
Female	20	0.04 ± 0.10	-0.18, 0.26	-1.6 ± 1.2
Male/female	32	0.09 ± 0.06	-0.03, 0.21	0.1 ± 0.4

Note. ES and % change values expressed as mean ± SE. **p* < .0003 vs. other mean.

Die durchschnittliche Effektgröße der Körperkomposition unterschied sich nicht zwischen untrainierten (0.14 ± 0.09) und trainierten (0.18 ± 0.03) Teilnehmern. Die durchschnittliche Körperkompositions-Effektgröße lag bei männlichen Probanden (0.22 ± 0.04, 95%CI = 0.15, 0.29) über 0, bei weiblichen Teilnehmerinnen (0.04 ± 0.10, 95%CI = -0.18, 0.26) lag sie jedoch nicht darüber. Der Einfluss einer Creatinsupplementation auf die Effektgröße bei unterschiedlichen Variablen der Körperkomposition ist in Tabelle 5 verdeutlicht.

Tab. 5 Auswirkung einer Creatinsupplementation auf die Effektgröße bei verschiedenen Messungen der Körperkomposition

Variable	<i>n</i>	ES		% change from baseline	
		<i>M</i> ± <i>SE</i>	95%CI	Placebo	Creatine
All ES*	163	0.17 ± 0.03	0.11, 0.23	-0.1 ± 0.2	0.4 ± 0.3
LBM (kg)*	33	0.33 ± 0.06	0.20, 0.46	0.6 ± 0.2	2.2 ± 0.7
Body mass (kg)*	82	0.16 ± 0.04	0.08, 0.25	0.3 ± 0.1	1.2 ± 0.3
Fat mass (kg)	10	0.09 ± 0.07	-0.08, 0.26	0.4 ± 0.9	-2.5 ± 0.8
%fat	32	-0.02 ± 0.06	-0.14, 0.10	-2.0 ± 0.8	-3.2 ± 1.0
TBW (L)	2	0.60 ± 0.28	-2.95, 4.15	-0.2 ± 1.0	1.8 ± 0.3

Note. Placebo and creatine values expressed as mean ± SE. *ES > 0, *p* < .0001.

Signifikante Veränderungen bei der Effektgröße der Körperkomposition gab es bei der fettfreien Körpermasse (LBM) (0.33 ± 0.06 , 95%CI = 0.20, 0.46, $p < .0001$) und beim Körpergewicht (BM) (0.16 ± 0.04 , 95%CI = 0.08, 0.25, $p < .0001$) mit einem durchschnittlichen Anstieg von $2.2 \pm 0.7\%$ bzw. $1.2 \pm 0.3\%$.

Einfluss der Einnahmeart und des Übungscharakters, Trainingsstatus und Geschlechts in Bezug auf die Leistung

Der Einfluss der Dauer der Supplementation, der Übungen und der Teilnehmerdemographie ist in Tabelle 4 zusammengefasst. Creatinsupplementationen die sowohl eine Ladephase als auch eine Erhaltungsphase (0.26 ± 0.04) beinhalteten, unterschieden sich in ihrer durchschnittlichen Effektgröße nicht von kurzzeitigen Ladephasen (0.22 ± 0.04). Es zeigte sich, dass die Effektgröße bei wiederholten Übungen (0.26 ± 0.03) höher ausfällt als bei einzeln durchgeführten Übungen. Die Effektgröße für Übungen der oberen Extremität (0.42 ± 0.07) war größer als bei der unteren Extremität (0.22 ± 0.02) und auch bei Übungen die den Gesamtkörper (0.13 ± 0.05) betrafen.

Interessanterweise zeigte sich in dieser Metaanalyse, dass auch die Bedingungen für die Studiendurchführung von Bedeutung sind. So erwies sich, dass die Effektgröße unter Laborbedingungen (0.25 ± 0.02) bei Leistungstests signifikant höher ausfällt als bei Feldtests (0.15 ± 0.04). Dies finde ich persönlich sehr interessant, da dies auch Einfluss auf die praktische Anwendung von Creatin haben kann. Auch bei Wettkämpfen werden die Bedingungen anders sein als bei Feldtests ohne Wettkampfcharakter.

Die Effektgröße unterschied sich nicht zwischen männlichen (0.22 ± 0.02), und weiblichen (0.20 ± 0.07) Probandengruppen, bzw. in Gruppen an denen sowohl weibliche und männliche Probanden (0.24 ± 0.04) teilnahmen. Ebenfalls gab es bei der Effektgröße keinen Unterschied zwischen trainierten (0.24 ± 0.02) und untrainierten (0.17 ± 0.03) Probanden.

Tab. 6 Vergleich der Leistungseffektgröße bei verschiedener Supplementationsdauer, einfach vs. wiederholt, Labor vs. Feldtest, Trainiert vs. Untrainiert, Männer vs. Frauen

Variable	<i>n</i>	ES	95%CI	% change following creatine
Supplementation regimen				
Loading only	630	0.21 ± 0.02	0.17, 0.25	5.0 ± 0.5
Loading + maintenance	191	0.26 ± 0.04	0.18, 0.33	12.4 ± 1.7*
Number of exercise bouts				
Single bout	322	0.18 ± 0.02	0.13, 0.23	7.2 ± 0.8
Repetitive bout	499	0.25 ± 0.03*	0.21, 0.30	6.4 ± 0.8
Type of exercise				
Laboratory-based	635	0.25 ± 0.02*	0.21, 0.29	8.7 ± 0.7*
Field-based	186	0.14 ± 0.04	0.08, 0.21	0.0 ± 0.5
Trained state of subjects				
Trained	642	0.24 ± 0.02	0.20, 0.28	6.0 ± 0.6
Untrained	179	0.17 ± 0.03	0.11, 0.23	9.2 ± 1.3*
Gender of subjects				
Female	49	0.21 ± 0.06	0.09, 0.34	14.8 ± 3.8*
Male	548	0.22 ± 0.02	0.18, 0.27	5.5 ± 0.7
Male/female	224	0.23 ± 0.04	0.16, 0.30	7.9 ± 1.1
Muscle group location				
Lower body	583	0.21 ± 0.02	0.17, 0.25	6.6 ± 0.6
Upper body	102	0.42 ± 0.07†	0.27, 0.56	17.5 ± 2.4†
Total body	136	0.13 ± 0.04	0.04, 0.22	-0.9 ± 0.5

Note. Values are mean ± SE. **p* < .05 vs. other mean(s). †*p* < .05 upper body > lower body > total body.

Effektgröße bei Übungen mit einer Dauer von <30s (ATP-PCr System)

Die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die sportliche Leistung unter 30 s werden in Abbildung 4 und Tabelle 7 gezeigt. Es zeigte sich, dass sich die durchschnittliche Effektgröße (0.24 ± 0.02) dabei signifikant von 0 unterschied. Auch verglichen mit einem Placebo ($4.2 \pm 0.6\%$) konnten signifikante Unterschiede der Creatinsupplementation ($7.5 \pm 0.7\%$) in Bezug auf den Ausgangswert festgestellt werden. Bei den Übungen zeigte sich, dass die Leistungen am Fahrradergometer, beim isokinetischen Drehpunkt, bei der isometrischen Kraftproduktion als auch bei der isotonischen Kraft gesteigert werden konnten. Wie in Abbildung 4 ersichtlich, war die Effektgröße bis auf Übungen am Armergometer überall signifikant größer als 0 ($p \leq .05$).

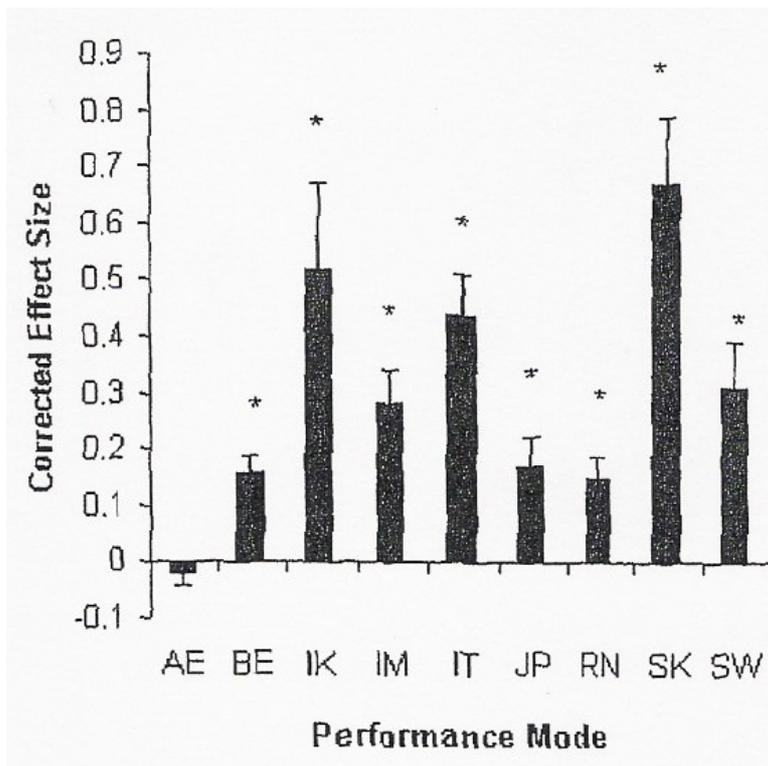


Abb. 4 Effektgröße für Leistungen < 30 s

Bemerkung: AE = Armergometrie, BE = Radergometrie, IK = isokinetischer Drehkraftproduktion, IM = isometrische Kraftproduktion, IT = isotonische Stärke, JP = Sprung, RN = Laufsprint, SK = Speetskaten, SW = Schwimmen

Tab. 7 Auswirkung der Creatinsupplementation auf unterschiedliche Messungen der anaerobe Leistung < 30 s

Variable	n	ES		% change from baseline	
		$M \pm SE$	95%CI	Placebo	Creatine
All ES*	617	0.24 ± 0.02	0.20, 0.28	4.2 ± 0.6	7.5 ± 0.7
Repetitions*	21	0.64 ± 0.18	0.27, 1.00	22.9 ± 7.3	45.4 ± 7.2
Work (Nm)*	38	0.29 ± 0.08	0.14, 0.45	-2.1 ± 1.2	3.2 ± 1.1
Mass (kg)*	30	0.51 ± 0.16	0.19, 0.83	13.4 ± 2.7	24.7 ± 3.9
Time (s)*	92	0.36 ± 0.06	0.25, 0.47	2.8 ± 1.0	7.4 ± 2.5
Force (N)*	38	0.29 ± 0.07	0.15, 0.43	4.1 ± 1.4	9.2 ± 1.5
Rate (rev/min)*	31	0.34 ± 0.11	0.11, 0.56	1.7 ± 0.4	3.4 ± 0.7
1-RM (kg)*	20	0.32 ± 0.10	0.12, 0.52	5.6 ± 1.2	11.2 ± 1.6
Rate (stride/s)*	5	0.26 ± 0.07	0.07, 0.46	0.0 ± 0.0	1.5 ± 0.4
Work (J)*	83	0.21 ± 0.05	0.11, 0.30	3.0 ± 0.6	6.5 ± 1.0
Power (W)*	163	0.20 ± 0.03	0.14, 0.25	4.2 ± 1.6	5.6 ± 0.6
VJ (cm)	18	0.04 ± 0.07	-0.12, 0.19	-0.2 ± 0.9	3.0 ± 1.1
Distance (m)	6	0.02 ± 0.02	-0.04, 0.08	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.2
Rate (m/s)	14	-0.01 ± 0.05	-0.22, 0.02	-2.4 ± 1.0	-0.7 ± 0.9
% decrement	51	-0.04 ± 0.06	-0.16, 0.09	6.3 ± 1.8	-0.6 ± 2.3

Die Effektgröße bei Übungen mit einer Dauer von 30-150s (anaerobe Glykolyse)

Dazu zählen Leistungen mit einer Dauer von 30 bis 150 s. Die Effektgröße für Leistungen mit dieser Dauer ist in Abbildung 6 und Tabelle 8 ersichtlich. Bei allen Übungen war die durchschnittliche Effektgröße (0.19 ± 0.05) größer als 0. Im Vergleich mit der Placebogruppe ($-2.0 \pm 0.6\%$) zeigte sich, dass die durchschnittliche Verbesserung nach einer Creatinsupplementation ($4.9 \pm 1.5\%$) größer war. Die durchschnittliche Effektgröße beim Radergometer, bei der isometrischen Kraftentwicklung und bei der isotonischen Kraft lag signifikant über 0. Jedoch unterschied sich die Effektgröße beim isokinetischen Drehpunkt, beim Sprung, beim Kajak, beim Sprint und beim Schwimmen nicht von 0.

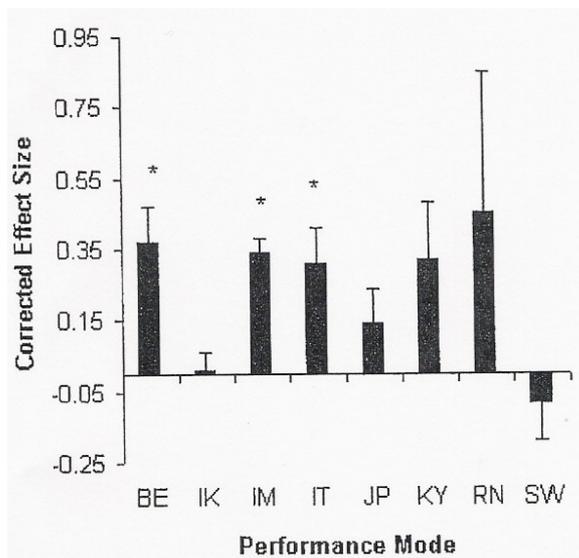


Abb. 5 Effektgröße für Leistungen mit 30 - 150 s Dauer

Tab. 8 Auswirkungen der Creatinsupplementation auf die Effektgröße bei verschiedenen Messungen der anaeroben Leistung (30 - 150 s)

Variable	n	ES		% change from baseline	
		$M \pm SE$	95%CI	Placebo	Creatine
All ES*	135	0.19 ± 0.05	0.10, 0.28	-2.0 ± 0.6	4.9 ± 1.5
Repetitions*	2	0.63 ± 0.02	0.40, 0.86	9.9 ± 9.9	32.3 ± 3.1
Work (Nm)*	18	0.31 ± 0.04	0.22, 0.40	0 ± 0	20.5 ± 7.2
VO_2 (L/min)*	6	0.30 ± 0.06	0.24, 0.36	1.1 ± 0.6	8.0 ± 0.4
Power (W)*	11	0.23 ± 0.09	0.03, 0.43	-1.0 ± 3.8	5.6 ± 2.9
Rate (m/s)*	8	0.12 ± 0.09	0.05, 0.20	0.3 ± 0.3	1.4 ± 0.2
Work (J)*	41	0.09 ± 0.04	0.01, 0.16	-6.8 ± 1.4	-4.1 ± 2.3
Time (s)	42	0.23 ± 0.13	-0.04, 0.50	-0.4 ± 0.5	6.3 ± 2.1
Distance (cm)	5	0.05 ± 0.11	-0.25, 0.34	0.8 ± 1.5	-0.2 ± 2.1

Note. Placebo and creatine values expressed as mean \pm SE. *ES > 0, $p < .05$.

Effektgröße bei Übungen >150s (aerobe Oxidation)

Die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf sportliche Leistungen mit einer Dauer von über 150s werden in Abbildung 6 und Tabelle 9 gezeigt. Die durchschnittliche Effektgröße für alle Variablen liegt hierbei bei 0.20 ± 0.07 (95%CI = 0.06, 0.34, $p = .0032$). Bei den getesteten Sportarten im aeroben Bereich war lediglich beim Fahrradergometer (0.28 ± 0.1 , 95%CI = 0.08, 0.48) die durchschnittliche Effektgröße über 0. Bei allen anderen aeroben Sportarten (isokinetische und isotonische Übungen, Kajak, Laufen, Rudern, Schwimmen) lag die durchschnittliche Effektgröße bei 0.04 ± 0.07 (96%CI = -0.10, 0.18).

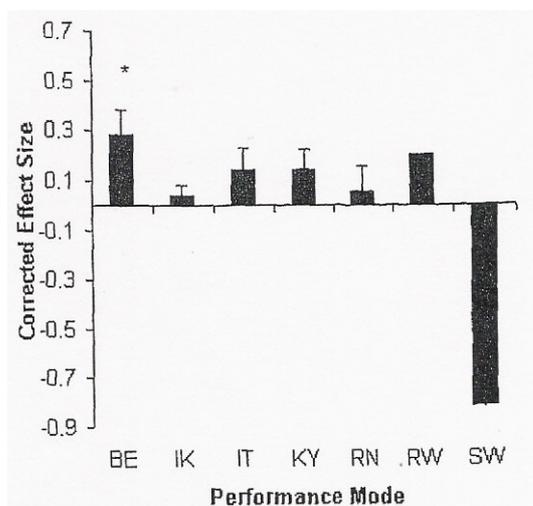


Abb. 6 Effektgröße für Leistungen > 150s Dauer

Tab. 9 Auswirkung der Creatinsupplementation auf die Effektgröße verschiedener Messungen der Aeroben Leistung > 150s

Variable	n	ES		% change from baseline	
		M ± SE	95%CI	Placebo	Creatine
All ES*	69	0.20 ± 0.07	0.06, 0.34	0.3 ± 0.5	2.7 ± 1.2
HR (beats/min)*	5	0.65 ± 0.09	0.41, 0.90	-0.3 ± 0.6	-4.5 ± 0.8
Time (s)	14	0.19 ± 0.18	-0.20, 0.57	-1.2 ± 1.3	3.3 ± 3.0
Work (J)	4	0.42 ± 0.20	-0.13, 0.96	-3.5 ± 2.1	14.7 ± 4.1
Power (W)	9	0.28 ± 0.18	-0.14, 0.71	1.6 ± 1.0	5.7 ± 2.7
Work (Nm)	2	0.04 ± 0.04	-0.49, 0.57	1.4 ± 0.2	5.1 ± 0
VO ₂ (L/min)	30	0.14 ± 0.11	-0.09, 0.38	0.6 ± 0.5	-0.8 ± 1.5
Time (min)	5	-0.19 ± 0.11	-0.49, 0.12	4.3 ± 1.9	12.4 ± 5.0

Note. Placebo and creatine values expressed as mean ± SE. *ES > 0, $p < .05$.

Persönliche Anmerkung

Bei dieser Metaanalyse zeigt sich, dass eine Creatinsupplementation einen Einfluss auf die ATP-Regeneration hat und dass dadurch im anaerob alaktaziden Bereich Leistungen verbessert werden können. Bei vielen Sportarten im anaeroben Bereich scheint eine Creatinsupplementation einen positiven Effekt auf die Leistung zu haben. Sportarten aus dem aeroben Bereich scheinen jedoch kaum positiven Nutzen aus einer Creatinsupplementation ziehen zu können.

Viele der Studien belegen eine positive Wirkung von Creatin auf die Leistung und eine Zunahme der Körpermasse. Dennoch gibt es auch im anaeroben Bereich Studien die keinerlei positive Effekte belegen konnten. Im Durchschnitt aller in der Metaanalyse behandelten Studien konnte aber gezeigt werden, dass es bei der Creatingruppe zu signifikant besseren Ergebnissen ($5.7 \pm 0.5\%$) kam, verglichen mit der Placebogruppe ($2.4 \pm 0.4\%$). Von den 96 Studien dieser Metaanalyse haben 61 (64%) Leistungen mit einer Dauer unter 30 s gemessen. - 45 dieser Studien berichteten von einem ergogenen Effekt.

Theoretisch besteht natürlich die Überlegung, dass auch anhaltende anaerobe Leistungen durch eine Creatinsupplementation verbessert werden können. Diese Überlegung beruht darauf, dass wenn die Glykolyse später einsetzt auch weniger Laktat produziert wird. Von 25 Studien, die den Effekt von Creatin auf Leistungen mit einer Dauer von 30-150s ermittelt haben, konnten 17 einen positiven Effekt auf die Leistung nachweisen. Jedoch muss ich persönlich anmerken, dass die Dosierungen in manchen Studien äußerst gering gewählt waren und auch in dieser Metaanalyse wurde festhalten, dass höhere Dosierungen (natürlich nur bis zu einer gewissen Grenze, ca. 20g/d) auch größeren Nutzen erbringen. Die Effektgröße bei Leistungen mit einer Dauer von 30-150s ist zwar geringer als jene bei niedrigerer Dauer, dennoch kann eine Creatinsupplementation auch hierbei von Nutzen sein. Bei Sportarten mit einer Dauer von über 150s konnte lediglich bei der Fahrradergometrie eine signifikante Steigerung beobachtet werden. Der potentielle ergogene Effekt einer Creatinsupplementation scheint jedoch mit zunehmender Dauer abzunehmen.

5.1 Einfluss einer Creatinsupplementation auf kurzfristige hochintensive Belastungen (≤ 30 s)

Während eines 6sekündigen Sprints mit 250% der VO_{2max} stellt die Creatinphosphat-Hydrolyse 50% des gesamten ATPs bereit, wohingegen bei einem 30sekündigen Sprint mit 200% VO_{2max} stellt PCr nur 25% des benötigten ATPs bereit.

Es ist bekannt, dass eine Creatinsupplementation den PCr-Gehalt steigern kann. Wenn das PCr infolge der Supplementation um 10-20% ansteigt, so steigt auch die Energiebereitstellung um 5-10% bzw. 2.5-5% für den 30s bzw. den 6s Sprint. (Mesa et al., 2001)

Das ATP-PCr-System ist ein sehr begrenztes Energiesystem welches nur für wenige Kontraktionen ausreicht. Da PCr das Substrat für dieses System ist, kann angenommen werden, dass eine Creatinsupplementation eine Möglichkeit darstellt um den Anstieg oder die Wiederauffüllung der PCr-Speicher zu beschleunigen um dadurch wiederum das ADP während oder anschließend an die Belastung zu phosphorylieren.

In einer Metaanalyse von Mujika et al. (1997) wurden zahlreiche Studien auf ihre Wirkung auf Belastungen ≤ 30 s analysiert. Es konnte gezeigt werden, dass es infolge einer Creatinsupplementation zu einer Verbesserung der Leistung und eine Verzögerung der Muskelermüdung während wiederholten kurzandauernden, hochintensiven Trainingsdurchgängen kommt. Während einem sechssekündigen Durchgang mit hochintensiven Radfahren und während einem einzelnen zehnssekündigen hochintensiven Radtraining dem fünf sechssekündigen Raddurchgängen vorgegangen sind, zeigte sich, dass nach der Creatinsupplementation die benötigte Arbeitsleistung besser gehalten werden konnte. Ähnliche Auswirkungen konnten auch bei zwei 30sekündigen maximalen Radsprintdurchgängen mit vierminütiger Pause festgestellt werden. Außerdem konnte bei Radfahrern auf Vereinslevel gezeigt werden, dass infolge einer durch Creatinsupplementation erhöhten Creatinkonzentration die Höchst- und Gesamtleistung um etwa 4% gesteigert werden konnte. Eine durchschnittliche Verbesserung von 14% konnte nach einer viertägigen Creatineinnahme (35g/Tag) bei Teilnehmern welche drei wiederholte 30sekündige Radsprintdurchgänge mit 6minütiger Pause ausführten, gezeigt werden.

Zusammenfassend kann über die in diesem 'Review Article' verwendeten Studien gesagt werden, dass Creatin bei wiederholten Durchgängen mit hochintensiven kurzandauernden Trainingsdurchführungen als ein ergogenes Zusatzmittel für untrainierte oder moderat trainierte Personen geeignet ist. Jedoch konnten nicht bei allen Studien positive Effekte einer Creatinsupplementation gezeigt werden und oft bleiben ergogene Wirkungen, die bei untrainierten Probanden gezeigt wurden, bei hochtrainierten Athleten aus.

5.1.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf kurzfristige hochintensive Belastungen (≤ 30 s) untersuchten

Zahlreiche Studien haben den Einfluss von Creatin auf kurzfristige, hochintensive Belastungen mit Belastungszeiten zwischen 6 bis 30 Sekunden untersucht. Williams et al.

(1999) schreibt, dass von 18 Studien am Radergometer in diesem Zeitraum eine durchschnittliche Leistungsverbesserung von 16% festgestellt wurde.

Erster Autor	Jahr	n	nc	np	sex	Alter	Dosierung/d	Dauer	Effekt	Sportart
Dawson R.	1995	S1: 18 S2: 22	9 11	9 11	m - "- -	21.8 ± 3.4 22.3 ± 4.2	20 g - "- -	5	ja	R
Kreider R.	1997	25	12	13	m	19 ± 0.3	15.75 g	28	ja	R
Cooke W.	1995	12	6	6	m	24.08 ± 0.53	20 g	5	nein	R
Cooke W.	1997	80	40	40	m	24.2 ± 3.3	20 g	5	nein	R
Balsom K.	1995	7	7	0	m	25.0 ± 1.7	20 g	6	ja	R
Snow R.	1998	8	4	4	m	23 ± 1	30 g	5	nein	R
Havenetidis	2003	28	21	7	m	29.9 ± 4.6	1.: 10 g 2.: 25 g 3.: 35 g	4	ja	R
Birch	1994	14	7	7	m	20.4 ± 0.1	20 g	5	ja	R
Prevost	1997	18	9	9	m/w	23 ± 1	18.75 g	5	ja	R
Casey	1996	9			m	27 ± 1	20 g	5	ja	R
Odland	1995	9	3	3P 3C	m	22 bis 30	20 g	3	nein	R
Grindstaff P.	1997	18	9	9	m, w	15.3 ± 0.6	21 g	9	ja	S
Mujika I.	1996	20	10	10	m, w	m: 20.5 ± 2.2 w: 19.3 ± 2.8	20 g	5	nein	S
Peyrebrune	2005	20	10	10	m, w	20 ± 1	3 g	22-27 w	nein	S
Theodorou	2005	10	CR:5 CHO:5		m, w	17.8 ± 1.8	25 g	4	Ja	S
Javierre	2004	19	10	9	m	22.9 ± 3.1	20 g	5	nein	L

R = Rad, L = Lauf, S = Schwimmen

5.1.1.1 "Effects of Oral Creatine Loading on Single and Repeated Maximal Short Sprints"

(Dawson et al., 1995)

Zusammenfassung:

Die Studie beschäftigte sich damit, ob Creatin einen Einfluss auf einzelne- bzw. wiederholte kurze Sprintleistungen hat. In der ersten Studie wurde ein 1 x 10 s Radsprint durchgeführt und in der zweiten Studie wurden 6 x 6 s Radsprints ausgeführt. Die Probanden wurden in zwei Gruppen geteilt und nach Zufall entweder der Creatin- oder der Placebogruppe zugeteilt. Die Studie wurde im Doppelblinddesign ausgeführt. Über fünf Tage hinweg erhielten die Probanden der Creatingruppe täglich 4 x 5 g Creatin. Zuvor wurden ein Eingewöhnungstest und zwei Basistests durchgeführt. Dieselben zwei Tests wurden drei Tage nach der Ladephase nochmals wiederholt.

In der ersten Studie (n = 9, in jeder der beiden Gruppen) waren die anschließenden Leistungen (kJ) in der 2, 4, 6, 8 und 10 s und die Peak Power-Werte bei beiden Gruppen (P und Cr) höher als bei dem Basistest. Jedoch gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

In der zweiten Studie (n = 11, in jeder der beiden Gruppen) erfuhr die Creatingruppe nach der Ladephase signifikante Verbesserungen der Gesamtleistung (kJ) in den 6 Sprints und der Peak Power verglichen mit Placebogruppe. Aber auch der 1. Sprint verbesserte sich bei der Creatingruppe signifikant.

Demnach sind die Ergebnisse der beiden Studien etwas widersprüchlich, da bei der zweiten Studie auch beim ersten Sprint bei der Creatingruppe bessere Leistungen erfasst wurden. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass eine Creatinzufuhr zumindest theoretisch zu besseren Leistungen sowohl bei einzelnen als auf wiederholten Sprintbelastungen führen kann.

Studienbeschreibung:

Die Gruppen wurden für zwei Studien getrennt. In der ersten Studie wurde ein 1 x 10 s Sprint durchgeführt und in der zweiten Studie 6 x 6 s Sprints. Beide Studie wurden am Radergometer durchgeführt. Die Probanden der ersten Studie waren männlich und in einem Alter von 21.8 ± 3.4 Jahren. In der zweiten Studie waren die Probanden ebenfalls männlich mit einem Alter von 22.3 ± 4.2 Jahren. In dieser Studie wurden die Probanden nach dem Zufallsprinzip entweder der Creatin- oder der gleichgroßen Placebogruppe zugeordnet. Vor Beginn der Creatineinnahme absolvierten die Probanden drei Durchführungen: Eine zur Eingewöhnungsdurchführung und zwei Basistests, bei denen sie entweder einen 10sekündigen Radergometer Test (Studie 1) oder 6 x 6 s Radsprints (Studie 2) durchführten. Die Basistests wurden mindestens zwei Tage getrennt voneinander durchgeführt. Weitere zwei Tests wurden nach der Ladephase durchgeführt. Vor jeder Testeinheit wurde das Körpergewicht gemessen. Die Aufwärmphase beinhaltete ein fünfminütiges Radfahren mit 100W, gefolgt von 5 Minuten statischem Stretching.

Studie 1 (1 x 10 s Sprint): Die Probanden bekamen die Anweisung einen 10sekündigen Radsprint mit maximaler Anstrengung zu absolvieren. Bei allen Tests wurden die Leistungen zur 2., 4., 6., 8 und 10. Sekunde sowie die Peak Power erfasst. Mit dem erfassten Körpergewicht wurde dieser Wert dann relativiert.

Studie 2 (6 x 6 s wiederholte Sprints): Studiendesign wie oben. Alle 30 Sekunden absolvierten die Probanden einen sechssekündigen Sprint. Die Gesamtleistung (kJ) und die Peak Power wurde bei jedem 6 s Sprint erfasst. Zusätzlich wurde noch eine prozentuelle Abfallsrate als Ermüdungsindex erfasst.

Die Zuweisung zur Creatin- (Cr) oder Placebogruppe (P) erfolgte einen Tag nach dem zweiten Basistest. Die Teilnehmer nahmen entweder 5 g Creatin, 1 g Glucose Polymer und Calcium Carbonat oder 6 g Glucose Polymer und 0.2g CaCO₃ viermals täglich über fünf Tage hinweg ein. Einen Tag nach Beendigung der Creatineinnahme absolvierten die Probanden den ersten der beiden Tests.

Ergebnisse:

Studie 1: Zwischen den Ergebnissen des ersten und des zweiten Basis-Tests bestanden keine signifikanten Unterschiede vor der Supplementation. Daher wurde das Mittel dieser beiden Tests als Basis gewählt. Die Auswertungen der Leistungen und der Peak Power sind in Tabelle 10 abgebildet. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen Creatin- und Placebogruppe vor und nach der Ladephase festgestellt. Beide Gruppen verbesserten sich bei der Gesamtleistung und bei der Peak Power. Die durchschnittlichen Verbesserungen der Gesamtleistung (kJ) und der Peak Power von 5.2% und 4.8% (Cr) und 6.2% und 6.6% (P) wurden vom Ausgangswert gemessen. Die Dauer um die Peak Power zu erreichen (~3 s) veränderte sich nach der Supplementation nicht signifikant.

Tab. 10 Mittelwerte der 10 s Sprints der Basistests und der Tests nach der Supplementation, Creatin (n = 9) und Placebo (n = 9)

		Creatine			Placebo		
		Baseline		Post-Loading	Baseline		Post-Loading
Work Done (kJ)	2 s	1.8 ± 0.3		2.0 ± 0.4	1.8 ± 0.4		1.9 ± 0.3
	4 s	4.5 ± 0.7		4.8 ± 0.8	4.5 ± 0.8		4.7 ± 0.7
	6 s	7.0 ± 1.1		7.4 ± 1.2	7.0 ± 1.2		7.4 ± 1.1
	8 s	9.3 ± 1.4		9.9 ± 1.6	9.2 ± 1.5		9.8 ± 1.4
Total	10 s	11.5 ± 1.7		12.1 ± 1.9	11.3 ± 1.7		12.0 ± 1.7
Total (J·kg ⁻¹)		149.1 ± 15.3		156.0 ± 19.2	148.5 ± 21.9		156.4 ± 22.1
Peak Power (W)		1357 ± 217		1422 ± 227	1348 ± 221		1437 ± 212
Peak Power (W·kg ⁻¹)		17.6 ± 2.1		18.3 ± 2.4	17.7 ± 2.9		18.8 ± 2.6
Time to Peak (s)		3.0 ± 0.		2.9 ± 0.8	2.9 ± 0.5		2.8 ± 0.5

There were no significant differences between the groups before or after loading.

Note: The Post-Loading score is the mean of the adjusted means calculated for post-loading tests 1 and 2 by the ANCOVA.

Studie 2: Dabei wurden sowohl eine signifikant größere Gesamtleistung und Peak Power festgestellt als auch signifikant niedrigere prozentuelle Abfallsraten beim zweiten Basistest verglichen mit dem ersten Basistest. Deswegen wurde der zweite Basistest zum Vergleich mit den Ergebnissen herangezogen. Die Auswertungen bezüglich vollbrachter Leistung und Peak Power, sowie die prozentuelle Abfallsrate werden in Tabelle 11 gezeigt. Signifikante Ergebnisse zeigten sich bei der erbrachten Leistung bei der 1. Wiederholung als auch bei der Gesamtleistung, bei welcher die Creatin Gruppe ihre Werte deutlich verbesserte und die Ergebnisse der Placebo Gruppe sogar leicht unter den Basiswert abfielen. Keine signifikanten Ergebnisse gab es hingegen bei den erbrachten Leistungen bei der 2. – 6. Wiederholung zwischen den beiden Gruppen nach der Ladephase. Neun der elf Probanden der Creatin Gruppe verbesserten ihre Gesamtleistung nach der Ladephase, wohingegen nur drei Probanden der Placebo Gruppe ihre Werte verbesserten. Es wurde eine durchschnittliche Verbesserung von 4,5% vom Ausgangswert bei der Gesamtleistung der Creatin Gruppe festgestellt. Die Placebo Gruppe hingegen hatte bezüglich der Gesamtleistung einen 2%igen Rückgang. Die prozentuelle Abfallsrate blieb bei beiden Gruppen unbeeinflusst. Die Peak Power wurde immer bei der ersten Durchführung erreicht und war bei der Creatin Gruppe nach der Ladephase signifikant größer. Nach der Ladephase steigerte die Creatin Gruppe ihre Peak Power Werte durchschnittlich um 4.6%. Die Placebo Gruppe hingegen erfuhr eine durchschnittliche Abfallsrate von 4.4%.

Tab. 11 Mittelwerte der 6 x 6 s Sprints, Peak Power und prozentuelle Abfallsrate der Basistests und der Tests nach der Supplementation, Creatin (n = 11) und Placebo (n = 11)

	Creatine				Placebo			
	Baseline		Post-Loading		Baseline		Post-Loading	
Work Done (kJ)								
Repetition 1	6.3 ± 1.0	6.6 ± 1.0**	6.5 ± 0.9	6.3 ± 0.9				
Repetition 6	5.3 ± 0.9	5.2 ± 0.8	5.1 ± 0.4	5.2 ± 0.5				
Total Work	33.6 ± 5.2	35.1 ± 15.4*	34.8 ± 3.4	34.1 ± 3.6				
Total (J·kg ⁻¹)	44.1 ± 34.3	463.8 ± 38.0*	465.6 ± 36.2	451.7 ± 40.2				
Peak Power (W)	1371 ± 219	1434 ± 220**	1418 ± 177	1355 ± 158				
Peak Power (W·kg ⁻¹)	18.2 ± 1.9	18.8 ± 1.9	18.9 ± 2.1	18.2 ± 1.9				
% Decrement	10.9 ± 3.0	11.3 ± 3.1	10.5 ± 4.1	10.9 ± 3.2				

* p<0.05; ** p<0.01; Significantly greater than Placebo

Note: The Post-Loading score is the mean of the adjusted means calculated for post-loading tests 1 and 2 by the ANCOVA.

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass ein Anstieg des Muskelcreatins bzw. Creatinphosphats infolge einer Creatineinnahme zu verbesserten Leistungen bei wiederholten Sprints führen kann.

5.1.1.2 "Effect of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance"

(Kreider et al., 1997)

Zusammenfassung

In einer 28 Tage andauernden Studie wurden neben den Sprintleistungen am Fahrradergometer auch die Körperkomposition und die Kraftleistung untersucht. An der randomisierten Doppelblindstudie nahmen 25 paarweise zugeordnete Fußballspieler teil. Neben einem Kraft- und Beweglichkeitstraining erhielten die Probanden entweder einen Placebo oder reines Creatinmonohydrat. Vor und nach der Supplementation absolvierten die Männer einen Sprinttest am Radergometer (12 x 6 s Sprints mit 30s Erholung). Die Studie zeigte eine Verbesserung der Sprintleistung bei der Creatin-Gruppe im Vergleich zur Placebogruppe.

Studienbeschreibung

25 NCAA Fußballspieler im Alter von 19.9 ± 0.3 Jahren nahmen an dieser Studie teil. In den ersten beiden Wochen vor Beginn der Creatin-Supplementation nahmen die Probanden an Programmen zur Eingewöhnung an die Tests teil. Die Studienprozeduren wurde erklärt, die Teilnehmer wurden gewogen und es wurde eine Sport- und Gesundheitsanamnese durchgeführt. Den Radergometertest mussten die TN bereits vorab durchführen. Dabei mussten sie 12 x 6 s Maximalleistungssprints mit einer 30sekündigen Erholungspause zwischen jedem Sprint durchführen. In der randomisierten Doppelblindstudie wurden die Teilnehmer nach Körpergewicht zu Paaren

zusammengefasst und entweder der Placebogruppe (Glucose, Taurin, Disodium Phosphat) oder der Creatingruppe (reines Creatinmonohydrat) zugeordnet. Beide Mittel wurden in Pulverform mit gleicher Konsistenz und gleichem Geschmack verpackt. Die Probanden nahmen das Pulver morgens, mittags und abends mit 0.25l Wasser ein. Während der vierwöchigen Supplementierungsphase nahmen die Probanden an einem Kraft- und Beweglichkeitstraining teil. Dieses Programm bestand aus 5 x Krafttraining/Woche und 3 x Beweglichkeits- und Sprinttraining/Woche. Nach diesen 28 Tagen erfolgten dieselben Tests wie vor der Supplementierung. Dabei wurden abermals Körpergewicht, Körperwassergehalt und Körperkomposition bestimmt. Anschließend wurden wie vorab 12 x 6 s Radergometersprints mit 30s Erholungspause durchgeführt. Die Sprinttests wurden auf einem computergesteuerten Fahrradergometer mit standardisierter Arbeitsleistung ausgeführt.

Ergebnisse:

In der Creatingruppe stiegen die Creatin- und Globuliwerte signifikant an. Die Ergebnisse lassen auch auf einen leichten Anstieg der Creatinkinase schließen. In beiden Gruppen stieg das Körpergewicht an, wobei die Gewichtszunahme in der Creatingruppe signifikant höher war als in der Placebogruppe (Placebo: 0.85 ± 2.2 , Creatin: 2.42 ± 1.4 kg). Abbildung 8 zeigt die durchschnittliche Sprintleistung an Tag 0 und Tag 28 die bei der Creatin- und der Placebogruppe während den 12 x 6 s Sprints festgehalten wurden.

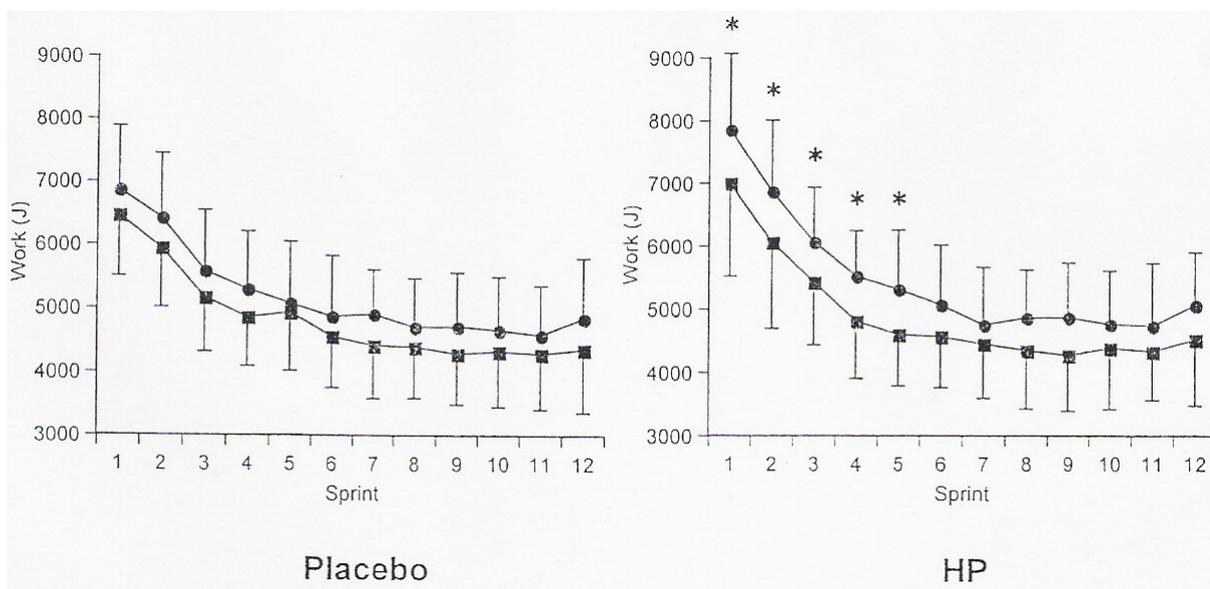


Abb. 7 Kästchen = vor der Supplementation, Kreise = nach der Supplementation, Veränderungen der Leistung bei den 12 x 6 s Radergometersprints

Es konnte ein signifikanter Gruppe x Sprint Effekt bei den Ergebnissen der Leistungen am 28. Tag festgestellt werden. Eine post hoc Analyse ergab, dass die Leistungen bei der

Creatingruppe bei den Sprints 1 bis 5 signifikant höher waren. Die durchschnittliche Verbesserung der Gesamtleistung bei den 12 x 6 s Sprints war bei der Creatingruppe um 51% höher.

5.1.1.3 " Effect of oral creatin supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry"

(Cooke et al., 1995)

Zusammenfassung:

Bei dieser Studie sollten die Auswirkungen einer oralen Creatinsupplementation auf Leistungen bei hochintensiven, kurzandauernden Radsprints bestimmt werden. Dabei wurde der Leistungsunterschied bei 12 untrainierten Männern vor und nach einer fünftägigen Creatinsupplementation erfasst. Zur Untersuchung wurde ein Doppelblinduntersuchungsdesign verwendet. Die Probanden absolvierten einen 15 Sekunden andauernden, maximalen Sprint mit konstanter Belastung. Jede halbe Umdrehung wurde magnetisch gezählt und im Anschluss wurden Messungen der Peak Power, Zeit bis zur Peak Power, Gesamtleistung und Ermüdungsindex digitalisiert und gespeichert. Es zeigten sich in dieser Studie in keinem dieser Parameter signifikante Unterschiede zwischen den Leistungen vor und nach der Creatinsupplementation.

Studienbeschreibung:

Zwölf gesunde, untrainierte Männer in einem Alter von 24.08 ± 0.53 Jahren nahmen an dieser Studie teil. Die Studie erfolgte im Doppelblinduntersuchungsdesign. Zur Eingewöhnung absolvierte jeder der Probanden einen 15 Sekunden andauernden Maximalleistungstest am Radergometer. Die Teilnehmer wurden zufällig entweder der Placebo- oder der Creatingruppe zugeteilt. Der Widerstand am Ergometer wurde mit 111.80 N für alle Teilnehmer eingestellt. Jede halbe Umdrehung wurde magnetisch gezählt. Die verstärkten Signale und die gezählten Umdrehungen wurden digitalisiert und auf einem Mikrocomputer festgehalten um eine spätere offline-Analyse durchführen zu können. Einen Tag nach dem Eingewöhnungstest wurde ein Test zur Bestimmung der Basiswerte durchgeführt. Vor dem Test absolvierte jeder der Probanden ein fünfminütiges Aufwärmtraining am Radergometer mit 60 Umdrehungen/min. Anschließend führten die Teilnehmer zwei aufeinanderfolgende 15 Sekunden andauernde Maximalleistungstests durch. Die Probanden wurden angewiesen, so kräftig und schnell wie möglich in die Pedale zu treten. Währenddessen wurden sie verbal ermutigt, die 15 Sekunden durchzuhalten. Die Ruhepause zwischen den beiden Tests betrug 20 Minuten. Während dem Test wurden die Peak Power (PP), die Zeit bis zur Peak Power (TPP), die

Gesamtleistung (TW) und der Ermüdungsindex (FI) erfasst. Die Peak Power wurde als Maximalleistung definiert die von den Probanden während des 15s Tests erlangt wurde. Der Ermüdungsindex war der prozentuelle Abfall der Leistungsproduktion, gemessen anhand der Peak Power am Ende des Tests. Nach den vorbereitenden Tests erhielten die Probanden 5 Tage hinweg entweder Creatinmonohydrat und Glucose (5 g Creatin, 1 g Glucose) oder einen Glucose-Placebopräparat (6 g Glucose). Die Probanden wurden angewiesen das Supplement in warmem Wasser zu lösen und 4 x täglich in etwa gleichen Abständen über den Tag hinweg einzunehmen. Einen Tag nach der Supplementationsphase wurde wieder ein Test durchgeführt. Der Test wurde in selbiger Art und zur selben Tageszeit wie der Vortest durchgeführt.

Ergebnisse:

Es konnten keine Unterschiede zwischen den Vortests und den Tests nach der Supplementation innerhalb und zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden. Der Versuch in dem die Probanden die höchste Peak Power erlangten, wurde repräsentativ für die beste Leistung genommen und als Ausgangswert verwendet. Die Leistungskurve für beide Gruppen vor der Supplementation ist in Abbildung 9 (Kurve A) ersichtlich. Diese Leistungskurve repräsentiert den individuellen 1 s Durchschnitt der Leistungsproduktion. In beiden Gruppen stieg die Leistungsproduktion während den ersten beiden Sekunden stark an bis der Höchstwert erreicht wurde. Danach erfolgte ein stetiger Abfall der Leistungsproduktion bis zum Ende des Tests. Die Ermüdung war dadurch ersichtlich, dass es gegen Ende des Tests zu einem >30% Leistungsproduktionsabfall kam.

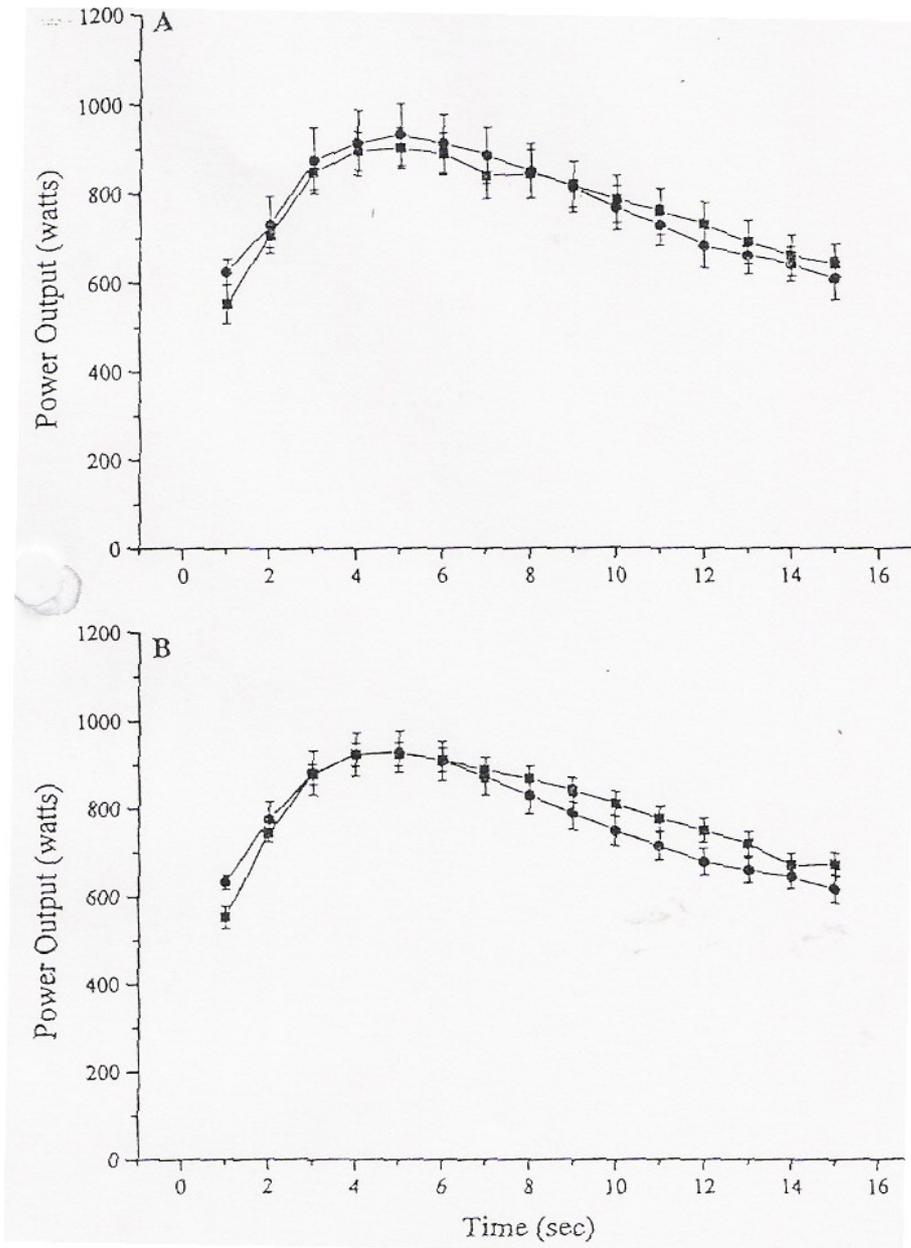


Abb. 8 Kurve A: Leistungskurven der Creatin- (n = 6) und Placebogruppe (n = 6), Leistungsproduktion vor der Supplementation, Kurve B: Leistungskurven der Creatin- (n=6) und Placebogruppe (n=6), Leistungsproduktion nach der Supplementation

Bemerkung: Kästchen = Creatin-Gruppe, Kreis = Placebogruppe

Die Leistungskurven für Creatin- und Placebogruppe nach der 5tägigen Einnahme sind in Abbildung 9 (Kurve B) ersichtlich. Die Werte der unterschiedlichen Parameter beider Gruppen vor und nach der Supplementation sind in Tabelle 12 ersichtlich.

Tab. 12 Ergebnisse des 15 s Leistungstests

Condition	PP, W	TPP, s	TW, kJ	FI, %
		<i>Pretreatment</i>		
Cr	945.05±47.63	4.63±0.39	11.32±0.66	30.46±2.27
P	964.39±64.14	3.79±0.40	11.11±0.76	32.88±3.05
		<i>Posttreatment</i>		
Cr	979.45±44.22	3.89±0.36	11.58±0.59	33.14±1.88
P	949.63±73.49	4.07±0.29	11.13±0.76	32.03±2.12

Bemerkung: PP = Peak Power, TPP = Zeit bis zur Peak Power, TW = Gesamtleistung, FI = Ermüdungsindex

Es konnten weder innerhalb noch zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede vor und nach der Supplementation nachgewiesen werden ($P > 0.05$).

5.1.1.4 "The Influence of Recovery Duration on High-Intensity Exercise Performance after Oral Creatin Supplementation"

(Cooke et al., 1997)

Zusammenfassung:

Die Absicht dieser Studie war die Untersuchung der Auswirkung einer Creatinsupplementation auf die Fähigkeit einen hohen Prozentsatz der Peak Power während dem zweiten von zwei hochintensiven Radsprints wiederzuerzeugen und aufrechtzuerhalten. Anschließend an den Radsprint erfolgten vier verschiedene Erholungsintervalle. An der Studie nahmen 80 gesunde, aktive, männliche Probanden teil. Diese wurden nach dem Zufallsprinzip einer von zwei Gruppen zugeordnet (Creatin oder Placebo) und sie wurden einem von vier Erholungsintervallen (30, 60, 90 oder 120 s) zugewiesen. Die Probanden erhielten täglich entweder 20 g Creatin und 4 g Glukose oder 24 g Glukose. Vor und nach der fünftägigen Supplementierungsphase wurden zwei maximale Radergometersprints mit unterschiedlichen Erholungsintervallen absolviert. Der maximale Peak Power-Output und die absolute Zeit bis zur Erschöpfung wurden vor und nach der Supplementierung verglichen. Hierbei wurden keine signifikanten Veränderungen festgestellt. Die Creatinsupplementation hatte weder Einfluss auf die Fähigkeit einen hohen Prozentsatz der Peak Power während der zweiten Übung wiederzuerzeugen noch ihn aufrechtzuerhalten.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 80 gesunde, männliche Probanden in einem Alter von 24.2 ± 3.3 Jahren teil. Die Teilnehmer mussten sich selbst in den Klassifizierungen a) sehr trainiert, b) aktiv, aber nicht sehr trainiert bzw. c) nicht aktiv einordnen.

Da sportliche Tätigkeiten einen Einfluss auf die Creatinaufnahme in die Skelettmuskulatur haben, wurden nicht aktive Personen in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt. Auch Vegetarier wurden aus dieser Studie ausgeschlossen, da diese im Vergleich zu Personen mit fleischhaltiger Ernährung niedrigere Creatinkonzentrationen aufweisen. Um den Fleischverzehr während der fünftägigen Supplementierungsphase überprüfen zu können, führten die Probanden ein dreitägiges Ernährungsprotokoll durch. Die Daten der Probanden und deren Aufteilung in die einzelnen Erholungsintervalle ist in Tabelle 13 ersichtlich.

Tab. 13 Daten der Probanden

Group	Age	Weight	Height	Aerobic/wk	Anerobic/wk	Conditioning (subjective)		Meal/day
						HT	NHT	
P30	24.0 ± 1.1	81.6 ± 2.9	181.9 ± 1.9	2.7 ± 0.5	2.5 ± 0.7	2	8	1.9 ± 0.4 (n = 8)
Cr30	25.2 ± 1.1	78.1 ± 3.4	178.2 ± 2.0	1.7 ± 0.6	3.2 ± 0.6	1	9	2.1 ± 0.6 (n = 6)
P60	22.9 ± 0.8	79.2 ± 2.7	178.1 ± 1.4	2.4 ± 0.6	2.2 ± 0.8	3	7	1.9 ± 0.5 (n = 9)
Cr60	24.0 ± 0.9	79.6 ± 3.2	180.6 ± 1.9	1.9 ± 0.5	3.3 ± 0.8	1	9	2.2 ± 0.6 (n = 6)
P90	23.2 ± 0.8	82.2 ± 2.9	181.5 ± 1.2	2.6 ± 0.5	2.2 ± 0.6	1	9	2.1 ± 0.6 (n = 8)
Cr90	24.5 ± 1.2	80.7 ± 2.8	178.6 ± 2.2	1.2 ± 0.7	3.1 ± 0.7	2	8	3.3 ± 0.9 (n = 7)
P120	24.2 ± 0.9	83.1 ± 2.8	182.1 ± 1.3	1.7 ± 0.5	2.4 ± 0.4	0	10	1.6 ± 0.6 (n = 9)
Cr120	22.5 ± 0.8	80.3 ± 2.5	178.5 ± 1.7	2.4 ± 0.4	1.3 ± 0.6	2	8	1.5 ± 0.4 (n = 8)

Bemerkung: N=80, n = 10 pro Gruppe, P = Placebo, Cr = Creatin, HT = hochtrainiert, NHT = nicht hochtrainiert, Erholungsintervalle sind 30, 60, 90 und 120s

Da es noch nicht vollständig erwiesen ist, ob sich Männer und Frauen bei den intramuskulären Gesamtcreatinlevel unterscheiden (es gibt Hinweise darauf, dass Frauen höhere Level relativ zum Körpergewicht aufweisen), waren die Probanden in dieser Studie ausschließlich Männer. Zusätzlich mussten die Probanden in einem Vortest am Radergometer einen Peak Power Output von mindestens 600 W erreichen. Ansonsten wurden sie von dieser Studie ausgeschlossen. Anschließend wurden die Probanden nach dem Zufallsprinzip entweder der Creatin- oder der Placebogruppe zugeteilt (n = 40, pro Gruppe). Zusätzlich wurde ihnen einer von vier Erholungsintervallen (30, 60, 90, oder 120

s, n = 10 pro Gruppe) zugewiesen. Jedem Teilnehmer wurde nur eine bestimmte Erholungsdauer zugewiesen um beim Sprint eine maximale Anstrengung zu erreichen. Vor dem Test wurde ein standardisiertes Aufwärmtraining am Radergometer mit 75 W/min für 5 Minuten durchgeführt. Beim Test hatten die Probanden die Anweisung so schnell wie möglich zu fahren bis sie ein computergesteuertes Stop-Signal vom Computer erhielten. Nach einer 20minütigen Erholungspause folgte der zweite Test. Die ersten zwei Tests wurden als Eingewöhnungstests durchgeführt, um die Probanden an die Testprozeduren zu gewöhnen. Der dritte Test erfolgte 48 Stunden später. Die durchschnittlichen Werte für Test 1, 2 und 3 unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Zwei Tage nach den Eingewöhnungstests erfolgte der eigentliche Test. Vorab wurden die Probanden gewogen und führten ein Aufwärmtraining durch. Danach absolvierten sie zwei aufeinanderfolgende Radsprints, die entweder durch 30, 60, 90 oder 120 s Erholungspause voneinander getrennt waren. Die Erholungspause begann sofort nach dem ersten Sprint. Die Probanden blieben während dieser Zeit auf dem Radergometer sitzen und konnten den Countdown bis zum nächsten Sprint mitverfolgen.

Supplementierung: Die Supplementierungsphase begann nach den Vortests. Die Probanden bekamen entweder 5g Creatin und 1 g Glucose (Creatingruppe) oder sie bekamen 6 g Glucose (Placebogruppe). An fünf aufeinanderfolgenden Tagen nahmen die Probanden das Supplement 3 x täglich in 3-4 Stundenabständen mit Wasser ein. Am Morgen nach Beendigung der Creatinsupplementation kamen die Probanden abermals zu Test. Die Prozeduren nach der Supplementation entsprachen jenen der vorhergegangenen Tests. In Abbildung 10 sind beispielhaft die Leistungskurven zweier Probanden während des ersten Tests vor der Supplementation dargestellt. Wie man sehen kann, ist die Peak Power bei beiden Probanden ähnlich (~900-940 W), aber die Fähigkeit einen hohen Prozentsatz der Peak Power zu halten, unterschied sich stark. Die prozentuelle Abfallsrate der Peak Power wird hier mit dem Grad der Ermüdung des jeweiligen Probanden gleichgesetzt werden.

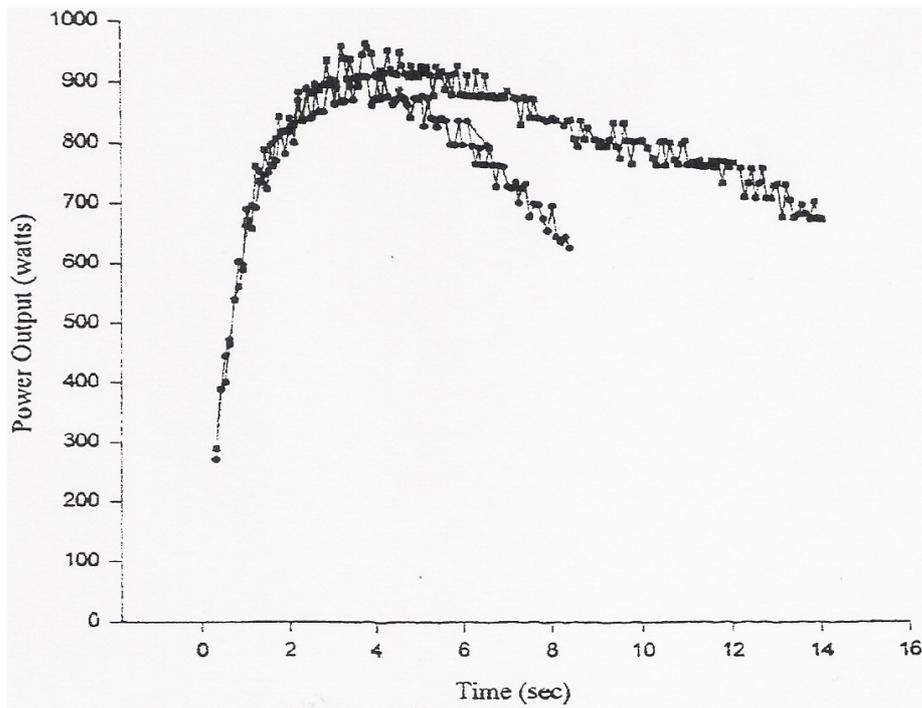


Abb. 9 Leistungskurven zweier Probanden vor der Supplementation

Ergebnisse:

Die Creatinsupplementation zeigte keinen Einfluss auf die maximale Leistungsproduktion bei der hochintensiven Anstrengung. Die Tests vor- und nach der Supplementierung unterschieden sich nicht signifikant voneinander ($p > .025$). Die Werte der Peak Power Produktion vor und nach der Supplementation sind in Tabelle 14 für die unterschiedlichen Gruppen ersichtlich.

Tab. 14 Peak Power Produktion vor und nach der Placebo/Creatin Supplementation

	Presupplementation		Postsupplementation	
	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2
P30	878.7 ± 31.4	803.8 ± 26.9*	880.1 ± 33.0	814.6 ± 31.1*
Cr30	874.5 ± 40.7	795.9 ± 35.5*	887.7 ± 44.1	811.9 ± 37.2*
P60	872.5 ± 34.4	845.5 ± 28.4*	907.1 ± 33.0	862.8 ± 27.4*
Cr60	890.4 ± 22.6	838.1 ± 20.5*	900.9 ± 26.1	860.7 ± 24.6*
P90	853.0 ± 41.0	816.6 ± 37.2*	841.4 ± 42.4	816.4 ± 35.6*
Cr90	890.7 ± 33.9	863.5 ± 34.4*	905.7 ± 32.3	878.8 ± 31.2*
P120	901.2 ± 38.8	887.4 ± 34.3	902.4 ± 48.2	882.4 ± 41.6
Cr120	884.8 ± 40.6	876.2 ± 38.0	888.5 ± 36.3	887.3 ± 32.3

Ebenfalls zeigte die Creatinsupplementation keinerlei Einfluss auf den Peak Power Output während der Belastung. Auch die Zeit bis zur Ermüdung (TTF – Time to fatigue) blieb durch die Creatinsupplementation unbeeinflusst (s. Tab. 15).

Tab. 15 Absolute Zeit bis zur Ermüdung vor und nach der Placebo/Creatin Einnahme

	Presupplementation		Postsupplementation	
	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2
P30	7.1 ± 0.32	4.9 ± 0.26*	7.3 ± 0.29	4.9 ± 0.31*
Cr30	6.9 ± 0.69	5.2 ± 0.42*	6.7 ± 0.47	5.3 ± 0.69*
P60	7.0 ± 0.57	4.5 ± 0.44*	6.3 ± 0.37	4.9 ± 0.33*
Cr60	6.6 ± 0.45	5.1 ± 0.34*	5.8 ± 0.52	4.9 ± 0.39*
P90	6.1 ± 0.50	4.7 ± 0.42*	6.0 ± 0.54	4.9 ± 0.44*
Cr90	6.9 ± 0.62	5.2 ± 0.63*	6.6 ± 0.62	5.2 ± 0.57*
P120	6.3 ± 0.78	5.5 ± 0.83*	6.2 ± 0.73	5.7 ± 0.76*
Cr120	6.3 ± 0.75	5.2 ± 0.35*	6.4 ± 0.60	5.6 ± 0.46*

Da die Wiederherstellung der Muskelkraft nach einer ermüdenden Beanspruchung mit der Creatinphosphat-Resynthese einhergeht, wurde bei dieser Studie auch das Maß der Wiederherstellung der Peak Power bei unterschiedlichen Erholungszeiten untersucht. Die Analyse vor der Supplementierung lieferte nach den drei kürzersten Erholungszeiten (30, 60, 90 s) signifikante Unterschiede der Peak Power in Test 1 im Vergleich zur Peak Power im Test 2. Die Creatinsupplementation zeigte auch hierbei keinen Einfluss auf die Wiederherstellung der Peak Power während des zweiten Tests nach 30, 60, 90 bzw. 120 s Erholungspause. Bei allen Erholungszeiten verkürzte sich die Dauer bis zur Ermüdung signifikant während des zweiten Tests im Vergleich zum ersten Test. Es zeigte sich, dass keine der Erholungszeiten für eine vollständige Erholung ausreichte (die Dauer bis zur Ermüdung stand in linearer Beziehung dazu). Die Creatinsupplementation zeigte beim zweiten Test bei keiner der Erholungszeiten einen signifikanten Einfluss auf die Dauer bis zu Ermüdung verglichen mit der Placebogruppe.

5.1.1.5 "Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation"

(Balsom et al., 1995)

Zusammenfassung:

Sieben männliche Teilnehmer führten vor und nach einer Creatinsupplementation wiederholt hochintensive Übungen am Fahrradergometer durch. Das Übungsprotokoll bestand aus 5 x 6 s andauernden Belastungen mit festgelegter Intensität und 30 s Erholungspause (Teil 1), 40 s später erfolgte eine 10 s andauernde Belastungsperiode (Teil 2) in der die Fähigkeit die Ausgangsleistung aufrechtzuerhalten evaluiert wurde. Muskelbiopsien wurden sofort nach der fünften 6s andauernden Belastung in Teil 1 und nach den 10 s in Teil 2 genommen. Nach dem 5. Übungsdurchgang in Teil 1 war die Creatinkonzentration höher und das Muskellaktat niedriger nach vs. vor der Creatinsupplementation. In Teil 2 gelang es den Probanden nach der Creatinsupplementation leichter die Ausgangsleistung über die 10 s Durchführung aufrechtzuerhalten. Infolge der Creatinsupplementation stieg die Gesamtcreatinkonzentration in Ruhe an und es erfolgte ein Gewichtszuwachs. Diese Ergebnisse zeigen, dass es infolge einer Creatinsupplementation zu einer verbesserten Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei kurzandauernden, hochintensiven Belastungen kommt. Dies steht im direkten Zusammenhang mit einer höheren Verfügbarkeit von Creatinphosphat und einer niedrigeren Anhäufung an Laktat im Muskel.

Studienbeschreibung:

Sieben sportlich aktive Männer nahmen an dieser Studie teil. Das durchschnittliche Alter lag bei 25.0 ± 1.7 Jahren. Jeder der Probanden führte, vor und nach einer 6tägigen Creatinsupplementierung, ein intermittierendes Übungsprogramm auf einem Radergometer durch. Vor dem Testbeginn absolvierten die Probanden mehrere Eingewöhnungsdurchgänge an fünf unterschiedlichen Tagen. Jedem Test ging ein standardisiertes Aufwärmtraining voraus, dieses bestand aus: 1. Fünf Minuten submaximal Rad fahren, 2. Zwei 6 s andauernde Übungsdurchgängen am Radergometer mit 140 Umdrehungen/min, mit 50% der vorbestimmten Versuchsbelastung. Das Körpergewicht wurde vor jedem Aufwärmtraining aufgezeichnet. Die Übungsdurchführung bestand aus zwei Teilen (s. Abb. 10).

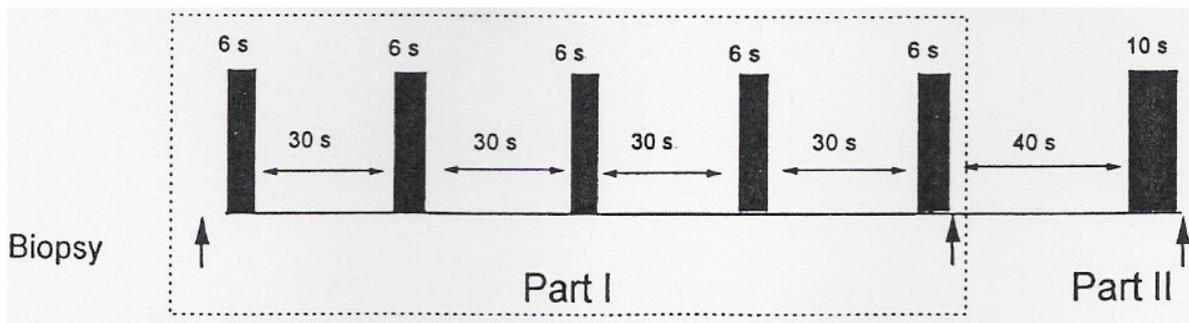


Abb. 10 Schematischer Aufbau des Übungsprotokolls

In Teil 1 führten die Probanden 5 x 6 Sekunden andauernde Durchgänge aus mit einer 30sekündigen Ruhepause. Für jede sechssekündige Durchführung bekamen die Teilnehmer die Anweisung eine Frequenz von 140 U/min aufrechtzuerhalten. Die Frequenz wurde mit einem computerverbundenen Sensor gemessen. Damit die Probanden die Frequenz aufrechterhalten konnten, gab es ein visuelles Feedbacksystem. Jede Übungsdurchführung begann mit einem stationären Start ohne Widerstand. Dann wurde ein Widerstand angelegt und die Daten wurden aufgezeichnet sobald eine Geschwindigkeit von 20 U/min unter der Sollgeschwindigkeit erreicht wurde. Diese war unter einer Sekunde erreicht. Durch ein Feedback vom Computer wurde der Hebelarm vom Schwungrad gelöst um einen Widerstand zu geben. Für Teil 1 wurde der Widerstand beim Eingewöhnungsdurchgang festgelegt. Die Kriterien die den Widerstand festlegten, waren dass jeder Proband eine größtmögliche Kraft während der 5 Durchgänge aufbrachte, aber dennoch die Soll-Geschwindigkeit für die 6 s aufrechterhalten konnte. Ziel waren es zu gewährleisten, dass während diesen fünf Übungsdurchgängen derselbe Arbeitsaufwand mit der höchstmöglichen Intensität vor und nach der Creatinphase ausgeführt wird. Der zweite Teil bestand aus einem 10sekündigen Übungsdurchgang, welcher 40s nach dem letzten 6s Durchgang aus Teil 1 durchgeführt wurde. Der Widerstand war hier um 5% höher als in Teil 1. Dabei wurden die Probanden wiederum angewiesen eine Soll-Geschwindigkeit von 140 U/min für die Dauer der Übung aufrechtzuerhalten. Ziel war es die Fähigkeit der Aufrechterhaltung der Ausgangsleistung über den letzten Abschnitt der Übungsperiode zu evaluieren.

Supplementation: Jeder der Teilnehmer bekam 4 x 5 g Creatin pro Tag über sechs Tage hinweg. Das Creatin wurde in regelmäßigen Abständen mit warmem Wasser eingenommen.

Ergebnisse für Teil 1:

Die Probanden schafften es über alle fünf 6 s Durchgänge hinweg die Soll-Geschwindigkeit zu halten. Vor und nach der Creatineinnahme wurde derselbe Arbeitsaufwand verrichtet.

Ergebnisse für Teil 2:

Während der 10sekündigen Durchführung sank die Frequenz vor der Creatinsupplementierung auf 125.9 ± 4.5 Umdrehungen/min (Endgeschwindigkeit) und nach der Supplementierung auf 132.3 ± 3.2 Umdrehungen/min. Der prozentuelle Abfall vor der Supplementierung betrug $10.1 \pm 3.2\%$ und war damit signifikant größer als der Abfall nach der Creatinsupplementierung, der bei $5.5 \pm 2.3\%$ lag ($p < 0,05$).

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die Probanden in dieser Studie infolge der Creatinsupplementation besser in der Lage waren die Ausgangsleistung während der 10sekündigen Übungsperiode aufrechtzuerhalten.

5.1.1.6 "Effect of Creatinsupplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism"

(Snow et al., 1997)

Zusammenfassung:

Die Absicht dieser Studie war es, den Einfluss einer Creatinsupplementation auf Sprintleistungen und den anaeroben Muskelstoffwechsel zu untersuchen. Acht Männer führten fünf Tage nach einer Supplementationsphase (Creatin bzw. Placebo) einen 20sekündigen Maximalsprint am Radergometer durch. Zwei Tests erfolgten im Abschnitt von vier Wochen. Die Studie wurde im Doppelblinddesign durchgeführt. Muskel- und Blutproben wurden im Ruhezustand, sofort nach der Übung und nach einer zweiminütigen Erholungspause entnommen. Es konnte zwar gezeigt werden, dass die Creatinsupplementation die Gesamtcreatinkonzentration an hob, dennoch konnte beim 20 s Sprint keinerlei Verbesserung festgestellt werden. Auch der Muskelabbau und -zuwachs, sowie die Plasmametaboliten blieben sowohl während der Übungsausführung als auch bei der Erholung unbeeinflusst. In dieser Studie konnten keine Effekte auf Übungen aus dem Bereich des Radsprints infolge einer Creatinsupplementation gezeigt werden. Außerdem kam es zu keiner Veränderung des anaeroben Muskelstoffwechsels.

Studienbeschreibung:

Acht gesunde, aktive, untrainierte Männer im Alter von 23 ± 1 Jahren nahmen an dieser Studie teil. Fünf Tage vor dem ersten Sprinttest bekamen die 4 Probanden täglich 6×5 g Creatinmonohydrat und andere vier Probanden 5 g Dextrose (Creatingruppe) oder 6×5 g Dextrose (Placebogruppe). Die Studie erfolgte im Doppelblinddesign. Dreimal täglich sollte das Supplement direkt mit der Mahlzeit aufgenommen werden und auch sonst war

eine Einnahme mit Kohlenhydraten erwünscht. Ein zweiter Sprint wurde 4 Wochen später durchgeführt.

Vor den Tests absolvierten alle Probanden eine Eingewöhnungsphase. Der Test, ein 20 s Sprint, wurde auf einem Radergometer durchgeführt, der eine Bestimmung der Peak Power, der durchschnittlichen Leistung, der Dauer bis zur Höchstleistung und des prozentuellen Leistungsabfalls ermöglichte. Den Probanden wurde angewiesen, während der Dauer des Tests so schnell wie möglich zu fahren.

Ergebnisse:

Das Körpergewicht stieg infolge der Creatinsupplementation um durchschnittlich 1 kg an (79.12 ± 3.42 vs. 80.20 ± 3.32 kg, Placebo vs. Creatin). Die Creatinsupplementation zeigte weder Einfluss auf die Peak Power noch auf die durchschnittliche Leistung. Auch die Zeit bis zur Peak Power und der prozentuellen Leistungsabfall beim 20s Sprinttest blieben unbeeinflusst (s. Abb. 12).

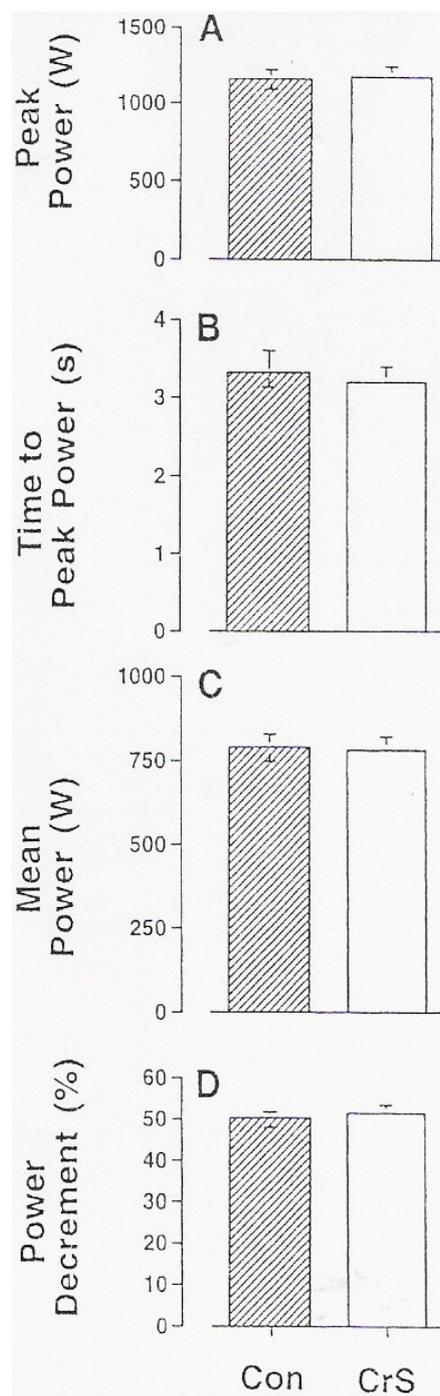


Abb. 11 A) Peak Power, B) Zeit bis zur Peak Power, C) durchschnittliche Leistung und D) % Leistungsabfall während des 20s Sprints (mit Creatin (CrS) und ohne Creatin (Con))

5.1.1.7 "The use of varying creatine regimens on sprint cycling"

(Havenetidis et al., 2003)

Zusammenfassung:

Absicht dieser Studie war es, die Effekte unterschiedlich hoher Creatingaben auf wiederholte Radsprints zu untersuchen. Es nahmen 28 aktive Personen an der Studie teil. Die Probanden wurden in eine Kontrollgruppe (n=7) und eine Versuchsgruppe (n=21) eingeteilt. Das Übungsprotokoll beinhaltete drei 30sekündige Anaerobic Wingate Tests (AWT) mit 6 Minuten Pause. Dies wurden zuerst ohne jegliche Supplementation und dann anschließend an eine Placebo- und Creatinsupplementation (unterschiedliche Ladungen: 40g, 100g und 135g über 4 Tage) durchgeführt. Bei der Kontrollgruppe konnten keine signifikanten Veränderungen der Leistung festgestellt werden. Die Versuchsgruppe zeigte eine signifikante Erhöhung des Creatingehaltes im Blut und im Urin. Hierbei zeigte die Placebogruppe keine signifikanten Veränderungen. Es zeigte sich eine durchschnittliche Verbesserung der Leistung der Creatingruppe. Eine statistisch signifikante Veränderung konnte aber nur bei 100g und 135g festgestellt werden. Die Ergebnisse konnten zeigen, dass durch eine Gabe von 100g Creatin höhere Verbesserungen der Leistung erreicht werden können als mit einer Gabe von 40g Creatin. Größere Mengen Creatin (135g) konnten jedoch keinen größeren Vorteil mehr erbringen.

Studienbeschreibung

An der Studie nahmen 28 aktive, männliche Personen in einem Alter von 29.9 ± 4.6 Jahren teil. Davon wurden 21 Personen der Versuchsgruppe (unterschiedlicher Creatingaben) und 7 der Kontrollgruppe zugeteilt. Die Probanden durften 48 Stunden vor dem Test kein Training durchführen. Die gesamte Studie dauerte 12 Wochen. Nach dem Zufallsprinzip wurden die Teilnehmer entweder einer der Versuchsgruppen oder der Kontrollgruppe zugeteilt, wobei erstere aus drei Subgruppen bestanden. In jeder der drei Subgruppen erfolgte eine unterschiedliche Creatindosierung. Die Dosierungen (in 5 g Einzeldosen) für Subgruppen 1, 2 und 3 waren 10, 25 und 35 g/Tag, dabei wurde entweder Creatin oder ein Placebo verabreicht. Die Subgruppen 1, 2 und 3 absolvierten die Tests in den Wochen 4-6, 7-9 und 10-12. Die erste, zweite und dritte Woche stellte für die Subgruppen 1, 2 und 3 die Ausgangssituation für den Creatinstand dar. Die Kontrollgruppe absolvierte die Tests in den Wochen 1-3, wobei die erste Woche die Ausgangssituation und die zweite und dritte Woche den Placebostand darstellte. Am 4. Tag und eine Stunde nach der letzten Placebosupplementation führten die Probanden

drei Anaerobe Wingate Tests (30 s) mit jeweils 6 Minuten Erholung durch. Vorab wurde ein standardisiertes Aufwärmtraining durchgeführt.

Unter denselben Bedingungen wurde eine Woche später der Test unter Verwendung von Creatin durchgeführt.

Ergebnisse:

Bei der Kontrollgruppe konnte kein signifikanter Unterschied bei den Testleistungen gezeigt werden. Dies zeigt, dass ein wiederholter 30 s Radsprint keinen signifikanten Lerneffekt hat.

Die Daten zeigen, dass es infolge der unterschiedlich hohen Creatindosierungen zu Leistungspotenzierungen kam. In Abbildung 13 wird der prozentuelle Unterschied der durchschnittlichen Leistungspotenzierung zwischen den drei Creatingruppen gezeigt.

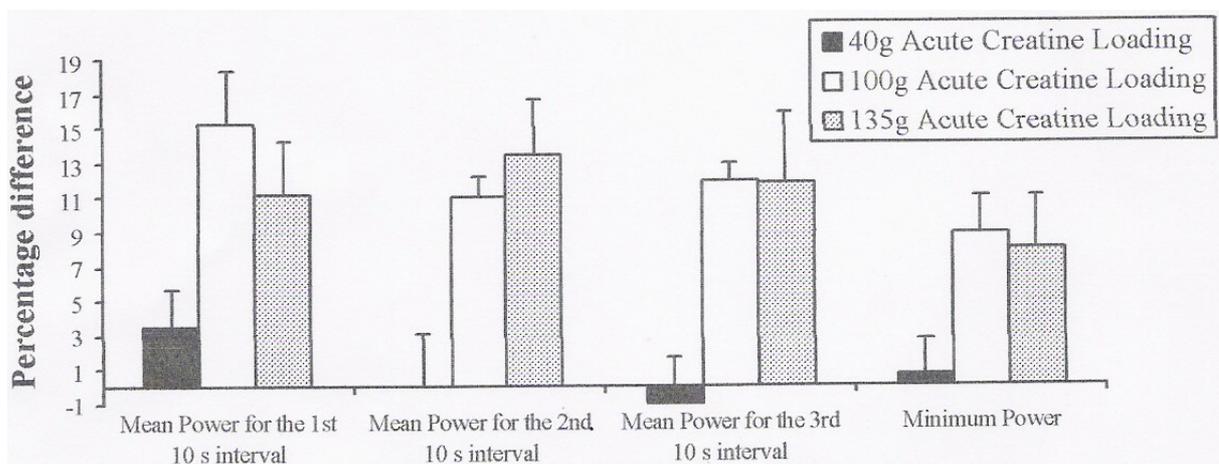


Abb. 12 Durchschnittliche Leistungspotenzierung (%) unter Verwendung drei verschiedener Creatindosierungen

In Abbildung 13-15 ist der Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe mit unterschiedlichen Dosierungen während des 30 s Sprints ersichtlich.

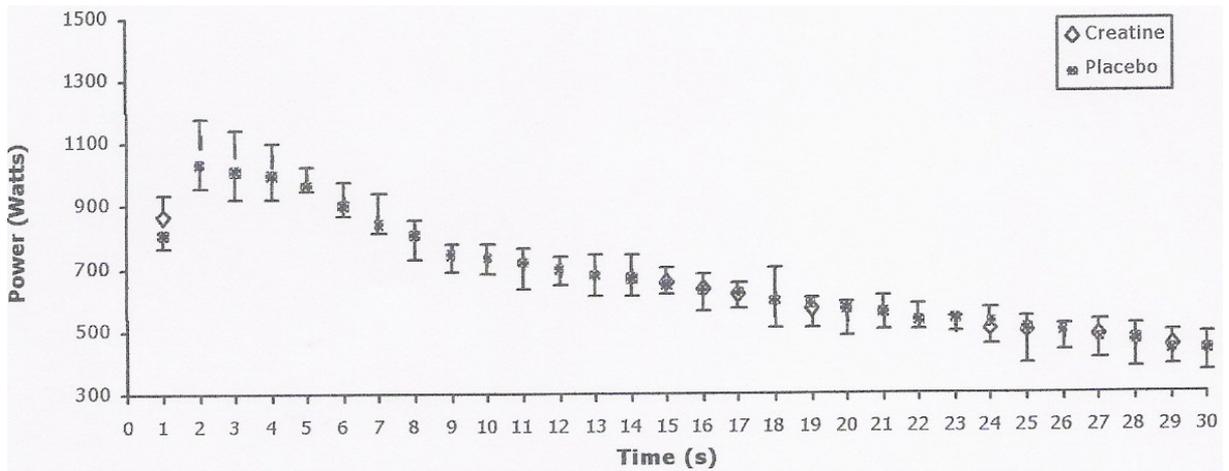


Abb. 13 Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe mit 40g Creatin

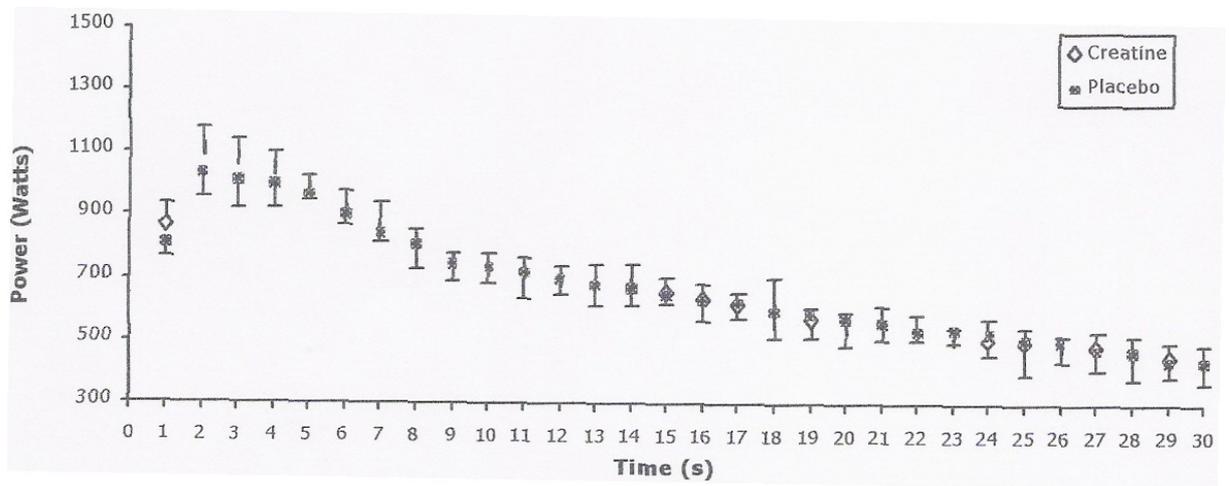


Abb. 14 Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe bei 100g Creatin

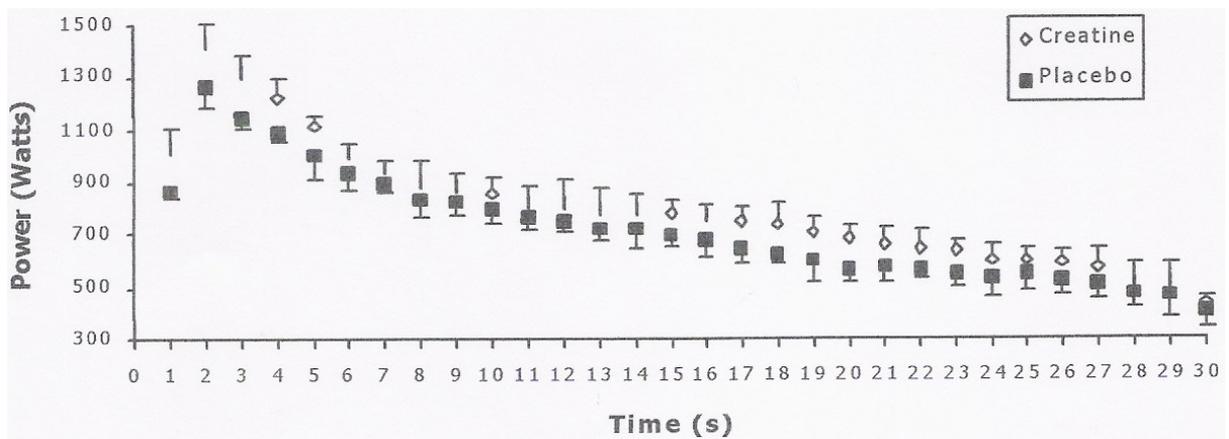


Abb. 15 Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe bei 135g Creatin

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation per se nicht unbedingt die Leistung verbessert, sondern, dass die Wirkung zu einem hohen Grad von der Dosierung abhängig ist.

5.1.1.8 "The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man"

(Birch et al., 1994)

Zusammenfassung:

In der Studie wurden die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf drei 30sekündige Durchgänge maximalen isokinetischen Radfahrens auf das Plasma-Ammoniak und die Anhäufung von Laktat während der Belastung untersucht. Eine Creatineinnahme von 4 x 5 g/Tag für 5 Tage führte zu einer signifikanten Steigerung der erbrachten Höchstleistung (peak power output, PPO) beim ersten Durchgang sowie zu einem Anstieg der durchschnittlichen erbrachten Leistung (mean power output, MPO) und der Gesamtleistung im ersten und zweiten Durchgang. Keinen signifikanten Einfluss zeigte Creatin im dritten Durchgang. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Creatinsupplementation zu einer Leistungsverbesserung bei den ersten beiden, jedoch nicht beim letzten von drei 30s anhaltenden maximalen Belastungen führt.

Studienbeschreibung:

Vierzehn männliche Probanden im Alter von 20.4 ± 0.1 Jahren nahmen an der Studie teil. Vor Beginn der Untersuchungen wurden die Probanden mit den Untersuchungsprozeduren und dem isokinetischen Radergometer vertraut gemacht. Bei der Untersuchung führten die Probanden drei Durchgänge mit maximaler Belastung und mit einer Belastungsdauer von 30 Sekunden aus. Jeder Durchgang wurde mit einer Geschwindigkeit von 80 Umdrehungen/Minute und einer passiven Erholung von vier Minuten durchgeführt. Zwei Tage nach dem ersten Test wurden die Probanden dem Zufall nach in zwei Gruppen geteilt (n =7 pro Gruppe). Die Creatingruppe erhielt 4 x 5 g Creatin täglich und die Placebogruppe die gleiche Menge Glukosepolymer. Die Untersuchung wurde im Doppelblinddesign durchgeführt. In Abbildung 16 ist die erbrachte Höchstleistung (PPO) des 1. bis 3. Durchgangs vor und nach der Placebo- und Creatineinnahme ersichtlich. Der PPO wurde in diesem Fall in den ersten 3s der Belastung ermittelt und ein sequentieller Abfall des PPOs machte sich im Verlauf der drei Durchgänge bemerkbar. In der Placebogruppe zeigte sich bei keinem der Durchgänge eine Leistungsverbesserung. Beim ersten Durchgang zeigte sich infolge der Creatinsupplementation ein 8% Anstieg des PPOs. Abbildung 16 (c-d) zeigt die

durchschnittlich erbrachte Leistung (MPO) über 30s bei jedem der Durchgänge. Gleich wie beim PPO zeigte sich auch beim MPO ein sequentieller Abfall bei den drei Durchgängen. Die Placebosupplementation zeigte keinen Einfluss auf den MPO. Jedoch nach einer Creatinsupplementation kam es zu einem 6%igen Anstieg des MPOs im ersten Durchgang.

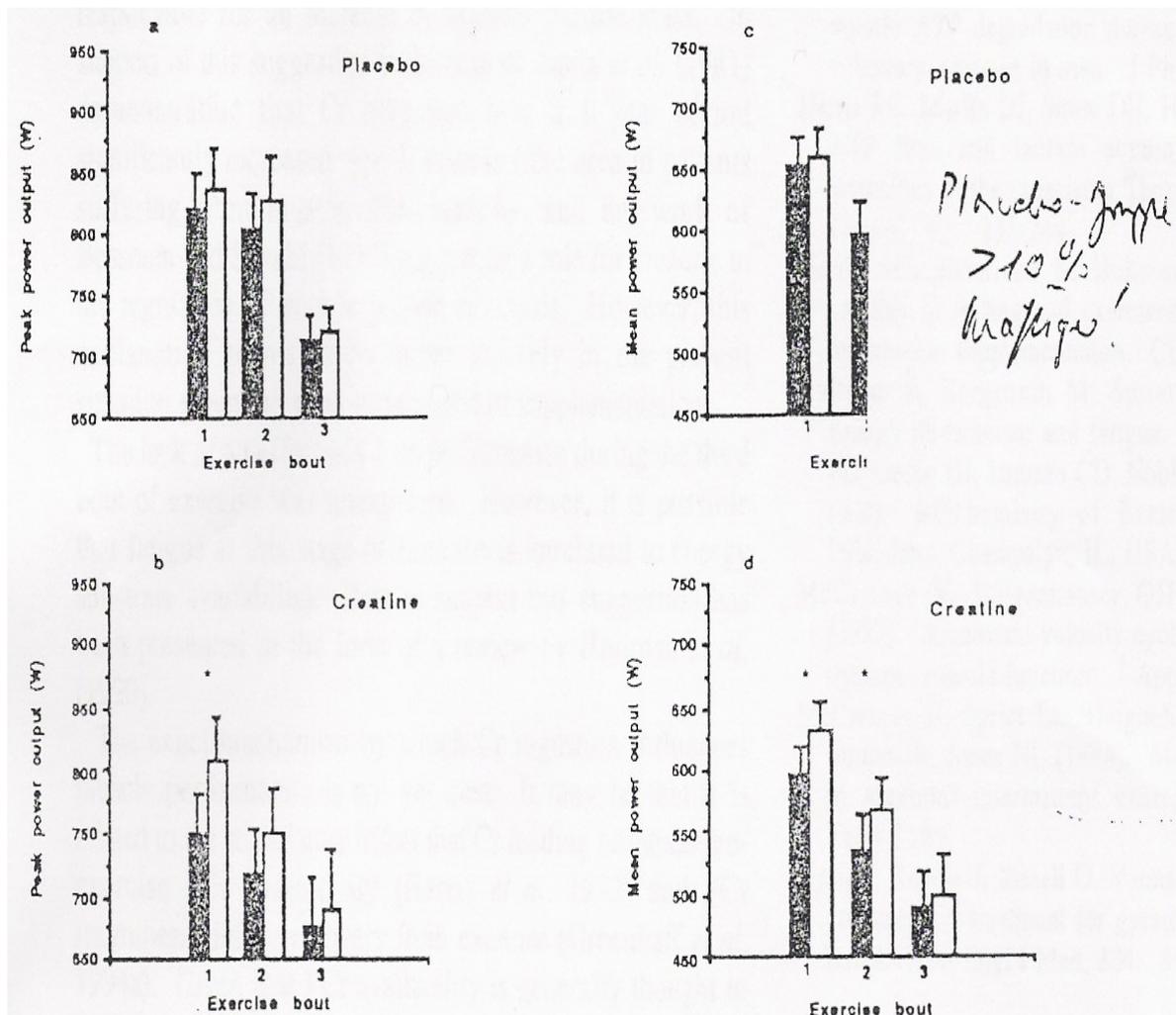


Abb. 16 Die höchsten (a-b) und die mittleren (c-d) power outputs während einer maximalen Belastung vor und nach einer Placebo- bzw. Creatineinnahme

Der Betrag der Gesamtleistung während der Durchgänge ist in Tabelle 16 ersichtlich. Im Vergleich der Beträge des 1.-3. Durchgangs vor und nach der Placeboeinnahme zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Nach der Creatineinnahme stieg die erbrachte Leistung bei allen sieben Probanden in Durchgang 1 und 2 aber nicht in Durchgang 3.

Tab. 16 Gesamtbetrag der erbrachten Leistung (J/kg Körpergewicht) während den Durchgängen

	Bout 1	Bout 2	Bout 3
Pre P	276.0 ± 10.8	252.7 ± 10.4	220.3 ± 10.2
Post P	279.5 ± 10.3	256.6 ± 9.9	224.7 ± 10.0
Pre Cr	251.9 ± 10.5	227.0 ± 11.1	207.4 ± 12.2
Post Cr	267.0 ± 10.3*	239.6 ± 11.9*	211.3 ± 13.9

Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation mit 20g/Tag über fünf Tage hinweg zu einem Leistungsanstieg bei maximaler Belastung führen kann.

5.1.1.9 "Creatine Supplementation enhances intermittent work performance"

(Prevost et al., 1997)

Zusammenfassung:

Um die Auswirkungen einer Creatinsupplementation bei hochintensiver, intermittierender Belastung zu eruieren, führten 18 Probanden 2 Sätze mit vier verschiedenen Belastungsdurchgängen bis zur Erschöpfung durch. Vor dem ersten Satz des Belastungsdurchgangs erhielten die Probanden fünf Tage hinweg ein Placebopräparat (5 g Calciumchlorid/Tag). Bei dem zweiten Satz des Belastungsdurchgangs erhielten neun Teilnehmer wiederum das Placebopräparat während andere neun Probanden ein Creatinsupplement erhielten (18.75 g Creatinmonohydrat für fünf Tage hinweg und dann 2.25 g Creatin/Tag). Die vier Belastungsübungen in jedem Satz bestanden aus Radfahren bis zur Erschöpfung mit 150% der höchsten Sauerstoffaufnahme entweder nonstop (A), oder intermittierend mit entweder 60s Belastung/120 s Pause (B), 20s Belastung/40 s Pause (C), oder 10 s Belastung/20 s Pause (D). Die Creatinsupplementation steigerte die Gesamt-Belastungszeit für alle Durchgänge signifikant. Protokoll D zeigte dabei den größten Anstieg, C stieg um 61.9%, B stieg um 1.0% und A stieg um 23.5%. Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation die Aufrechterhaltung eines Levels bei hochintensiven, intermittierenden Übungen signifikant steigert.

Studienbeschreibung:

Die primäre Absicht dieser Studie war es zu bestimmen, ob eine Creatinsupplementation einen positiven Einfluss auf wiederholte, intermittierende, maximale oder supramaximale Belastungen hat und ob es den Probanden ermöglicht eine größere Anzahl intermittierende Übungen in Folge durchzuführen. Die zweite Absicht war es festzustellen,

ob es eine spezielle intermittierende Belastungsdurchführung (hochintensiv/niedrigintensiv) gibt bei der eine Creatinsupplementation mehr Nutzen hat. Dabei wurden die benötigten Zeiten bis zur Erschöpfung und drei intermittierenden hochintensiven Belastungsdurchgängen mit unterschiedlicher Länge als Maßstab zum Vergleich der Creatingruppe mit der Placebogruppe herangezogen. An der Studie nahmen 10 Männer und 8 Frauen teil (s. Tab. 17).

Tab. 17 Charakteristika der Probanden

	PCR		CON	
	Male (n = 5)	Female (n = 4)	Male (n = 5)	Female (n = 4)
Age (years)	23 ± 1	23 ± 1	24 ± 1	24 ± 1
Weight (kg)	93 ± 25	54 ± 5	94 ± 18	58 ± 7
VO ₂ peak (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	49.8 ± 11.1	40.7 ± 8.5	42.6 ± 3.9	38.3 ± 2.5
Workload @ VO ₂ peak (W)	270 ± 60	219 ± 42	225 ± 25	194 ± 13

Die Untersuchung wurde in zwei Phasen geteilt: Initialphase (Phase 1) und Supplementierungsphase (Phase 2). In beiden Phasen wurde den Probanden eine Supplementationsform verabreicht. In Phase 1 erhielten alle Probanden ein Placebopräparat und sie unterzogen sich vier unterschiedlichen Belastungsprotokollen. Jedes der vier Belastungsprotokolle wurde an unterschiedlichen Tagen und in randomisierter Ordnung durchgeführt. In Phase 2 wurden die Probanden in zwei Gruppen geteilt, nämlich in eine Kontrollgruppe (CON) welche abermals ein Placebopräparat erhielten und eine Creatingruppe. Jede Gruppe bestand aus 5 Männern und 4 Frauen.

Das Untersuchungsprotokoll sah folgendermaßen aus (vgl. Abb. 17):

Tag 1: Start der Phase 2 Supplementation (Placebo) und ein Leistungstest mit der höchsten Arbeitsbelastung

Tag 5, 7, 9, 11: Testsessions mit entweder Protokoll A, B, C oder D

Tag 11: Ende der Phase 1

Tag 12-19: Erholungsperiode

Tag 20: Start der Phase 2 Supplementation

Tag 25, 27, 29, 31: Testsessions mit entweder Protokoll A, B, C, oder D (gleich wie bei Tag 5-11)

Tag 31: Ende der Phase 2

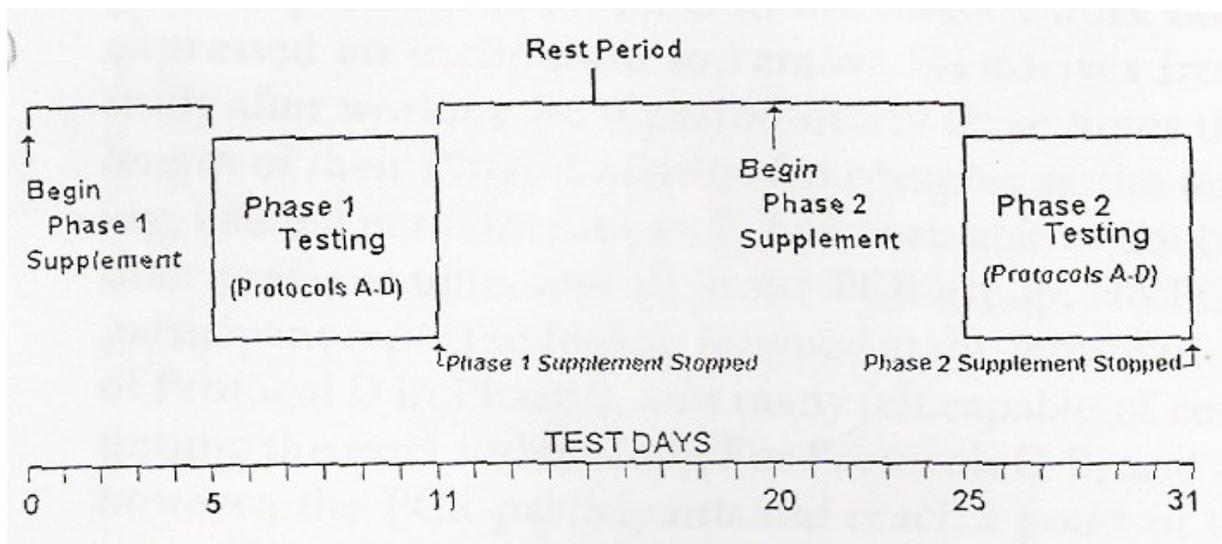


Abb. 17 Tage der Placebo- und Creatinsupplementation

Die höchste Arbeitsbelastung wurde am ersten Tag der Phase 1 bestimmt um eine standardisierte Arbeitsbelastung bei hoher Intensität für die folgende Phase 1 und 2 Belastungsdurchgänge zu erhalten. Alle Tests wurden auf einem Radergometer durchgeführt. Die Probanden begannen mit dem Test zur Ermittlung der höchsten Arbeitsbelastung unmittelbar nach dem Aufwärmen mit 100 Umdrehungen/Minute gegen eine Null-Belastung für eine Minute. Die Belastung wurde dann um 50 Watt pro Minute erhöht bis der Probanden nicht mehr fähig waren eine Frequenz von 100 Umdrehungen/Minute aufrechtzuerhalten. Die Arbeitsbelastung die bei der letzten einminütigen Etappe bei der Umdrehungszahl gehalten wurde, zog man als die höchste Arbeitsbelastung heran. Die Übungsdurchführung bestand aus vier verschiedenen Übungsprotokollen bis zur Erschöpfung. Die Placebosupplementation bestand aus 1g Calcium Chlorid fünfmal pro Tag für fünf Tage, gefolgt von 0.6 g Calcium Chlorid einmal täglich für sechs Tage. Während Phase 2 erhielten die Probanden der PCr-Gruppe 3.75 g Creatinmonohydrat fünfmal täglich (Gesamt: 18.75/Tag) für fünf Tage. Dann nahmen sie 2.25 g Creatinmonohydrat einmal täglich für sechs Tage. Keiner der Probanden wusste in welcher Testphase welches Supplement verabreicht wurde. In Phase 2 wusste auch der Testadministrator nicht welche Probanden ein Creatinsupplement erhielt.

Ergebnisse:

Die Creatinsupplementation steigerte die Zeit bis zur Erschöpfung und die Gesamtbelastungszeit unabhängig vom Belastungsprotokoll signifikant (s. Abb. 18). Die stärkste Auswirkung der Creatinsupplementation zeigte sich in Protokoll D mit einem Anstieg von mehr als 100% bei der Gesamtbelastungszeit. Die Probanden der

Kontrollgruppe zeigten hingegen keine signifikanten Veränderungen zwischen Phase 1 und 2.

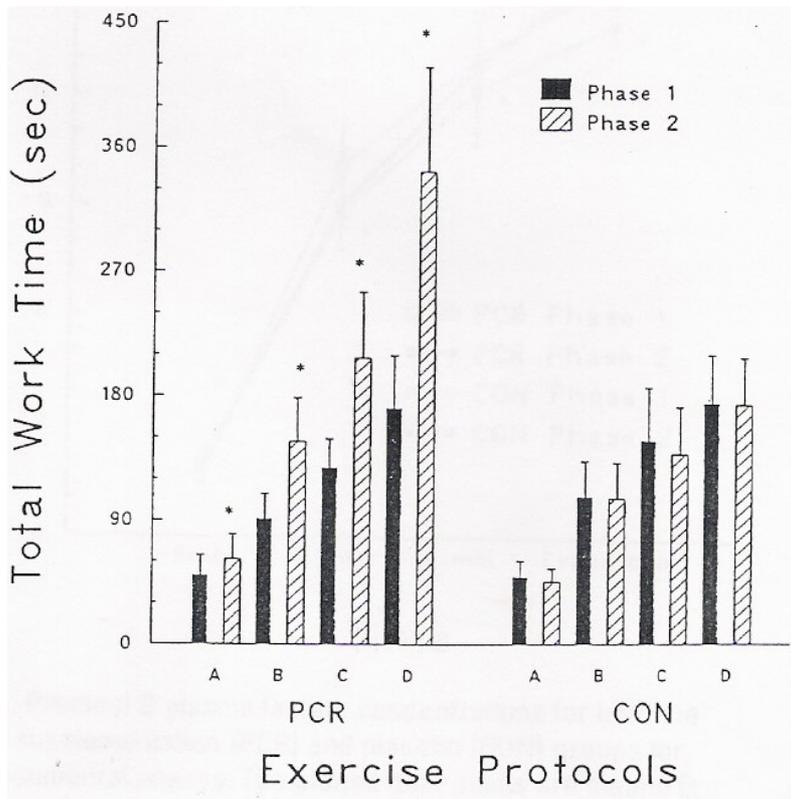


Abb. 18 Die durchschnittliche Zeit bis zu Erschöpfung der Creatin- und Placebogruppe für alle vier Protokolle während den Phasen 1 und 2

Zum Abschluss der Testphase war es der Hälfte der Probanden (n=9) möglich die vorhergegangene Zeit zu verdoppeln und bei der CreatinGruppe war dies allen Probanden möglich. Zum Abschluss des Protokoll D in Phase 2 kam es bei keinem Probanden der CreatinGruppe zu einer Erschöpfung. In Protokoll C, B und A erreichten die Probanden der CreatinGruppe eine Erschöpfung. In Protokoll C erreichten die Probanden der CreatinGruppe eine um 61,9% höhere Gesamtbelastungszeit als in Phase 1, während die Probanden der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen zwischen Phase 1 und 2 zeigten. Gleichfalls zeigten die Probanden der CreatinGruppe auch in Protokoll B einen 61%igen Anstieg der Gesamtbelastungszeit, während die Probanden der Kontrollgruppe wiederum keinen signifikanten Unterschied zwischen Phase 1 und 2 zeigten. In Protokoll A wurde die Gesamtbelastungszeit infolge der Creatinsupplementation um 23.5% verlängert, wohingegen bei der Kontrollgruppe wiederum kein Unterschied zwischen Phase 1 und 2 gezeigt werden konnte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Creatinsupplementation in dieser Untersuchung zu einer Verzögerung der Ermüdung bei hochintensiver, intermittierender Belastung führte. Dies unterstützt die These, dass eine Creatinsupplementation besonders bei Belastungen die Creatinphosphat als primäre Energiequelle nutzen eine leistungssteigernde Auswirkung hat.

5.1.1.10 "Creatine ingestion favourably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans"

(Casey, et al., 1996)

Zusammenfassung:

Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Leistung und den Muskelmetabolismus während maximalen Belastungen zu untersuchen. Neun männliche Probanden absolvierten zwei Durchgänge mit 30 s maximalem isokinetischen Radfahren vor und nach einer fünftägigen Einnahme von 20 g Creatinmonohydrat. Die gesamte Leistungsproduktion (work production) während Durchgang 1 und 2 stieg um ~4%. Außerdem zeigte sich eine positive Korrelation des kumulativen Anstiegs der Höchst- und Gesamtleistungsproduktion mit dem Anstieg an Muskelcreatin. Der kumulative Verlust an ATP war nach der Creatineinnahme um $30.7 \pm 12.2\%$ niedriger trotz eines Anstiegs der Leistungsproduktion. Das Creatinphosphat in Ruhe stieg in den Typ I und II Muskelfasern an. Die Resultate weisen darauf hin, dass Verbesserungen der Leistung mit einer verbesserten ATP-Resynthese als Konsequenz erhöhter PCr-Verfügbarkeit in TypII-Fasern zusammenhängen.

Studienbeschreibung:

Die Absicht der Studie war es die Auswirkungen eine Creatinsupplementation auf den Skelettmuskelmetabolismus und die Leistung während wiederholter Durchgänge mit maximaler Belastung festzustellen. Neun männliche Probanden in einem Alter von 27 ± 1 Jahren nahmen an der Studie teil. Beim ersten Laborbesuch erfolgte eine Eingewöhnung an die Prozeduren und an maximales, isokinetisches Radfahren. Alle Probanden wurden zu vier weitere Einheiten zum Labor zurückgeordert. Bei der ersten Einheit absolvierten die Probanden zwei Durchgänge mit 30s isokinetischem Radfahren bei maximaler Intensität. Jeder Durchgang wurde mit 80 Umdrehungen/Minute und einer vierminütigen Erholungspause ausgeführt. Ein zweiter Durchgang wurde 5 Tage später durchgeführt um die Reproduzierbarkeit der Gesamtleistungsproduktion zu bewerten. Beim dritten Besuch

wiederholten alle Probanden die zwei Wiederholungen mit maximaler Intensität nochmals. Dabei wurden Muskelbiopsieproben vom m. vastus lateralis vor und nach jeder Durchführung entnommen. Zwei Tage später nahmen die Probanden an fünf aufeinanderfolgenden Tagen 20 g Creatin/Tag ein. Am Morgen nach der letzten Creatineinnahme wurden die Probanden letztmalig ins Labor gerufen und wiederholten dort die Übungsprozeduren. Dabei erhielt man die Messergebnisse der Durchschnittsleistungsproduktion pro Umdrehung und die Gesamtleistungsproduktion. Die Höchstleistungsproduktion wurde innerhalb 1.8 ± 0.2 s der Übung aufgenommen (s. Abb. 19, A). Nach der Creatineinnahme zeigten sieben von neun Probanden eine Verbesserung der Höchstleistungsproduktion in Durchgang 1 und 2, aber es konnte keine statistische Signifikanz gezeigt werden (4 ± 2.0 und $3.8 \pm 1.7\%$). Abbildung 19 (B) zeigt die Gesamtleistungsproduktion während Durchgang 1 und 2 vor und nach der Creatineinnahme. Nach der Creatineinnahme stieg die Gesamtleistungsproduktion um 11.6 ± 3.1 J/kg Körpermasse ($4.2 \pm 1.1\%$) und 10.9 ± 2.9 J/kg Körpermasse ($4.4 \pm 1.2\%$) in Durchgang 1 und 2.

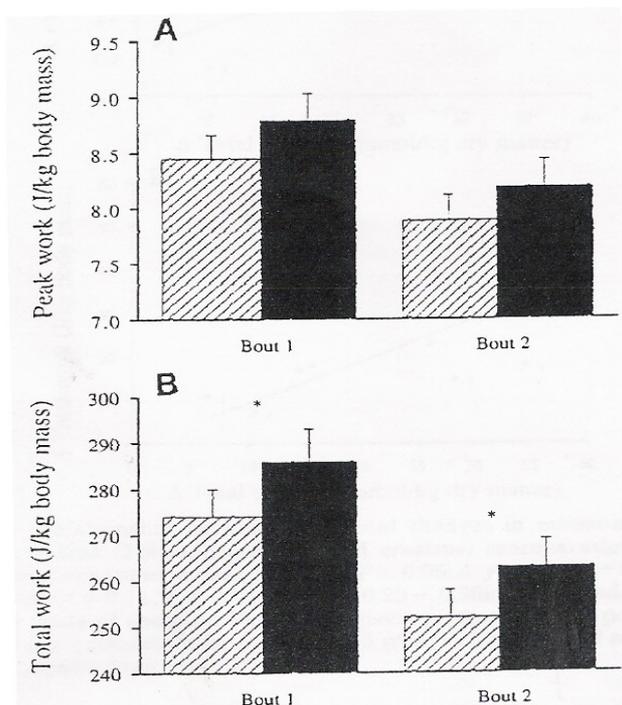


Abb. 19 Höchstleistung und Gesamtleistungsproduktion während zwei Durchgängen mit 30 s maximalem isokinetischen Radfahren

Die vorliegende Studie zeigt dass eine Creatinsupplementation die Leistung während maximaler Belastungen verbessern kann. Es konnte weiters eine 30%ige Reduktion des Verlustes an gemischtfasrigem Muskel-ATP gezeigt werden. Im Zusammenhang mit dem

beobachteten Anstieg der Gesamtleistungsproduktion kann angenommen werden, dass die ADP-Rephosphorisierung zu ATP während dem Training durch die Creatinsupplementation verbessert werden kann. Der ergogene Effekt wird daher mit dem Anstieg der ATP-Resynthese in Verbindung gebracht.

5.1.1.11 "Effect of oral creatine supplementation on muscle (PCr) and short-term maximum power output"

(Odland, et al.)

Zusammenfassung:

Absicht der Studie war es den Effekt einer Creatinsupplementation auf den 'Power Output' während eines 30sekündigen maximalen Radtests (Wingatetest) zu eruieren. Neun Probanden nahmen anschließend an eine Creatinsupplementation (CRE), Placebo (PLA) und Kontrolle (CON) an drei in randomisierten Design angeordneten Tests teil. Die Creatinsupplementation wurde an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu 20g/Tag mit einem Getränk mit Geschmack eingenommen während PLA nur aus dem Getränk bestand. Die Tests wurden 14 Tag voneinander getrennt auf einem Ergometer durchgeführt. Es konnten keine signifikanten Veränderungen bei dem höchste, mittleren 10s- und mittleren 30 s 'Power Output', prozentueller Ermüdung gefunden werden. Die Ergebnisse zeigten, dass eine dreitägige Creatinsupplementation keinen Einfluss hat auf einzelne, kurzfristige maximale Radsprints hat.

Studienbeschreibung:

Neun gesunde Männer im Alter von 22-30 Jahren nahmen an der Studie teil. Die Probanden nahmen an drei randomisiert angeordneten Testsessions teil [Creatinsupplementation (CRE), Placebo (PLA) und Kontrolle (CON)]. Bei CRE wurde drei Tage hinweg täglich 20g Creatin mit einem flavorisiertem Getränk eingenommen. CRE und PLA wurden im Doppelblind-Design durchgeführt, wobei PLA alleinig aus einem flavorisierten Getränk bestand. Bei PLA und CRE wurde die letzte 300ml Getränkeportion zwei Stunden vor Ankunft im Labor eingenommen. Bei jeder Durchführung wurde vom m. vastus lateralis eine Muskelprobe vor dem Training entnommen. Das Training bestand aus einem einzelnen 30sekündigen 'Wingate anaerobic test' auf einem Radergometer mit einer Belastung von 0.075 kg/kg Körpergewicht. Die Probanden versuchten eine maximale Pedalfrequenz gegen den Inertial-Widerstand des Ergometers zu erreichen und innerhalb 2s wurde die volle Belastung zugefügt und der Umdrehungszähler wurde aktiviert. Den Probanden wurde angewiesen während der gesamten Dauer die maximale

Umdrehungszahl zu erbringen. Jede Sekunde wurde dabei der 'Power output', die Höchstleistung, die mittlere 10s Leistung, die mittlere 30s Leistung und die prozentuelle Ermüdung gemessen. Die Höchstleistung wurde in den ersten paar Sekunden erreicht, danach fiel die Leistung rasch ab (S. Abb. 20).

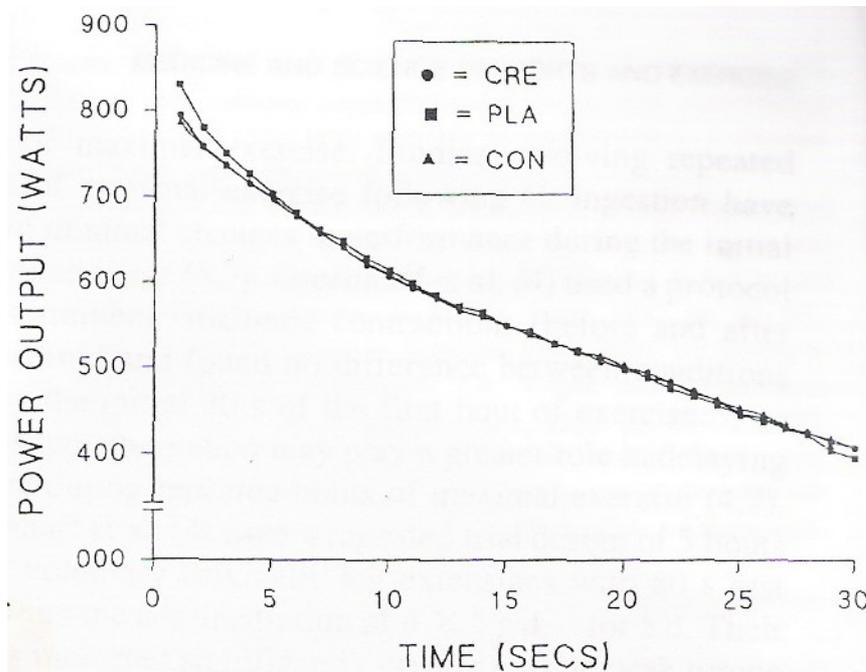


Abb. 20 Mittlerer Leistungs Output während 30s maximalen Radfahrens nach einer Creatinsupplementation (CRE), Placebo (PLA) und Kontrolle (CON)

Die 'Power outputs' blieben über die drei Tests hinweg konstant und es konnten keine Unterschiede gezeigt werden bei den aufgenommenen Übungsmessungen (s. Tab. 18)

Tab. 18 Power Output, prozentuelle Ermüdung und Blutlaktatkonzentrationen nach einer 30s Durchführung mit maximalem Radfahren für jede der drei Bedingungen

	CRE	PLA	CON
Peak power, ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	9.96 ± 0.32	10.46 ± 0.35	9.95 ± 0.44
Mean 10s power, ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	9.82 ± 0.32	9.97 ± 0.37	9.79 ± 0.40
Mean 30s power, ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	7.62 ± 0.23	7.79 ± 0.26	7.58 ± 0.27
Percent fatigue	41.47 ± 1.99	44.33 ± 2.24	40.89 ± 3.65
Blood lactate, ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)	10.19 ± 0.72	10.74 ± 0.64	10.21 ± 0.95

Die Ergebnisse zeigen, dass eine dreitägige Creatinsupplementation keinen Einfluss zeigt auf den 'Power output' während einer einzelnen 30s Durchführung bei einem maximalen Radsprint. Die biochemische Analyse zeigte, dass es zwar zu einer Steigerung des Muskel-TCr infolge der Creatineinnahme kam, diese hatte aber keinen Einfluss auf den PCr-Gehalt (s. Abb. 21)

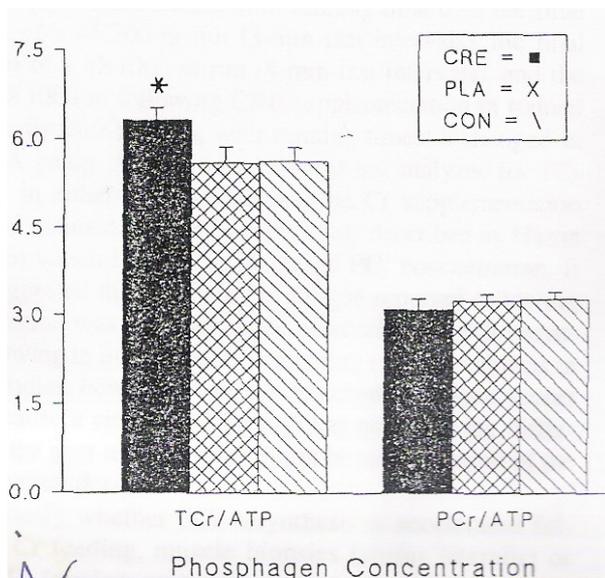


Abb. 21 Gesamtmuskelcreatin (TCr) und PCr Konzentrationen relativ zur ATP Konzentration für jede der Testbedingungen

Es konnten keine signifikanten Veränderungen infolge der Creatinsupplementation bei einzelnen kurzfristigen maximalen Radsprints gezeigt werden.

5.1.1.12 "Effects of Creatine Supplementation on Repetitive Sprint Performance and Body Composition in Competitive Swimmers"

(Grindstaff et al., 1997)

Zusammenfassung:

An dieser randomisierten Doppelblind-Studie nahmen 18 männliche und weibliche Junioren-Wettkampfschwimmer teil. Diese nahmen zusätzlich zur normalen Ernährung über einen Zeitraum von 9 Tagen täglich entweder 21 g Creatinmonohydrat oder ein Placebopräparat mit Maltodextrin ein. Bevor sie mit der Supplementierung begannen, absolvierten die Probanden 3 x 100 m Freestyle-Sprints (Schwimmen) mit einer 60sekündigen Erholungspause zwischen den Sprints. Es konnten in dieser Studie signifikante Unterschiede zwischen den Schwimmzeiten gezeigt werden. Probanden, die Creatin einnahmen, schwammen in Sprint 1 und 2 signifikant schneller als diejenige, die ein Placebopräparat erhielten. Auch die addierten Zeiten für alle drei 100 m Schwimmsprints konnten in der CreatinGruppe verbessert werden. Diese Studie lässt darauf schließen, dass eine 9tägige Creatinsupplementation einen ergogenen Effekt auf wiederholte Schwimm-Sprints hat.

Studienbeschreibung:

An dieser Studie nahmen 7 männliche und 11 weibliche Wettkampfschwimmer teil. Die Teilnehmer waren in einem Alter von 15.3 ± 0.6 Jahren und wogen 61.0 ± 4 kg. Die wöchentliche Trainingszeit lag bei 20.5 ± 2 Stunden. In einer Eingewöhnungsphase wurden die Probanden mit den Tests vertraut gemacht. Die Probanden wurden sowohl vor als auch nach der Creatinsupplementation getestet. An jedem Testtag nahmen die Teilnehmer an zwei Testeinheiten teil. Die Teilnehmer bekamen die Anweisung vier Stunden vor den Tests nichts zu Essen und keinen Sport durchzuführen. Es wurde vorab eine Gewichtsmessung, sowie eine Bestimmung der Hautfaltendicke und des Körperwassers durchgeführt. Vor dem ersten Test erfolgte ein 30minütiges Aufwärmtraining (1600 m, unterschiedliche Schwimmstile). Nach einer 5minütigen Pause absolvierten die Probanden 3 x 100 m Freestyle Schwimmsprints mit jeweils 60 s passiver Erholung. Die Sprints wurden einer Wettkampfsituation angepasst, bei der die Probanden am Startpodest begannen. Die Teilnehmer bekamen die Anweisungen, jeden der Sprints mit maximaler Anstrengung zu absolvieren. Beim zweiten Test führten die Teilnehmer 2 x 20 s anaerobe Schwimmsprints auf einem computergesteuerten Armergometer mit 60 s passiver Erholung zwischen den Tests durch. Dieser Test wurde auf einer geneigten Bank mit einer auf das Körpergewicht standardisierten Arbeitsbelastung durchgeführt (Männer: 2.8 J/kg/Umdrehung, Frauen 2.1 J/kg/Umdrehung). Die Versuchspersonen wurden auf der Bank so fixiert, dass keine Bewegung der unteren Extremitäten zugelassen wurde.

Studiendesign: Die Probanden wurden paarweise aufeinander abgestimmt in zwei Gruppen geteilt (nach Geschlecht, Körpergewicht, Trainingsausmaß und 100m Sprintzeiten des Vortests). Die Studie erfolgte in einem randomisierten Doppelblinddesign. Jeder der Teilnehmer erhielt über 9 Tage hinweg täglich entweder 21 g Creatinmonohydrat und 4.2 g Maltodextrin oder ein Placebopräparat mit 25.2 g Maltodextrin. Den Teilnehmern wurde angewiesen das Pulver 3 x täglich zu den Mahlzeiten mit 0.5 l Wasser oder Saft einzunehmen. Keiner der Teilnehmer hatte vorab jemals Creatin eingenommen. Die Probanden sollten während der Studiendauer ihre normalen Ernährungs- und Trainingsgewohnheiten beibehalten. Die Arbeitsbelastung am Armergometer begann mit 15 W und wurde alle 60 s um 15 W gesteigert. Die Probanden mussten dabei eine Frequenz von 69 Umdrehungen/min durchhalten.

Ergebnisse:

Es kam zu keinen Beschwerden während oder nach der Creatinsupplementation. Die individuellen Leistungen für die 50 m und 100 m Distanzen vor und nach der Creatinsupplementation sind in Abbildung 22 dargestellt. Post hoc Analysen ergaben, dass es beim Vortest im ersten Durchgang keine signifikanten Unterschiede zwischen

Creatin- und Placebogruppe bei den 50m und 100m Zeiten gab (mittlere Differenz von 0.3 s und 0.43 s). Nach der Creatinsupplementation waren die 50m und 100m Schwimmzeiten bei der Creatingruppe signifikant besser als bei der Placebogruppe (0.6 s und 1.57 s).

Beim zweiten Durchgang schwamm die Creatingruppe beim 50m und 100m Schwimmsprint bereits vor der Creatinsupplementation signifikant schneller als die Placebogruppe (0.86 s und 1.88 s). Nach der Creatinsupplementation verbesserten sich die 100m Zeiten bei der Creatingruppe (-0.93 s) signifikant, wohingegen sich bei der Placebogruppe (-0.4 s) kein signifikanter Unterschied zeigte. Nach der Supplementationsphase war der zeitliche Unterschied zwischen Placebogruppe und Creatingruppe noch größer als vor der Supplementation (Unterschied von 1.2 s und 2.41 s beim 50 m und 100 m Sprint). Beim dritten Durchgang wurden keine signifikanten Unterschiede beim 50m und 100m Sprint zwischen den Zeiten vor und nach der Creatinsupplementation festgestellt. Eine Analyse der addierten Zeiten der 3 x 100 m Sprints zeigte ebenfalls verbesserte Leistungen bei der Creatingruppe (Vorher/Nachher: Placebo: $203.7 \pm 8 \rightarrow 204.1 \pm 9$, Creatin: $198.7 \pm 9 \rightarrow 197.1 \pm 8$, $p = .057$). Abbildung 23 zeigt die Ergebnisse der Gesamtleistung und der Peak Power für jeden der 20s Armergometer-Sprinttests. Die Analysen für die einzelnen Sprints ergaben, dass die Leistungsveränderungen in der Creatingruppe signifikant größer waren. Kein signifikanter Unterschied wurde hingegen in Sprint 2 und Sprint 3 festgestellt. In Prozenten ausgedrückt stieg die Leistung bei der Creatingruppe bei Sprint 1 um $8.8 \pm 3\%$, bei Sprint 2 um $4.7 \pm 3\%$ und bei Sprint 3 um $1.5 \pm 2\%$. Bei der Placebogruppe veränderte sich die Leistung bei Sprint 1 um $1.0 \pm 3\%$, bei Sprint 2 um $-1.6 \pm 5\%$ und bei Sprint 3 um $1.0 \pm 4\%$. Dies macht eine Gesamtveränderung von $5.0 \pm 3\%$ bei der Creatingruppe, verglichen mit $0.1 \pm 3\%$ bei der Placebogruppe.

Group/ gender	Heat 1				Heat 2				Heat 3			
	50 m		100 m		50 m		100 m		50 m		100 m	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>Placebo</i>												
Female	34.10	33.80	67.51	68.10	34.36	34.56	68.10	68.90	34.40	33.25	68.70	68.57
Female	31.48	32.87	64.38	66.25	33.36	34.03	70.17	66.52	33.87	34.39	67.86	69.00
Female	32.67	33.31	68.26	68.59	33.76	34.79	69.57	79.70	33.72	34.63	69.21	70.40
Female	34.14	34.04	69.29	69.84	34.73	34.17	69.82	69.65	34.53	33.81	69.54	68.97
Female	33.58	33.91	70.47	70.89	35.19	35.80	73.02	74.29	35.96	36.14	74.07	75.03
Male	30.79	31.51	62.00	64.70	33.75	33.20	70.34	68.58	36.38	35.04	74.14	72.00
Male	30.75	31.25	62.63	63.38	34.12	32.95	70.17	66.52	33.87	34.39	67.86	69.00
Male	31.19	31.30	66.26	64.69	32.11	32.22	67.13	66.36	32.56	32.80	67.85	67.67
Male	28.63	29.33	59.49	60.61	30.86	31.29	63.56	63.05	31.19	31.97	64.02	64.20
Mean	31.93	32.37§	65.48	66.34§	33.58<	33.67<	68.84<	68.44<	34.04<*	34.01<	69.35<	69.37<*
SD	1.8	1.6	3.7	3.3	1.4	1.4	2.6	3.1	1.6	1.2	3.1	3.0
<i>Cr</i>												
Female	32.50	32.10	66.97	65.70	33.22	32.13	67.85	65.90	33.00	32.09	67.36	65.91
Female	30.35	31.31	63.51	64.22	31.62	31.38	65.38	64.34	31.25	31.58	64.84	65.24
Female	32.93	32.43	66.55	66.21	33.29	33.02	67.01	67.17	32.63	32.76	66.64	66.95
Female	31.35	31.01	64.20	63.63	31.46	31.25	64.63	64.05	31.45	31.06	64.37	63.73
Female	33.43	32.86	68.04	66.95	34.81	33.83	71.38	68.84	33.78	34.00	68.77	68.86
Female	32.72	33.49	68.77	68.14	34.93	35.23	72.32	71.14	34.98	36.23	72.89	72.99
Male	28.73	29.47	58.92	59.87	29.86	30.63	61.09	61.85	30.32	30.73	62.82	62.51
Male	31.55	31.68	65.06	65.70	32.36	32.52	66.75	66.59	32.07	32.40	66.03	66.67
Male	31.08	31.57	63.38	62.53	32.91	32.23	66.24	64.38	33.02	32.40	66.64	64.23
Mean	31.63	31.77*	65.05	64.77*	32.72*<	32.47*<	66.96* <	66.03*§<	32.50*<	32.58*<	66.71*<	66.34*<
SD	1.5	1.6	3.0	2.5	1.4	1.4	3.4	2.8	1.6	1.2	2.9	3.1

Abb. 22 Individuelle- und Gruppenleistungen (Zeiten in s) während Durchgang 1, 2 und 3 der Placebo- und Creatin-Gruppe

Bemerkung: § = signifikanter Unterschied pre vs. Post, * = signifikanter Unterschied zwischen den Creatin- und Placebogruppen, < = signifikanter Unterschied vom Durchgang

Group/ gender	Work (J)						Peak power (W)					
	Sprint 1		Sprint 2		Sprint 3		Sprint 1		Sprint 2		Sprint 3	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>Placebo</i>												
Female	4,984	4,876	4,830	4,018	4,136	4,466	263	282	267	238	266	255
Female	3,730	4,548	4,196	4,026	4,436	4,292	208	218	213	207	229	219
Female	4,138	3,958	4,058	3,816	4,084	3,760	195	197	210	194	213	212
Female	4,596	4,746	5,030	4,832	5,208	4,738	224	246	241	243	270	256
Female	4,176	4,162	3,778	4,172	3,746	4,466	207	202	189	212	210	255
Male	7,198	6,992	6,242	4,822	6,044	4,980	382	384	337	330	345	354
Male	6,172	5,942	5,242	6,788	5,870	6,730	334	307	299	351	321	374
Male	7,952	7,842	7,120	7,536	6,748	6,962	427	407	379	410	375	372
Male	9,092	9,004	8,812	8,252	8,462	8,578	490	505	525	519	473	469
Mean	5,782	5,786	5,479	5,362	5,415	5,441	289	289	274	268	271	270
SD	1,916	1,785	1,644	1,699	1,535	1,644	96	89	82	85	77	82
<i>Cr</i>												
Female	4,728	4,698	4,234	4,692	4,558	4,582	248	239	250	261	258	258
Female	4,280	5,214	4,352	4,850	4,576	4,652	204	264	225	252	235	254
Female	3,863	4,528	4,376	4,180	4,364	4,248	199	202	216	207	218	212
Female	4,842	5,898	5,064	5,568	5,524	5,332	263	294	263	291	282	290
Female	4,816	5,000	4,764	4,516	4,536	4,644	249	262	250	232	251	246
Female	3,782	3,984	3,398	3,930	3,306	3,664	200	212	191	207	182	205
Male	7,106	7,314	6,876	6,910	7,376	7,186	383	381	374	368	388	380
Male	8,020	8,158	7,530	7,900	7,178	7,138	513	502	470	512	412	469
Male	6,450	6,720	6,360	6,304	5,884	6,315	334	338	349	334	347	335
Mean	5,318*	5,724§	5,217	5,428	5,256	5,307	266*	286§	261	272	263	265
SD	1,510	1,404	1,386	1,351	1,357	1,280	76	70	69	68	68	64

Abb. 23 Individuelle- und Gruppenleistungen sowie Peak Power während den 3 x 20s Armergometer-Sprinttests für Placebo- und Creatingruppen

Bemerkung: § = signifikanter Unterschied pre vs. Post, * = signifikanter Unterschied zwischen den Creatin- und Placebogruppen

5.1.1.13 "Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers"

(Mujika, et al., 1996)

Zusammenfassung:

In dieser Studie wurden die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Leistungen im Schwimm-Sprint und auf den Energiestoffwechsel untersucht. Bei zwanzig sehr gut trainierten Schwimmern (9 weiblich, 11 männlich) wurden vor und nach einem 25, 50, und 100 m Sprint das Blutammoniak und -laktat untersucht. Dazu wurden vorab zwei Vortests in einem Abstand von 7 Tagen durchgeführt. Nach dem ersten Test wurden die Probanden nach dem Zufallsprinzip entweder der Creatin- oder Placebogruppe zugeteilt. Die Probanden erhielten 5 Tage hinweg entweder 4 x 5 g/Tag Creatinmonohydrat oder dieselbe Dosierung als Laktoseplacebo. Die Studie erfolgte im Doppelblinddesign. Es konnte kein signifikanter Leistungsunterschied bei den Sprintzeiten zwischen Creatin- und Placebogruppe festgestellt werden. Die Ammoniakkonzentrationen nahmen bei der CreatinGruppe nach der Durchführung des 50 und 100 m Tests ab. Bei der Placebogruppe sanken die Ammoniakkonzentrationen beim 50 m Test. Die Supplementation zeigte keinen Einfluss auf das Blutlaktat. Bei dieser Studie zeigte Creatin keinen positiven Einfluss auf die Sprintleistungen hochtrainierter Schwimmer.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 20 hochtrainierte Wettkampfschwimmer auf nationalem und internationalem Level teil. Davon waren 9 Probanden weiblich und 11 männlich. Die physiologischen Charakteristika der Probanden sind in Tabelle 19 ersichtlich.

Tab. 19 Charakteristiken der Probanden

	Male (N = 11)	Female (N = 9)
Age (yr)	20.5 ± 2.2	19.3 ± 2.8
Height (cm)	183 ± 6	169 ± 5
Weight (kg)	78.3 ± 6.2	62.2 ± 6.9

Die Studie erfolgte in der 35. Woche der Trainingssaison, in einer Zeit in der die Probanden sehr hohe Trainingsumfänge absolvierten. Jeder der Probanden absolvierte zwei Vortests an zwei verschiedenen Tagen (7 Tage voneinander getrennt) bei denen die Schwimmleistung festgestellt wurde. Während der Studienphase wurden die gewohnten Trainingsintensitäten und -umfänge beibehalten. Beide Vortests wurden unter denselben experimentellen Konditionen durchgeführt. Vor den Tests absolvierten die Probanden ein

600m Aufwärmtraining. Der Test bestand aus drei Schwimmsprints (25, 50 und 100m). Zwischen den Belastungen wurden 300m aktives Erholungsschwimmen und 20-25 min Erholungspause eingeplant. Bei jeder Durchführung bekamen die Probanden die Instruktion maximale Leistung zu erbringen. Die Schwimmzeiten wurden von zwei Untersuchern erfasst und die durchschnittliche Leistung wurde errechnet.

Supplementation: Nach den Basis-Untersuchungen wurden die Probanden entweder der Creatin- (n=10) oder der Placebogruppe (n=10) zugewiesen. Je nach Leistungslevel wurden die Probanden paarweise aufeinander abgestimmt. Die Studie erfolgte im Doppelblinduntersuchungsdesign. Die Creatingruppe bekam täglich 4 x 5 g Creatinmonohydrat und die Kontrollgruppe bekam selbige Dosierung als Laktoseplacebo. Die Supplementation wurde über einen Zeitraum von 5 Tagen eingenommen. Die Supplementierungsphase begann 2 Tag nach den Anfangstests und endete einen Tag vor dem zweiten Leistungstest.

Ergebnisse:

Nach der Creatineinnahme kam es zu einem signifikanten Gewichtsanstieg der Creatingruppe (von 71.7 ± 10.1 zu 72.4 ± 9.8 kg). In der Placebogruppe wurden hingegen keine signifikanten Veränderungen des Gewichts festgestellt (von 70.4 ± 11.1 zu 70.1 ± 10.6 kg). Verglichen mit den Tests vor der Supplementation und den Bestzeiten der Vorsaison absolvierten die Probanden $94.2 \pm 2.2\%$ ihrer Bestlevel. Diese Levels unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen. Die Einzel- und Gruppenleistungsergebnisse für den 25, 50, und 100m Test sowie die Gesamtzeiten sind in Tabelle 20 ersichtlich. Weder in einem der drei Schwimmdurchführungen noch in deren Summe ließ sich ein signifikanter Unterschied bei den Gruppenleistungen feststellen. Die Creatingruppe zeigte sogar eine tendenzielle Verschlechterung der 25 und 50m Zeiten (von 13.93 ± 1.78 auf 14.08 ± 1.82 s und von 30.37 ± 3.59 auf 30.78 ± 4.00 s, $p = .05$). Demnach zeigte diese Studie keine Verbesserung der Schwimm-Sprint-Leistungen infolge einer Creatinsupplementation.

Tab. 20 Individuelle- und Gruppenleistungsergebnisse vor und nach der Supplementation

Subject	Gender	Stroke	Time for 25 m (s)		Time for 50 m (s)		Time for 100 m (s)		Total Time (s)	
			Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>Creatine</i>										
1	Male	Crawl	11.67	11.72	25.78	25.47	56.18 (97.2%)	55.75	93.63	92.94
2	Male	Crawl	12.25	12.23	26.64	26.80	58.36 (99.3%)	57.27	97.25	96.30
3	Male	Crawl	12.78	12.92	27.95	27.94	60.50 (95.2%)	59.44	101.23	100.30
4	Male	Butterfly	12.14	12.18	27.24	27.29	60.00 (94.2%)	59.91	99.38	99.38
5	Male	Breastroke	13.12	13.51	30.07	30.18	66.28 (93.2%)	66.41	100.93	100.02
6	Female	Backstroke	14.35	14.36	30.70	30.97	66.97 (94.0%)	68.46	112.02	113.79
7	Female	Backstroke	14.86	15.60	31.46	32.91	68.67 (94.2%)	70.32	114.99	118.83
8	Female	Backstroke	15.58	15.82	32.48	32.88	68.82 (95.7%)	69.02	116.88	117.72
9	Female	Breastroke	15.60	15.60	34.56	35.82	75.36 (92.7%)	77.87	125.54	129.29
10	Female	Breastroke	16.91	16.89	36.86	37.49	79.82 (93.8%)	79.77	133.59	134.15
Mean			13.93	14.08	30.37	30.78	66.10 (95.0%)	66.42	110.40	111.28
SD			1.78	1.82	3.59	4.00	7.57 (2.0%)	8.33	12.88	14.05
<i>Placebo</i>										
11	Male	Crawl	12.12	12.17	26.00	26.13	55.99 (96.0%)	55.89	94.11	94.19
12	Male	Crawl	12.67	12.79	27.65	27.40	58.61 (93.0%)	59.01	98.93	99.20
13	Male	Butterfly	12.26	12.27	27.26	27.33	61.41 (94.0%)	60.42	100.93	100.02
14	Male	Butterfly	13.17	12.81	28.36	28.24	62.48 (91.9%)	63.35	104.01	104.40
15	Male	Butterfly	12.91	13.18	29.14	29.23	65.43 (91.8%)	64.78	107.48	107.19
16	Male	Breastroke	13.79	13.97	31.05	30.91	67.17 (92.4%)	67.92	112.01	112.80
17	Female	Butterfly	13.39	13.39	29.67	30.04	63.91 (94.0%)	65.32	106.97	108.75
18	Female	Backstroke	15.05	15.09	32.10	31.70	68.42 (92.1%)	67.22	115.57	114.01
19	Female	Backstroke	16.96	16.31	35.10	34.95	73.19 (98.0%)	72.70	125.25	123.96
20	Female	Breastroke	16.14	16.11	36.65	37.47	80.93 (91.3%)	80.88	133.72	134.46
Mean			13.85	13.81	30.30	30.34	65.75 (93.5%)	65.75	109.90	109.90
SD			1.66	1.52	3.46	3.58	7.26 (2.1%)	7.17	12.20	12.13

Bemerkung: Die prozentuellen Werte zeigen den Vergleich der 100m Zeiten vor der Supplementation verglichen mit der jeweiligen Bestzeit der vorhergegangenen Saison

5.1.1.14 "Effect of Creatine Supplementation on Training for Competition in Elite Swimmers"

(Peyrebrune et al., 2005)

Zusammenfassung:

Absicht dieser Studie war es die Auswirkungen von Creatin auf das Wettkampftraining von 20 Elite-Schwimmern zu untersuchen. Dazu absolvierten die Probanden einen maximalen Sprint-Test (8 x 50 yd (45.72 m)) vor der Creatinsupplementation (T1) (20 g/Tag Creatinmonohydrat für 5 Tage), eine Woche später (T2) und nach einer 22 - 27wöchigen Trainings- und Wettkampfperiode (T3). Nach T2 bekamen ein Teil der Probanden eine niedrige Creatindosis und ein anderer Teil bekam einen Placebo über eine 22 - 27wöchige Periode. Vor dem Wettkampf bekamen alle Teilnehmer nochmals über 5 Tage hinweg 20g Creatin/Tag. Die Wettkampfzeiten wurden aufgezeichnet und die Veränderungen der Bestzeit wurden für den Vergleich der Wirkung von Supplementation und Training auf die Wettkampfleistung erfasst.

Es konnten demnach keine signifikanten Unterschiede in der Leistung zwischen den Gruppen gefunden werden. Es konnten lediglich minimale Unterschiede festgestellt werden, die eventuell für Elite-Schwimmer von Bedeutung sein können.

Studienbeschreibung

Zwanzig Probanden (12 Männer, 8 Frauen) nahmen an der Studie teil. Das Alter der Teilnehmer lag bei 20 ± 1 und 20 ± 2 Jahren. Sie hatten eine Größe von 180.2 ± 11.1 und 179.1 ± 9.4 cm und ein Körpergewicht von 74.7 ± 15.2 und 73.7 ± 11.6 kg (Creatin- und Placebogruppe). Alle Teilnehmer waren in ein reguläres Training und Wettkampfprogramm mit 8 – 10 Schwimmeinheiten pro Woche involviert. Die Schwimmer hatten bereits Wettkampferfahrung und waren mit den angewandten Tests vertraut. Zu Beginn der Studie nahmen die Probanden an einem Sprint- und Ausdauerstest teil. Diesem folgte eine Periode mit Creatinsupplementation (täglich 20g Creatinmonohydrat und 20g Glucose für 5 Tage) und danach erfolgte eine Wiederholung des Sprinttests. Die Probanden wurden nach Zeit und Geschlecht entweder der Creatin-Gruppe ($n = 9$) oder der Versuchsgruppe ($n = 11$) zugeteilt. Die persönlichen Bestzeiten des vorhergegangenen Jahres für 100m Freestyle waren 52.6 ± 1.3 und 54.2 ± 1.8 s bei den Männern und 57.9 ± 1.8 und 58.5 ± 1.8 s bei den Frauen. Während der Schwimmsaison absolvierten die Probanden fünf Tests. An zwei unterschiedlichen Zeitpunkten wurden Ausdauer-Schwimmtests (5 x 200 yd) (ET) mit zunehmender Belastung durchgeführt und dreimal wurde ein maximaler Sprinttest mit 8 x 50 yd (T) ausgeführt. Diese Tests fanden vor (beide Tests ET1, T1) und nach einer 5tägigen Supplementationsperiode statt (nur der 8 x 50 yd Test, T2). Beide Tests (T3 und ET2) fanden nach einer 22 – 27wöchigen Trainingsperiode statt die mit einem Wettkampf beendet wurde. Diese Wettkämpfe fanden in einer zweiwöchigen Periode statt und vorab erfolgte eine zweite 5tägige Supplementationsperiode. Bei jedem der 8 x 50 yd Tests sollten die Probanden maximale Leistung erbringen. Zwei Tage vor den Tests war den Teilnehmern nur leichtes Training erlaubt. Vor den Tests wurde ein 25min Aufwärmtraining absolviert. Das Testprotokoll ist recht komplex, ist aber in Abbildung 24 einfach veranschaulicht.

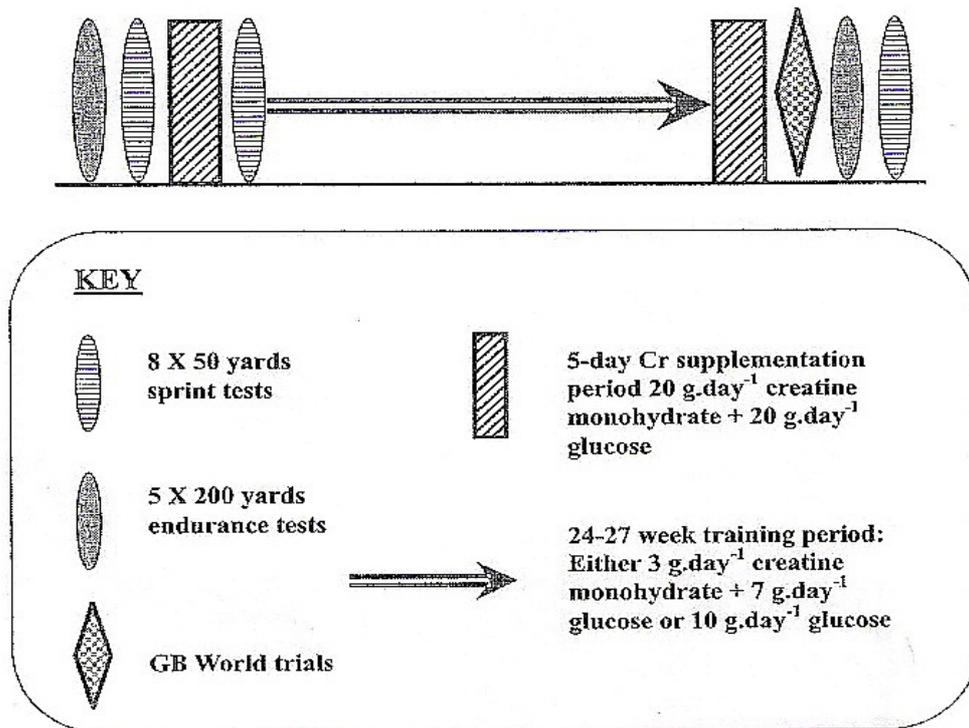


Abb. 24 schematische Illustration von Training, Wettkampf und Testprotokoll

Für die Ladephase erhielt jeder Proband 20 vorab gemischte Einheiten mit 5 g Creatin und 5 g Glukose. Dieses Pulver wurde mit heißem Wasser angemacht und 4 x täglich über 5 Tage hinweg eingenommen. Gleich nach T2 wurden die Teilnehmer entweder der Creatin- (3 g Cr + 7g Glukose/Tag - Erhaltungsphase) oder der Placebogruppe (10 g Glukose/Tag) zugewiesen. Diese Supplementierung wurde für 22-27 Wochen einmal täglich eingenommen. Eine Woche vor dem Wettkampf wurden die Probanden wieder mit 20 Einheiten (5 g Creatin und 5 g Glukose) ausgestattet. Der einzige Unterschied zwischen den Gruppen war die Erhaltungsphase in der entweder Creatin oder ein Placebo eingenommen wurde. Es gab keinen Unterschied in den Trainingsumfängen der beiden Gruppen während der 22-27wöchigen Periode.

Ergebnisse:

Die durchschnittlichen Leistungen bei den besten Wettkämpfen der Teilnehmer in den Creatin- und Placebogruppen veränderten sich um $+1.90 \pm 1.91$ und $+0.86 \pm 1.69\%$ (Kurzstrecke) und $+0.14 \pm 1.14$ und $-0.49 \pm 0.95\%$ (Langstrecke) ($p < 0.05$). In Abbildung 25 sind diese Veränderungen nochmals verbildlicht.

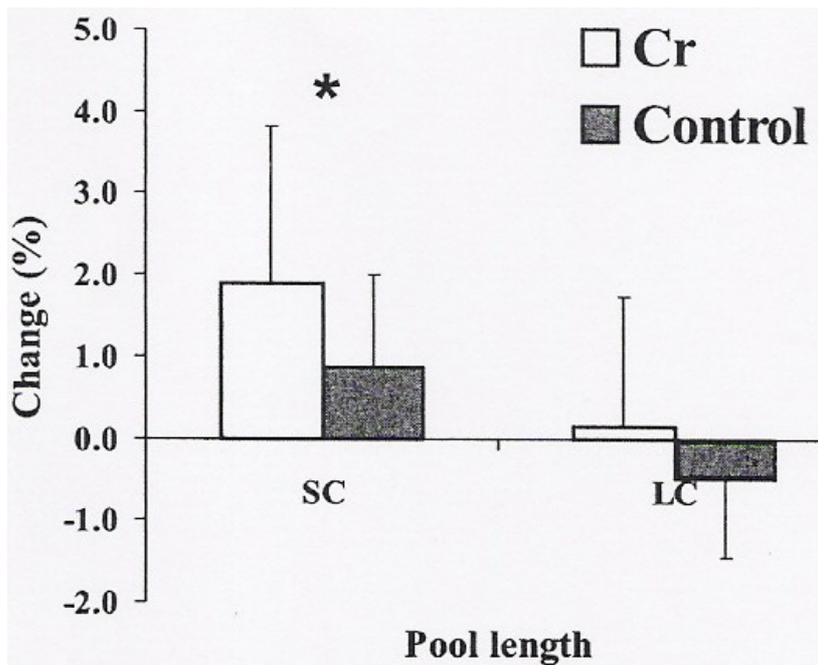
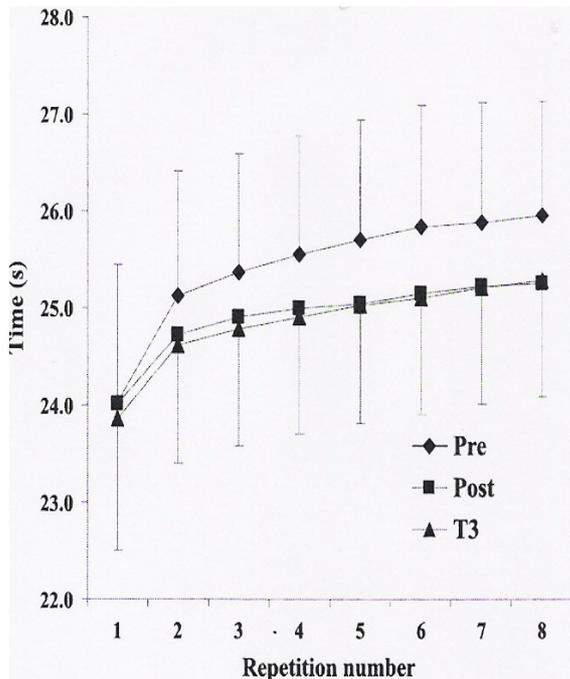


Abb. 25 Veränderungen der Wettkampfleistung in der Studie (Cr n= 9, Kontroll n=11)

Bemerkung: SC = Kurzstrecke, LC = Langstrecke

Die Zeiten für den ersten Durchgang der 8 x 50 yd Sprint-Tests waren 23.88 ± 1.68 s in T1, 23.84 ± 1.50 s in T2 und 23.70 ± 1.58 s in T3 bei der Creatin-Gruppe und 24.20 ± 1.09 , 24.22 ± 1.34 und 24.00 ± 1.20 s bei der Kontrollgruppe (s. Abb. 26). Während den wiederholten Sprinttests waren die durchschnittlichen Zeiten bei allen Teilnehmern besser (Wiederholung 1 bis 8) um $+8.1 \pm 3.1$, $+5.3 \pm 2.5$ und $+6.0 \pm 2.8\%$ in T1, T2 und T3 (T1 vs. T2 und T3, $p < 0.05$). Die Gesamtsprintzeiten waren bei allen Probanden 203 ± 9.9 s in T1 vs. 199.2 ± 9.5 s in T2 und 198.8 ± 9.6 s in T3 ($p < 0.05$). Angesichts der Schwimmzeiten wurden keine Leistungsverbesserungen bei Wiederholung 1 bis 8 während den 8 x 50 yd Tests zwischen Creatin- und Kontrollgruppe beobachtet (Cr $+8.2 \pm 2.8$, $+5.3 \pm 2.2$ und $+5.5 \pm 3.0\%$; Placebo $+8.1 \pm 3.5$, $+5.3 \pm 2.8$ und $+6.5 \pm 2.6\%$ bei T1, T2 und T3).

A:



B:

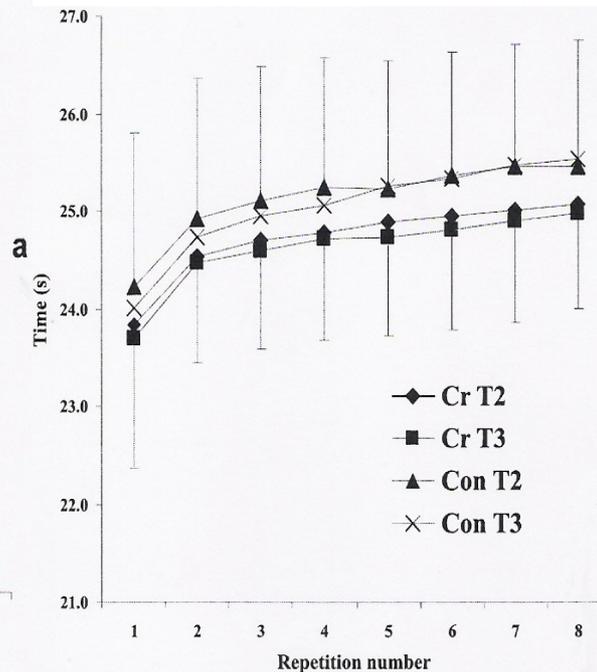


Abb. 26 A: durchschnittliche Zeiten aller Probanden bei den drei 8 x 50yd Tests

B: durchschnittliche Zeiten für Creatin und Kontrollgruppe vor vs. nach dem Training bei den 8 x 50 yd Tests

In dieser Studie führte eine 22-27wöchige niedrigdosierte, orale Creatinsupplementation (Erhaltungsdosis) weder zu signifikanten Verbesserungen bei den Wettkämpfen noch bei den wiederholten Sprinttests bei Eliteschwimmern führte.

5.1.1.15 "Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high-performance swimmers"

(Theodorou, et al., 2005)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es Schwimmleistungen (Schwimmgeschwindigkeit über wiederholte maximale Intervalle) bei Hochleistungsschwimmern vor und nach einer alleinigen Creatinsupplementation sowie einer kombinierten Creatin- und Kohlenhydratgabe (Cr + CHO) zu eruieren. Zehn Probanden wurden einer von zwei Gruppen zugeteilt (randomisierte Studie). Jeder der Schwimmer erhielt viermal täglich 5g Creatin, wobei die Cr + CHO Gruppe zusätzlich 100 g einfache Kohlenhydrate erhielt. Die Leistung wurde insgesamt fünfmal ermittelt: zweimal zu Beginn, 48 Stunden nach Beginn, sowie zwei und vier Wochen danach. Alle Probanden schwammen nach der

Supplementation schneller. Es gab aber keinen Unterschied der Leistungsverbesserung zwischen den beiden Gruppen. Außerdem kam es bis zu vier Wochen nach der Supplementation noch zu verbesserten Schwimmzeiten.

Studienbeschreibung:

Die Studie untersuchte die Hypothese, dass eine Creatinsupplementation mit Kohlenhydraten gemeinsam zu höheren Leistungsverbesserungen der Schwimmgeschwindigkeit über wiederholte maximale Intervalle führt als eine alleinige Creatinsupplementation. Zehn Hochleistungsschwimmer (6 Männer und 4 Frauen) in einem Alter von 17.8 ± 1.8 Jahren nahmen an der Studie teil. Zu fünf unterschiedlichen Terminen führten die Probanden einen Leistungstest mit wiederholten, maximalen Schwimmintervallen durch. Die ersten beiden Termine fanden vor der Supplementation statt und waren eine Woche voneinander getrennt. Die Supplementation begann 48 Stunden nach dem zweiten Basistest. Die Leistungstests wurden 48 Stunden nach Beendigung der Supplementation sowie zwei und vier Wochen später nochmals durchgeführt. Es wurden zwei verschiedene Tests mit wiederholten, maximalen Schwimmintervalle durchgeführt um eine gute Validität der Studie zu gewährleisten. Die Schwimmer wurden entsprechend ihrer Wettkampfdistanz einem Test zugeordnet. Test A umfasste zehn 50m Intervall und Test B umfasste acht 100m Intervalle. Acht Schwimmer führten Test A durch und zwei Schwimmer Test B. Nach dem Basistests wurden die zehn Schwimmer randomisiert einer von zwei gleichgroßen Gruppen [Creatin (Cr) und Creatin + Kohlenhydrate (Cr + CHO)] zugeordnet. Die Creatin Gruppe erhielt fünfmal pro Tag 5g Creatin für vier Tage und Die Creatin/Kohlenhydratgruppe erhielt zusätzlich 100g einfache Kohlenhydrate.

Ergebnisse:

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Schwimmgeschwindigkeiten bei den Basistests vor der Supplementation. Die durchschnittliche Schwimmgeschwindigkeit stieg bei allen Schwimmern nach einen der beiden Supplementationsregimen (s. Tab. 21).

Tab. 21 Individuelle mittlere Werte der Schwimmgeschwindigkeiten vor und zu unterschiedlichen Zeiten nach der Creatinsupplementation oder nach einer kombinierten Creatin- und Kohlenhydratsupplementation

Subjects	Baseline	Postloading	2 weeks	4 weeks
Creatine				
1	1.49	1.53	1.53	1.56
2	1.48	1.51	1.51	1.52
3	1.51	1.52	1.52	1.58
4	1.63	1.65	1.65	1.66
5	1.28	1.33	1.33	1.33
Mean \pm SD	1.48 \pm 0.13	1.51 \pm 0.11	1.51 \pm 0.11	1.53 \pm 0.12
Median	1.49	1.52	1.52	1.56
Creatine and carbohydrate				
1	1.65	1.66	1.65	1.67
2	1.47	1.48	1.51	1.48
3	1.59	1.62	1.64	1.64
4	1.62	1.63	1.63	1.62
5	1.56	1.58	1.60	1.61
Mean \pm SD	1.59 \pm 0.07	1.61 \pm 0.07	1.62 \pm 0.06	1.62 \pm 0.07
Median	1.59	1.62	1.63	1.62

Abbildung 27 zeigt die prozentuellen Veränderungen der durchschnittlichen Schwimmzeiten bei wiederholten maximalen Intervallen. Der Umfang des Anstiegs wurde prozentuell anhand der Basiswerte kalkuliert welche von 0.61 bis 3.91% in der Creatin Gruppe und von 0.60 bis 1.89% in der Cr + CHO Gruppe gingen. In beiden Gruppen stieg der Umfang des mittleren Prozentsatzes der Schwimmgeschwindigkeit.

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der prozentuellen Veränderung der Schwimmgeschwindigkeit von dem Basistest zwischen den beiden Gruppen, weder gleich nach der Supplementation noch beim Durchschnitt der drei Tests nach der Supplementation. Eine Wiederholung der Intervalltests zwei und vier Wochen nach der Supplementation zeigte eine anhaltende Leistungsverbesserung bei allen Schwimmer (s. Abb. 28).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Hochleistungsschwimmern keine Unterschied zwischen einer Creatinsupplementation bzw. einer Creatin- und Kohlenhydratsupplementation bei der mittleren Schwimmgeschwindigkeit bei wiederholten maximalen Intervallen gezeigt werden konnte.

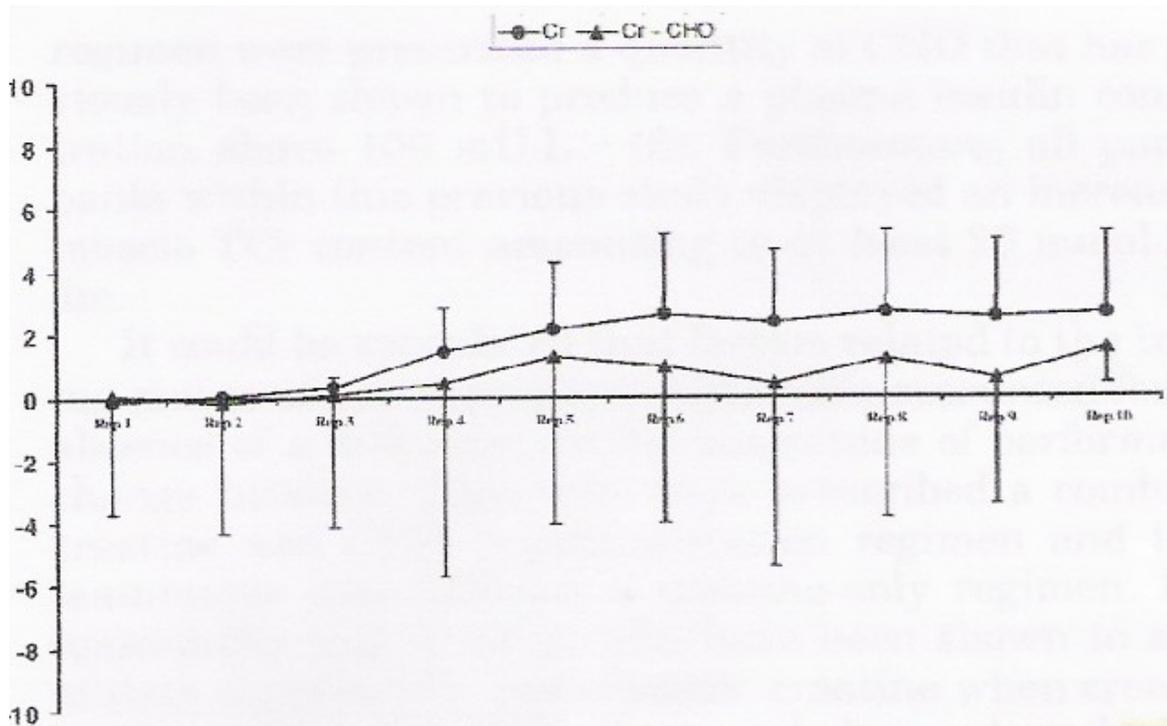


Abb. 27 Prozentuelle Veränderung der durchschnittlichen Schwimmzeiten für wiederholtes, maximales Intervallschwimmen

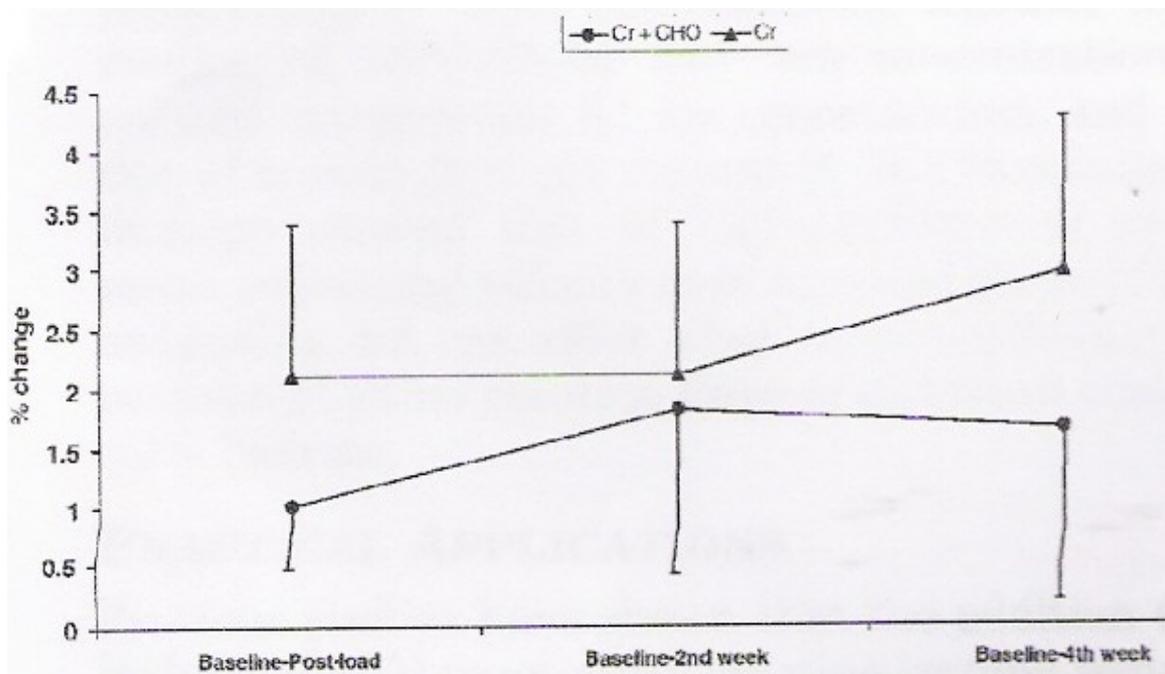


Abb. 28 Prozentuelle Veränderungen der Schwimmgeschwindigkeiten nach einer alleinigen Creatinsupplementation und nach einer kombinierten Creatin/Kohlenhydratsupplementation

5.1.1.16 "Creatine supplementation and performance in 6 consecutive 60 meter sprints"

(Javierre et al., 2004)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Leistung während 6 aufeinanderfolgender maximalen 60 m Laufsprints zu untersuchen. Dazu wurden 19 Männer randomisiert entweder einer Gruppe die ein Creatinsupplement (20g/Tag) erhielt oder einer Gruppe die ein Placebopräparat erhielt, zugeteilt. Vor und nach der Supplementation wurden Tests durchgeführt. Es kam zu einem signifikanten Anstieg des Plasmacreatins in der Creatingruppe. Am zweiten Kontrolltag nach der Creatinsupplementation waren das Expirationsvolumen, die Sauerstoffaufnahme und die CO₂-Produktion niedriger nach einer zweiminütigen aktiven Erholung. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Creatinsupplementation keine Verbesserung der Leistung bei sechs aufeinanderfolgenden 60 m Sprints hatte.

Studienbeschreibung:

In dieser Studie wurden die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Leistung bei sechs maximalen 60 m Sprints untersucht. An der Studie nahmen 19 Männer in einem Alter von 22.9 ± 3.1 Jahren teil. Die Teilnehmer wurden randomisiert entweder der Creatingruppe oder der Placebogruppe zugeteilt. Zwischen dem ersten und zweiten Kontrolltag erhielten die Probanden der Creatingruppe ein Supplement mit 100 g Creatinmonohydrat (20 g/Tag, für fünf Tage) und die Probanden der Placebogruppe erhielten ein Placebopräparat. Die Studie wurde auf einer Indoor-Laufbahn mit einer Raumtemperatur von 22-24° durchgeführt. Alle Tests wurden am Morgen, drei Stunden nach dem Frühstück, durchgeführt. Die Tests wurde zweimal mit einer Woche Pause durchgeführt. Alle Probanden führten sechs maximale 60 m Sprints mit einer zweiminütigen aktiven Pause dazwischen durch. Bei der Ankunft auf der Laufbahn wurden anthropometrische Messungen und Bioimpedanzanalysen durchgeführt. Nach einem kurzen Aufwärmtraining mit Squat Jumps (SJ) und Counter Movement Jumps (CMJ) wurden gleich anschließend die Sprint durchgeführt. Nach allen Sprints wurden SJ und CMJ auf einer Sprungplattform durchgeführt. Bei jedem Test wurde außerdem der pulmonare Gasaustausch kontinuierlich gemessen.

Ergebnisse:

Die Creatinsupplementation führte zu einem signifikanten Anstieg der Creatinkonzentration im Blut (Von 69.8 ± 12.4 auf 89.3 ± 12.4 $\mu\text{mol/L}$). Bei den anderen metabolischen Parametern und bei den Werten vom Squat Jump und Counter Movement

Jump zeigte sich bei den unterschiedlichen Tests kein Unterschied zwischen Creatin- und Placebogruppe (s. Tab 22).

Die benötigte Zeit für die sechs aufeinanderfolgenden 60 m Sprints war nach der Supplementation bei beiden Gruppen niedriger als am ersten Tag vor der Supplementation.

Die Gesamtzeit für die sechs Sprints war bei beiden Gruppen am ersten und am zweiten Tag der Studie gleich. Die maximale VO₂-Aufnahme nach dem Sprint veränderte sich bei beiden Gruppen nicht. Signifikante Unterschiede gab es bei den Ventilationsparametern nach einer zweiminütigen, aktiven Erholung in der CreatinGruppe (s. Abb. 29).

Tab. 22 Anthropometrische Werte, metabolische Parameter und Squat- und Countermovementjump Werte in der Creatin- und Placebogruppe (vor der Supplementation und danach)

	Before supplementation		After supplementation	
	Placebo Group	Creatine Group	Placebo Group	Creatine Group
Weight (kg)	74.2±3.7	69.8±8.5	74.6±3.4	69.8±8.9
Water (L)	46.7±1.9	44.5±5.3	46.7±2.5	44.7±5.5
Σ 7 skinfolds (mm)	56.4±10.3	61.1±12.9	51.1±10.1	55.1±11.9
Creatinine pre-race (μmol·L ⁻¹)	73.4±7.1	69.8±12.4	78.7±7.1	89.3±12.4*
Uric Acid pre-race (μmol·L ⁻¹)	304.4±58.3	308.2±77.3	313.6±46.4	267.7±63.7
Uric Acid post-race (μmol·L ⁻¹)	341.5±47.0	323.1±80.9	339.7±43.4	270.7±57.1
Glucose pre-race (mmol·L ⁻¹)	5.51±0.61	5.48±0.42	5.08±0.64	5.59±0.32
Glucose post-race (mmol·L ⁻¹)	7.35±1.54	7.24±1.08	6.59±1.91	6.45±0.68
Lactate post-race (mmol·L ⁻¹)	9.34±1.28	8.01±2.41	6.94±1.07	5.82±2.87
SJ pre-race (cm)	39.3±3.3	35.4±4.5	33.0±2.3	31.9±3.8
SJ post-race (cm)	40.9±3.3	35.7±6.1	35.2±4.3	33.2±3.0
CMJ pre-race (cm)	42.7±6.1	38.7±4.5	37.2±3.8	35.9±4.0
CMJ post-race (cm)	43.3±7.3	39.1±4.2	38.3±6.3	35.4±4.4

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass in dieser Studie keine signifikanten Veränderungen der Leistung während wiederholter 60 m Sprints nach der Einnahme von Creatin gezeigt werden konnte.

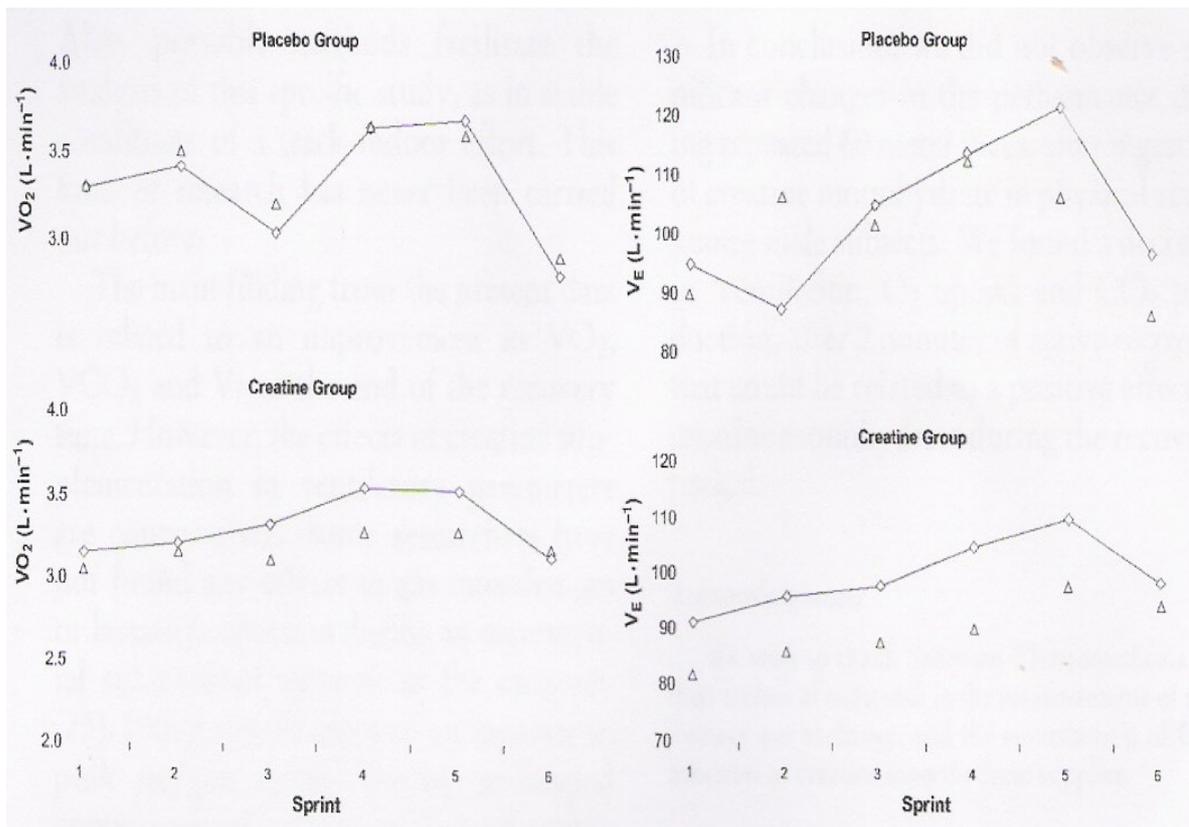


Abb. 29 Sauerstoffaufnahme (links) und Expirationsvolumen V_E (rechts) nach einer 2minütigen aktiven Erholung bei 60 m Läufen in der Creatin bzw. Placebogruppe vor und nach der Supplementation

5.2 Einfluss einer Creatinsupplementation auf längeranhaltende Belastungen (30 - 150s)

Theoretisch gesehen besteht laut Branch et al. (2003) die Möglichkeit, dass anhaltende anaerobe Leistungen durch Creatin verbessert werden können. Dies beruht zum einen darauf, dass die Glykolyse später einsetzt und zum anderen, dass es zu geringeren Laktatproduktionen kommt.

5.2.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf längeranhaltende Belastungen (30 -150 s) untersuchen

Erster Autor	Jahr	n	nc	np	sex	Alter	Dosierung/d	Dauer Einn./d	Effekt	Sportart
Febbraio	1995	6	3	3	m	23.8 ± 4.4	20 g	5	nein	R
Prevost	1997	18	9	9	m/w	23 ± 1	18.75 g	5	nein	R
Eckerson	2005	61	Cr CrP P		m/w	21 ± 3	20 g	6	ja	R
Eckerson	2008	32	17	15	m	21 ± 2	5 g	30	nein	R
Grindstaff P.	1997	18	9	9	m, w	15.3 ± 0.6	21 g	9	ja	S
Mujika I.	1996	20	10	10	m, w	m: 20.5 ± 2.2 w: 19.3 ± 2.8	20 g	5	nein	S
Theodorou	2005	10	CR:5 CHO:5		m, w	17.8 ± 1.8	25 g	4	ja	S
Bosco	1997	14	7	7	m	20.8 ± 0.7	4 x 5 g	5	ja	L
Terrillion	1997	12	6	6	m	21.0 ± 2.4	20 g	5	nein	L

R = Rad, L = Lauf, S = Schwimmen

5.2.1.1 "Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans"

(Febbraio et al., 1995)

Zusammenfassung:

Die Studie untersuchte die Auswirkungen einer fünftägigen Creatinsupplementation mit anschließender 28tägiger 'wash out'- Periode auf den Metabolismus, die Leistung und den intramuskulären Gesamtcreatinspeicher. Sechs Männer führten vier Belastungstests durch wobei jeder Test aus vier einminütigen Durchgängen am Radergometer und einer Minute Pause bestand. Anschließend folgte ein fünfter Durchgang der bis zur Erschöpfung führte. Alle Durchgänge wurden mit einer Arbeitsbelastung von etwa 115-125% VO_{2max} durchgeführt. Nach drei Eingewöhnungstests wurde ein Test nach einer

Creatinsupplementation durchgeführt. Der nächste Test wurde 28 Tage nach der Creatinsupplementation durchgeführt, wobei in den letzten fünf Tagen ein Placebopräparat verabreicht wurde. Zwar zeigte sich in dieser Studie ein deutlicher Anstieg der TCr-Konzentration, jedoch hatte dies keinen Einfluss auf die Leistung. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die TCr-Levels innerhalb 28 Tage nach der Creatinsupplementation wieder auf das Ausgangsniveau zurückgingen.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 6 aktive Männer im Alter von 23.8 ± 4.4 Jahren teil. Bei einem ansteigenden Radergometertest der bis zur Erschöpfung führte, wurde die maximale Sauerstoffaufnahme bestimmt. Es wurden drei Eingewöhnungstests durchgeführt. Die Tests beinhalteten vier einminütige Übungsdurchgänge mit einer Arbeitsbelastung von 125% der VO_{2max} und einer einminütigen Pause, gefolgt von einem fünften Durchgang der bis zur Erschöpfung führte. Eine weitere Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer 28tägigen supplementierungsfreien Periode anschließend an die Creatineinnahme zu untersuchen. Daher wurde ein Single-Blind-Protokoll an die Studie angeschlossen. Die Probanden begannen mit der Einnahme fünf Tage vor dem Creatintest (CREAT) und Placebotest (CON). Den Probanden wurde entweder ein Creatinsupplement oder ein Placebosupplement verabreicht. Sie bekamen 5 g Creatin oder ein Glukosepolymer vier Mal am Tag an fünf aufeinanderfolgenden Tagen. Die Eingewöhnungstests waren notwendig um jeglichen Lerneffekt auszuschließen. Zwei Wochen nach dem letzten Eingewöhnungstest (FAM 3) unterzogen sich die Probanden dem Creatintest und 28 Tage später dem Placebotest. Es zeigten sich keine Veränderungen in der Zeit bis zur Erschöpfung beim zweiten Eingewöhnungstest verglichen mit dem dritten Test (82 ± 16 vs. 71 ± 15 s). Daher kann ein Lerneffekt ausgeschlossen werden. Um die TCr-Werte zu eruiieren wurden Muskelbiopsien-Proben vom m. vastus lateralis genommen.

Ergebnisse:

Es konnte nach der 5tägigen Creatinsupplementation (CREAT) ein Anstieg der intramuskulären TCr-Konzentrationen beobachtet werden verglichen mit dem dritten Eingewöhnungstest und nach der 28tägigen supplementierungsfreien Periode (CON) (s. Abb. 30).

Es konnten keine Unterschiede in der Zeit bis zur Erschöpfung festgestellt werden im Vergleich von CREAT mit FAM3 und CON (s. Abb. 31). Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation zwar zu einem Anstieg der intramuskulären TCr-Konzentration führte, jedoch konnte keine ergogene Auswirkung bei wiederholten Übungsdurchgängen mit einer Dauer von 60 Sekunden gezeigt werden.

Weiters konnte kein Unterschied der TCr-Konzentration im Vergleich von FAM3 mit CON (s. Abb. 30) nachgewiesen werden, was darauf hinweist, dass 28 Tage ohne Creatinsupplementation ausreichend sind damit die TCr-Konzentrationen wieder die Ausgangswerte erreichen. Trotz einer höheren Verfügbarkeit an PCr am Beginn des letzten Übungsdurchgangs, konnte die Leistung nicht verbessert werden. Es konnte in diesem Fall gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation die Leistung nicht steigert wenn ein signifikanter Anteil der Energie vom aeroben Metabolismus stammt.

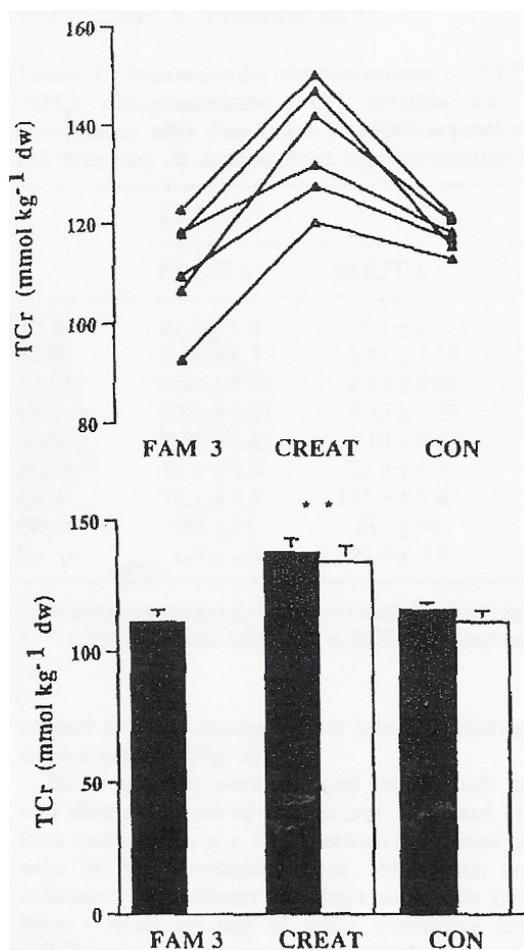


Abb. 30 Individueller intramuskulärer TCr vor (FAM 3), nach einer 5tägigen Creatinsupplementation (CREAT) und nach einer 28tägigen Periode ohne Supplementation (CON)

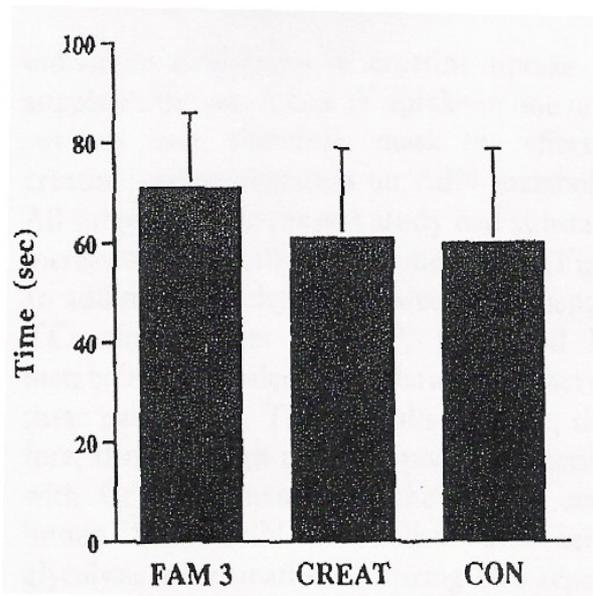


Abb. 31 Zeit bis zur Erschöpfung vor (FAM 3), nach einer 5tägigen Creatinsupplementation (CREAT) und nach einer 28tägigen supplementationsfreien Periode (CON)

5.2.1.2 "Creatine Supplementation enhances intermittent work performance"

(Prevost et al., 1997)

Zusammenfassung:

Um die Auswirkungen einer Creatinsupplementation bei hochintensiven, intermittierenden Belastungen zu eruieren, führten 18 Probanden zwei Sätze mit vier verschiedenen Belastungsdurchgängen bis zur Erschöpfung durch. Vor dem ersten Satz des Belastungsdurchgangs erhielten die Probanden fünf Tage hinweg ein Placebopräparat (5 g Calciumchlorid/Tag). Bei dem zweiten Satz des Belastungsdurchgangs erhielten neun Teilnehmer wiederum das Placebopräparat während andere neun Probanden ein Creatinsupplement erhielten (18.75 g Creatinmonohydrat für fünf Tage hinweg und dann 2.25 g Creatin/Tag). Die vier Belastungsdurchführungen in jedem Satz bestanden aus Radfahren bis zur Erschöpfung mit 150% der höchsten Sauerstoffaufnahme entweder nonstop (A), oder intermittierend mit entweder 60s Belastung/120 s Pause (B), 20s Belastung/40 s Pause (C), oder 10 s Belastung/20 s Pause (D). Die Creatinsupplementation steigerte die Gesamt-Belastungszeit für alle Durchgänge signifikant. Protokoll D zeigte dabei den größten Anstieg, C stieg um 61.9%, B stieg um 1.0% und A stieg um 23.5%. Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation die Aufrechterhaltung eines Levels bei hochintensiven, intermittierenden Übungen signifikant steigert.

Studienbeschreibung:

Die primäre Absicht dieser Studie war es zu bestimmen, ob eine Creatinsupplementation einen positiven Einfluss auf Leistungen mit wiederholter, intermittierender, maximaler oder supramaximaler Belastung hat und ob es den Probanden ermöglicht eine größere Anzahl intermittierende Übungen in Folge durchzuführen. Die zweite Absicht war es festzustellen, ob es eine spezielle intermittierende Belastungsdurchführung (hochintensiv/niedrigintensiv) gibt bei der eine Creatinsupplementation mehr Nutzen hat. Dabei wurde die benötigte Zeit bis zur Erschöpfung und drei intermittierenden hochintensiven Belastungsdurchgängen mit unterschiedlicher Länge als Maßstab zum Vergleich der Creatingruppe mit der Placebogruppe herangezogen. An der Studie nahmen 10 Männer und 8 Frauen teil (s. Tab. 23).

Tab. 23 Charakteristika der Probanden

	PCR		CON	
	Male (n = 5)	Female (n = 4)	Male (n = 5)	Female (n = 4)
Age (years)	23 ± 1	23 ± 1	24 ± 1	24 ± 1
Weight (kg)	93 ± 25	54 ± 5	94 ± 18	58 ± 7
VO ₂ peak (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	49.8 ± 11.1	40.7 ± 8.5	42.6 ± 3.9	38.3 ± 2.5
Workload @ VO ₂ peak (W)	270 ± 60	219 ± 42	225 ± 25	194 ± 13

Die Untersuchung wurde in zwei Phasen geteilt: Initialphase (Phase 1) und Supplementierungsphase (Phase 2). In beiden Phasen wurde den Probanden eine Supplementationsform verabreicht. In Phase 1 erhielten alle Probanden ein Placebopräparat und sie unterzogen sich vier unterschiedlichen Belastungsprotokollen. Jedes der vier Belastungsprotokolle wurde an unterschiedlichen Tagen und in randomisierter Ordnung durchgeführt. In Phase 2 wurden die Probanden in zwei Gruppen geteilt, nämlich in eine Kontrollgruppe (CON) welche abermals ein Placebopräparat erhielten und eine Creatingruppe. Jede Gruppe bestand aus 5 Männern und 4 Frauen.

Das Untersuchungsprotokoll sah folgendermaßen aus (vgl. Abb. 32):

Tag 1: Start der Phase 2 Supplementation (Placebo) und ein Leistungstest mit der höchsten Arbeitsbelastung

Tag 5, 7, 9, 11: Testsessions mit entweder Protokoll A, B, C oder D

Tag 11: Ende der Phase 1

Tag 12-19: Erholungsperiode

Tag 20: Start der Phase 2 Supplementation

Tag 25, 27, 29, 31: Testsessions mit entweder Protokoll A, B, C, oder D (gleich wie bei Tag 5-11)

Tag 31: Ende der Phase 2

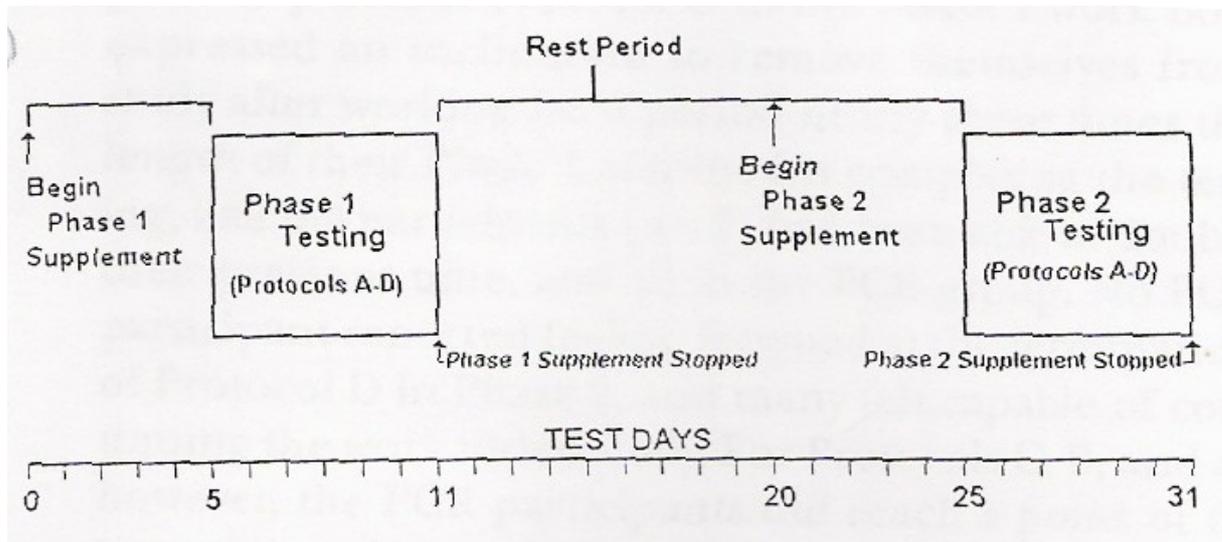


Abb. 32 Tage der Placebo- und Creatinsupplementation

Die höchste Arbeitsbelastung wurde am ersten Tag der Phase 1 bestimmt um eine standardisierte Arbeitsbelastung bei hoher Intensität für die folgende Phase 1 und 2 Belastungsdurchgänge zu erhalten. Alle Tests wurden auf einem Radergometer durchgeführt. Die Probanden begannen mit dem Test zur Ermittlung der höchsten Arbeitsbelastung unmittelbar nach dem Aufwärmen mit 100 Umdrehungen/Minute gegen eine Null-Belastung für eine Minute. Die Belastung wurde dann um 50 Watt pro Minute erhöht bis der Probanden nicht mehr fähig waren eine Frequenz von 100 Umdrehungen/Minute aufrechtzuerhalten. Die Arbeitsbelastung die bei der letzten einminütigen Etappe bei der Umdrehungszahl gehalten wurde, zog man als die höchste Arbeitsbelastung heran. Die Übungsdurchführung bestand aus vier verschiedenen Übungsprotokollen bis zur Erschöpfung. Die Placebosupplementation bestand aus 1g Calcium Chlorid fünfmal pro Tag für fünf Tage, gefolgt von 0.6 g Calcium Chlorid einmal täglich für sechs Tage. Während Phase 2 erhielten die Probanden der PCr-Gruppe 3.75 g Creatinmonohydrat fünfmal täglich (gesamt: 18.75/Tag) für fünf Tage. Dann nahmen sie 2.25 g Creatinmonohydrat einmal täglich für sechs Tage. Keiner der Probanden wusste in welcher Testphase welches Supplement verabreicht wurde. In Phase 2 wusste auch der Testadministrator nicht welche Probanden ein Creatinsupplement erhielt.

Ergebnisse:

Die Creatinsupplementation steigerte die Zeit bis zur Erschöpfung und die Gesamtbelastungszeit unabhängig vom Belastungsprotokoll signifikant (s. Abb. 33). Die stärkste Auswirkung der Creatinsupplementation zeigte sich in Protokoll D mit einem Anstieg von mehr als 100% bei der Gesamtbelastungszeit. Die Probanden der Kontrollgruppe zeigten hingegen keine signifikanten Veränderungen zwischen Phase 1 und 2.

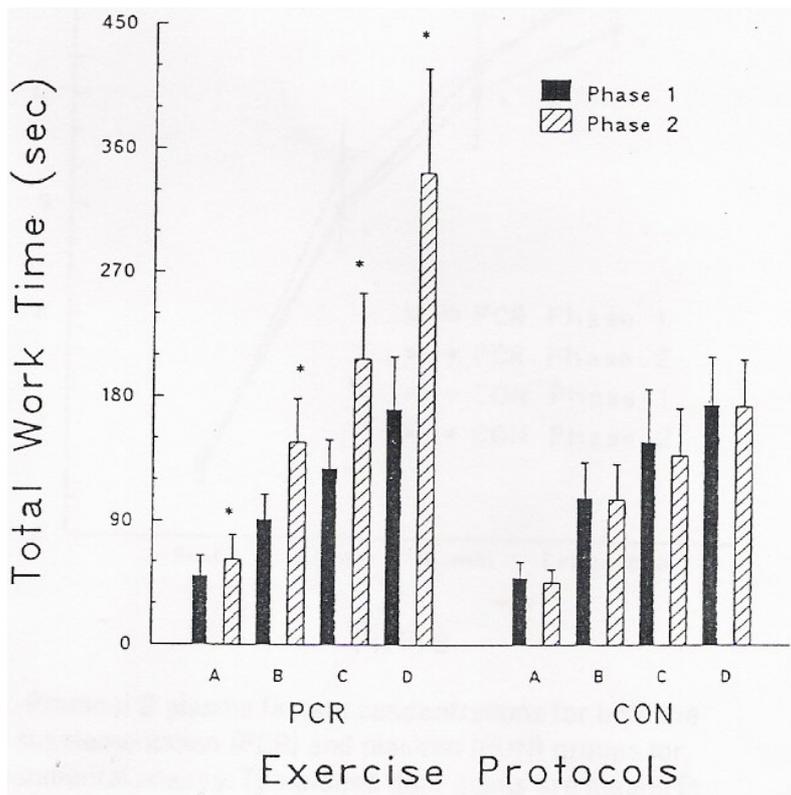


Abb. 33 Die durchschnittliche Zeit bis zu Erschöpfung der Creatin- und Placebogruppe für alle vier Protokolle während den Phasen 1 und 2

Zum Abschluss der Testphase war es der Hälfte der Probanden (n=9) möglich die vorhergegangene Zeit zu verdoppeln und bei der CreatinGruppe war dies allen Probanden möglich. Zum Abschluss des Protokoll D in Phase 2 kam es bei keinem Probanden der CreatinGruppe zu einer Erschöpfung. In Protokoll C, B und A erreichten die Probanden der CreatinGruppe einen Punkt der Erschöpfung. In Protokoll C erreichten die Probanden der CreatinGruppe eine Steigerung von 61,9% der Gesamtbelastungszeit als in Phase 1, während die Probanden der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen zwischen Phase 1 und 2 zeigten. Gleichfalls zeigten die Probanden der CreatinGruppe auch in Protokoll B einen 61%igen Anstieg der Gesamtbelastungszeit, während die Probanden der Kontrollgruppe wiederum keinen signifikanten Unterschied zwischen Phase 1 und 2 zeigten. In Protokoll A wurde die Gesamtbelastungszeit infolge der

Creatinsupplementation um 23.5% verlängert, wohingegen bei der Kontrollgruppe wiederum kein Unterschied zwischen Phase 1 und 2 gezeigt werden konnte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Creatinsupplementation in dieser Studie zu einer Verzögerung der Ermüdung bei hochintensiver, intermittierender Belastung führte. Dies unterstützt die These, dass eine Creatinsupplementation besonders bei Belastungen die Creatinphosphat als primäre Energiequelle nutzen eine leistungssteigernde Auswirkung hat.

5.2.1.3 "Effect of creatine phosphat supplementation on anaerobic working capacity and body weight after two and six days of loading in men and women"

(Eckerson et al., 2005)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer zwei- und sechstägigen Supplementation mit Creatinphosphat auf die anaerobe Leistungskapazität (AWC) bei Männern und Frauen zu untersuchen. 61 Männer und Frauen wurden randomisiert einer von drei Behandlungsgruppen zugewiesen (Placebo, Creatin, Creatinphosphat). Die AWC wurde zu Beginn und am 2. sowie am 6. Tag der Supplementation mit einem 'Critical Power Test' bestimmt. Bei den Männern kam es zu einem signifikanten Anstieg der AWC nach dem 2. Tag (23.8%) und dem 6. Tag (49.8%) infolge der CrP-Supplementation im Vergleich zum Placebo. Die Creatinsupplementation steigerte die AWC bei beiden Geschlechtern um 13-15% verglichen mit dem Placebo. Die CrP-Supplementation führte aber nur bei den Männern zu einem signifikanten Anstieg der AWC.

Studienbeschreibung:

Diese Studie beabsichtigte mit Hilfe des 'Critical Power Tests' die Auswirkungen einer Creatin (Cr) und Creatinphosphat (CrP) Supplementation auf die anaerobe Leistungskapazität zu untersuchen (AWC). Untersucht wurden die Effekte am 2. und 6. Tag der Supplementation. An der Studie nahmen 31 Männer (21 ± 2 Jahre) und 30 Frauen (21 ± 3 Jahre) teil. Diese erhielten nach dem Zufallsprinzip für sechs Tage viermal täglich entweder Creatin (5.0 g Creatincitrat plus 18 g Dextrose), Creatinphosphat (5.0 g Creatincitrat plus 2.06 g Natriumphosphate und 2.06 g Kaliumphosphate plus 18 g Dextrose) oder einen Placebo (18 g Dextrose). Die Studie wurde im Doppelblind-Design durchgeführt. Getestet wurde zu Beginn und am 2. und 6. Tag der Supplementation unter Verwendung des 'Critical Power Tests' um die AWC zu bestimmen. Die Probanden absolvierten drei Tests auf einem kalibrierten, elektronisch gebremsten Radergometer: 1. Einen Eingewöhnungstest, welcher den 'Power Output' für

nachfolgende Tests darstellte, 2. Einen Vortest, welcher aus zwei Durchgängen bestand bei denen der 'Power output' so gewählt wurde, dass er innerhalb 1-10 Minuten zur Ermüdung führte und 3. Zwei Nachtests am 2. und 6. Tag der Supplementation mit identischen 'Power outputs' wie beim Vortest. Der 'Power output' für die Durchgänge rangierte von 125 bis 423 Watt, abhängig vom Fitnesslevel der Probanden. Die zwei Durchführungen wurden am selben Tag mit einer Erholungspause von mindestens 15 Minuten durchgeführt. Vor jedem Durchgang erfolgte ein Aufwärmen mit 30-50 Watt. Anschließend traten die Probanden gegen einen Null-Widerstand in die Pedale und wenn ein Frequenz von 70 Umdrehungen/Minute erreicht war, wurde der vorher bestimmt 'Power output' innerhalb der ersten 2-3 s des Tests angewendet. Wenn der Proband unter 70 Umdrehungen/Minute kam so wurde verbal motiviert. Die Übung wurde beendet wenn der Proband 65 Umdrehungen/Minute nicht mehr länger halten konnte.

Ergebnisse:

Die Ergebnisse der Zeit x Geschlecht Interaktion für jede Gruppe zeigten, dass nur die CrP-Gruppe einen signifikanten Effekt hatte, wohingegen die Geschlecht x Gruppe Interaktion für jede Zeit signifikante Effekte am 2. und am 6. Tag zeigte. Bei der Zeit x Gruppe Interaktion bei den Männern konnte gezeigt werden, dass nur die CrP-Gruppe einen signifikanten Zeiteffekt hatte (s. Tab. 24). Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Anstieg von Beginn (14.96 ± 5.7 kJ) bis zum 2. Tag (18.52 ± 4.30 kJ, 23.8% Anstieg) und vom 2. bis zum 6. Tag (22.41 ± 6.82 kJ, 21.0% Anstieg). Vom Beginn bis zum 6. Tag zeigte sich ein Gesamtanstieg von 49.8% des AWCs.

	Creatine	Range	Placebo	Range	Creatine phosphate	Range
Women						
BL BW (kg)	61.7 ± 5.8	52.6–69.4	66.7 ± 5.5	58.7–76.2	60.3 ± 6.2	53.5–73.4
2 d BW (kg)	61.9 ± 5.9	52.2–69.4	66.9 ± 5.7	58.2–76.5	60.4 ± 6.1†	54.4–73.6
6 d BW (kg)	62.4 ± 5.8‡§	53.1–69.9	67.3 ± 5.2‡	59.4–77.2	60.9 ± 5.9†‡§	54.3–73.0
BL AWC (kJ)	8.18 ± 2.02	5.72–12.51	8.98 ± 1.73	6.92–12.68	7.86 ± 2.79	3.25–11.68
2 d AWC (kJ)	9.28 ± 3.66	6.38–19.43	8.16 ± 1.44	6.45–10.92	8.45 ± 1.84	5.31–10.92
6 d AWC (kJ)	9.25 ± 1.67	7.10–12.46	8.88 ± 2.18	5.72–11.95	8.71 ± 1.86	5.29–11.83
BL AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	1.33 ± 0.32	0.87–2.10	1.35 ± 0.22	1.02–1.66	1.29 ± 0.42	0.57–1.75
2-d AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	1.49 ± 0.50	1.15–2.86	1.22 ± 0.20	0.89–1.48	1.40 ± 0.31	0.95–1.84
6-d AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	1.49 ± 0.28	1.06–1.84	1.31 ± 0.27	0.96–1.73	1.43 ± 0.30	0.94–2.03
Men						
BL BW (kg)	76.4 ± 11.4	64.4–99.3	80.0 ± 11.7	67.9–98.4	81.1 ± 10.1	68.5–99.3
2 d BW (kg)	76.6 ± 11.2	64.9–99.3	80.3 ± 11.9	68.0–100.0	82.1 ± 10.0‡	68.9–101.3
6 d BW (kg)	77.6 ± 11.3†§	64.9–100.2	80.3 ± 12.1	67.6–99.8	82.9 ± 10.4‡§	68.5–103.0
BL AWC (kJ)	17.47 ± 6.53	8.74–25.55	16.16 ± 4.84	7.81–22.86	14.96 ± 5.17	4.88–21.65
2 d AWC (kJ)	16.65 ± 4.60	8.96–23.54	13.62 ± 4.41	8.61–21.77	18.52 ± 4.30†‡	12.46–26.42
6-d AWC (kJ)	20.19 ± 5.33	13.34–29.81	15.67 ± 5.12	9.98–23.71	22.41 ± 6.82†‡§	16.13–32.90
BL AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	2.29 ± 0.87	1.33–3.93	2.02 ± 0.56	1.11–2.83	1.86 ± 0.69	0.64–3.16
2 d AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	2.17 ± 0.53	1.17–2.98	1.68 ± 0.38	1.04–2.26	2.28 ± 0.54†	1.37–2.93
6 d AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	2.58 ± 0.47	1.97–3.58	1.95 ± 0.56	1.22–2.80	2.73 ± 0.86†‡§	1.73–4.19

Die Ergebnisse der Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten keinen signifikanten Unterschied der AWC zum Beginn. Am 2. und 6. Tag der Supplementation war der AWC in der CrP-Gruppe signifikant höher im Vergleich zur Placebogruppe. Tabelle 25 zeigt die signifikanten Veränderungen der AWC in der CrP-Gruppe vom Beginn bis zum 2. Tag (3.56 kJ) und vom Beginn zum 6. Tag (7.45 kJ) im Vergleich zur Placebogruppe (-2.54 kJ und -0.48 kJ).

Tab. 25 Veränderungen des Körpergewichtes und der anaeroben Kapazität

	Creatine (n = 10)	Placebo (n = 10)	Creatine phosphate (n = 10)
Women			
BL-2 d Δ BW (kg)	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.6	0.1 ± 0.7
2 d-6 d Δ BW (kg)	0.5 ± 0.7	0.4 ± 0.8	0.5 ± 0.7
BL-6 d Δ BW (kg)	0.7 ± 0.8	0.6 ± 0.7	0.6 ± 0.7
BL-2 d Δ AWC (kJ)	1.10 ± 3.69	-0.82 ± 1.09	0.58 ± 2.32
2 d-6 d Δ AWC (kJ)	-0.03 ± 2.81	0.72 ± 2.04	0.27 ± 1.70
BL-6 d Δ AWC (kJ)	1.07 ± 1.69	-0.10 ± 1.40	0.85 ± 1.94
BL-2 d Δ AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	0.16 ± 0.56	-0.12 ± 0.16	0.11 ± 0.39
2 d-6 d Δ AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	0.01 ± 0.29	0.09 ± 0.31	0.02 ± 0.38
BL-6 d Δ AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	0.16 ± 0.29	-0.03 ± 0.22	0.13 ± 0.30
Men			
BL-2 d Δ (kg)	0.2 ± 0.7	0.3 ± 1.0	1.0 ± 1.0
2 d-6 d Δ (kg)	1.0 ± 0.7	0.0 ± 1.0	0.8 ± 1.1
BL-6 d Δ (kg)	1.2 ± 0.8	0.3 ± 1.0	1.8 ± 1.6†
BL-2 d Δ AWC (kJ)	-0.81 ± 4.99	-2.54 ± 2.88	3.56 ± 5.96†
2 d-6 d Δ AWC (kJ)	3.54 ± 5.68	2.05 ± 3.40	3.89 ± 3.68
BL-6 d Δ AWC (kJ)	2.73 ± 6.11	-0.48 ± 2.06	7.45 ± 6.83†
BL-2 d Δ AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	-0.12 ± 0.66	-0.34 ± 0.43	†0.42 ± 0.74†
2 d-6 d Δ AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	0.40 ± 0.72	0.27 ± 0.47	0.45 ± 0.47
BL-6 d Δ AWC/BW (kJ·kg ⁻¹)	0.29 ± 0.83	-0.07 ± 0.27	0.87 ± 0.80†

Die Studie konnte zeigen, dass eine CrP-Supplementation bei Männern zu größeren Veränderungen der AWC führt als eine Cr-Supplementation. Denn dies war die einzige Gruppe die signifikant Veränderungen im Vergleich zum Placebo zeigte.

5.2.1.4 "Effect of thirty days of creatine supplementation with phosphate salts on anaerobic working capacity and body weight in men"

(Eckerson et al., 2008)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es den Effekt einer 30tägigen Creatinsupplementation mit Phosphatsalz (CPS) auf das Körpergewicht (BW) und die anaerobe Leistungskapazität zu bestimmen (AWC). 32 Männer erhielten entweder CPS (5 g Cr und 4 g Phosphate, n =17) oder 20 g Dextrose (PL, n = 15). Die Studie wurde im Doppelblinddesign durchgeführt. Die AWC wurde zu Beginn der Supplementation, nach 10, 20 und 30 Tagen sowie 10 Tage nach der Supplementation gemessen. Die Ergebnisse zeigten zu keinem der Zeitpunkte einen Unterschied der AWC zwischen den Gruppen. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Creatinsupplementation mit 5g/Tag für 30 Tage keinen Anstieg des AWCs bei Männern zufolge hatte.

Studienbeschreibung

Die Studie untersuchte die Auswirkungen einer 30tägigen Creatinsupplementation auf die anaerobe Leistungskapazität (AWC) bei Männern. 32 Männer in einem Alter von 21 ± 2 Jahren nahmen bekamen nach Zufallsprinzip entweder 5 g/Tag Creatin und Phosphatsalze (CPS) mit 18 g Dextrose (n = 17) oder 20 g Dextrose (PL, n = 15). Diese

Dosierung an Creatin entspricht normalerweise eher einer Erhaltungsdosis. Die deskriptiven Statistiken der Probanden sind in Tabelle 26 dargestellt.

Tab. 26 Deskriptive Charakteristika zu den Probanden

Variable	$X \pm SD$	Range	<i>n</i>
Age (years)	21 \pm 2	18–26	32
Height (cm)	178 \pm 6.5	161–189	32
% Fat - Familiarization	8.9 \pm 3.3	4.0–17.6	32
% Fat - 30 days	8.6 \pm 3.0	4.7–15.1	28
BW Baseline (kg)	76.7 \pm 5.8	60.9–87.5	32
BW 10 days	77.2 \pm 6.1*	60.5–90.2	32
BW 20 days	77.4 \pm 6.2*	60.8–89.8	30
BW 30 days	77.7 \pm 6.3*†	60.7–89.3	28
BW post	77.2 \pm 5.9*‡	61.0–87.0	28
AWC Baseline (kJ)	18.18 \pm 4.26	11.10–24.15	32
AWC 10 days	18.66 \pm 4.22	10.60–27.60	31
AWC 20 days	18.76 \pm 4.14	12.00–29.00	30
AWC 30 days	18.82 \pm 4.13	11.00–26.00	28
AWC post	17.30 \pm 3.90	11.00–25.00	26

Die AWC wurde zu Beginn der Supplementation, am 10., 20., 30. Tag sowie 10 Tage nach der Supplementation bestimmt. Nach den Basistests wurden die Probanden einer von zwei Gruppen im Doppelblinddesign zugeordnet. Die Probanden führten vier Testphasen auf einem kalibriertem, elektronisch gebremsten Radergometer durch: 1. einen "Critical Power Test" (ein Eingewöhnungstest um den 'Power output' für nachfolgende Tests zu erhalten), 2. einen Test der aus zwei Durchgängen am Radergometer mit einem 'Power output' der so gewählt wurde, dass er innerhalb 1-10 Minuten bis zu Ermüdung führte (BL Test), 3. einen Nachtest am 10., 20. und 30. Tag der Supplementation und 4. einen Test 7-10 Tage nach der Supplementation mit dem gleichen 'Power output' wie er bei BL und den Nachtests herangezogen wurde. Für den 'Critical Power Test' hatten sich die Probanden fünf Minuten mit einem Power Output von 50-70 Watt aufzuwärmen. Nachdem die Teilnehmer aufgewärmt waren, hatten sie eine Pedalfrequenz von 70 Umdrehungen in der Minute zu erreichen. Der zuvor bestimmte 'Power output' wurde innerhalb der ersten 2-3 Sekunden des Tests angewendet. Wenn die Umdrehungen pro Minute unter 70 kamen, so wurden die Probanden verbal ermutigt wieder auf die Umdrehungszahl zurückzukommen. Der Übungsdurchgang war beendet sobald die Probanden nicht mehr länger fähig waren 65 Umdrehungen/Minute aufrecht zu halten. Die beiden Übungsdurchgänge wurden am selben Tag absolviert und die Probanden erholten sich zwischen den beiden Durchgängen mindestens 15 Minuten. Der AWC repräsentierte den Betrag der Leistung in Kilojoules. Es zeigte sich beim AWC keine Zeit x Gruppe Interaktion (s. Tab. 27).

Tab. 27 Vergleich des Körpergewichtes und der AWC innerhalb der Behandlungsgruppen

Variable	Placebo	<i>n</i>	Creatine Phosphate	<i>n</i>
Age (years)	20 ± 1	15	22 ± 2	17
% Fat - Familiarization	9.0 ± 2.7	15	8.8 ± 3.6	17
BW Baseline (kg)	75.4 ± 6.2	15	77.9 ± 5.1	17
BW 10 days	75.4 ± 6.5	15	78.9 ± 5.1*	17
BW 20 days	75.2 ± 6.6	13	79.1 ± 5.1*	17
BW 30 days	76.1 ± 7.0	12	78.9 ± 5.2*	16
BW Post	75.5 ± 6.9	12	78.5 ± 4.4*	16
AWC Baseline (kJ)	17.45 ± 4.29	15	18.81 ± 3.99	17
AWC 10 days	17.41 ± 3.71	15	19.83 ± 4.20	16
AWC 20 days	18.17 ± 4.94	13	19.20 ± 3.76	17
AWC 30 days	17.75 ± 4.94	12	19.61 ± 3.00	16
AWC Post	16.89 ± 4.30	10	17.56 ± 3.55	16

Zusätzlich zeigten sich keine signifikanten Auswirkungen auf die Zeit oder die Gruppe. Der Anstieg des AWCs vom BL-Test bis zum 30. Tag war für die CPS-Gruppe 4.2% und für die PL-Gruppe 1.7%.

Die Ergebnisse zeigten, dass eine Dosierung von 5g CPS für 30 Tage zu keinem signifikanten Anstieg der AWC bei Männern führte.

5.2.1.5 "Effects of Creatine Supplementation on Repetitive Sprint Performance and Body Composition in Competitive Swimmers"

(Grindstaff et al., 1997)

Zusammenfassung:

An dieser randomisierten Doppelblind-Studie nahmen 18 männliche und weibliche Junioren-Wettkampfschwimmer teil. Diese nahmen zusätzlich zur normalen Ernährung über einen Zeitraum von 9 Tagen täglich entweder 21 g Creatinmonohydrat oder ein Placebopräparat mit Maltodextrin ein. Bevor sie mit der Supplementierung begannen, absolvierten die Probanden 3 x 100 m Freestyle-Sprints (Schwimmen) mit einer 60sekündigen Erholungspause zwischen den Sprints. Es konnten in dieser Studie signifikante Unterschiede zwischen den Schwimmzeiten gezeigt werden. Probanden, die Creatin einnahmen, schwammen in Sprint 1 und 2 signifikant schneller als diejenige, die ein Placebopräparat erhielten. Auch die addierten Zeiten für alle drei 100 m Schwimmsprints konnten in der Creatingruppe verbessert werden. Diese Studie lässt darauf schließen, dass eine 9tägige Creatinsupplementation einen ergogenen Effekt auf wiederholte Schwimm-Sprints hat.

Studienbeschreibung:

An dieser Studie nahmen 7 männliche und 11 weibliche Wettkampfschwimmer teil. Die Teilnehmer waren in einem Alter von 15.3 ± 0.6 Jahren und wogen 61.0 ± 4 kg. Die wöchentliche Trainingszeit lag bei 20.5 ± 2 Stunden. In einer Eingewöhnungsphase wurden die Probanden mit den Tests vertraut gemacht. Die Probanden wurden sowohl vor als auch nach der Creatinsupplementation getestet. An jedem Testtag nahmen die Teilnehmer an zwei Testeinheiten teil. Die Teilnehmer bekamen die Anweisung vier Stunden vor den Tests nichts zu Essen und keinen Sport durchzuführen. Es wurde vorab eine Gewichtsmessung, sowie eine Bestimmung der Hautfaltendicke und des Körperwassers durchgeführt. Vor dem ersten Test erfolgte ein 30minütiges Aufwärmtraining (1600 m, unterschiedliche Schwimmstile). Nach einer fünfminütigen Pause absolvierten die Probanden 3 x 100 m Freestyle Schwimmsprints mit jeweils 60 s passiver Erholung. Die Sprints wurden einer Wettkampfsituation angepasst, bei der die Probanden am Startpodest begannen. Die Teilnehmer bekamen die Anweisungen, jeden der Sprints mit maximaler Anstrengung zu absolvieren. Beim zweiten Test führten die Teilnehmer 2 x 20 s anaerobe Schwimmsprints auf einem computergesteuerten Armergometer mit 60 s passiver Erholung zwischen den Tests durch. Dieser Test wurde auf einer geneigten Bank mit einer auf das Körpergewicht standardisierten Arbeitsbelastung durchgeführt (Männer: 2.8 J/kg/Umdrehung, Frauen 2.1 J/kg/Umdrehung). Die Versuchspersonen wurden auf der Bank so fixiert, sodass keine Bewegung der unteren Extremitäten zugelassen wurde.

Studiendesign: Die Probanden wurden paarweise aufeinander abgestimmt in zwei Gruppen geteilt (nach Geschlecht, Körpergewicht, Trainingsausmaß und 100m Sprintzeiten des Vortests). Die Studie erfolgte in einem randomisierten Doppelblinddesign. Jeder der Teilnehmer erhielt über 9 Tage hinweg täglich entweder 21 g Creatinmonohydrat und 4.2 g Maltodextrin oder ein Placebopräparat mit 25.2 g Maltodextrin. Den Teilnehmern wurde angewiesen das Pulver 3 x täglich zu den Mahlzeiten mit 0.5 l Wasser oder Saft einzunehmen. Keiner der Teilnehmer hatte vorab jemals Creatin eingenommen. Die Probanden sollten während der Studiendauer ihre normalen Ernährungs- und Trainingsgewohnheiten beibehalten. Die Arbeitsbelastung am Armergometer begann mit 15 W und wurde alle 60 s um 15 W gesteigert. Die Probanden mussten dabei eine Frequenz von 69 Umdrehungen/min durchhalten.

Ergebnisse:

Es kam zu keinen Beschwerden während oder nach der Creatinsupplementation. Die individuellen Leistungen für die 50 m und 100 m Distanzen vor und nach der Creatinsupplementation sind in Abbildung 34 dargestellt.

Post hoc Analysen ergaben, dass es beim Vortest im ersten Durchgang keine signifikanten Unterschiede zwischen Creatin- und Placebogruppe bei den 50m und 100m Zeiten gab (mittlere Differenz von 0.3 s und 0.43 s). Nach der Creatinsupplementation waren die 50m und 100m Schwimmzeiten bei der Creatingruppe signifikant besser als bei der Placebogruppe (0.6 s und 1.57 s). Beim zweiten Durchgang schwamm die Creatingruppe beim 50m und 100m Schwimmsprint bereits vor der Creatinsupplementation signifikant schneller als die Placebogruppe (0.86 s und 1.88 s). Nach der Creatinsupplementation verbesserten sich die 100m Zeiten bei der Creatingruppe (-0.93 s) signifikant, wohingegen sich bei der Placebogruppe (-0.4 s) kein signifikanter Unterschied zeigte. Nach der Supplementationsphase war der zeitliche Unterschied zwischen Placebogruppe und Creatingruppe noch größer als vor der Supplementation (Unterschied von 1.2 s und 2.41 s beim 50 m und 100 m Sprint). Beim dritten Durchgang wurden keine signifikanten Unterschiede beim 50m und 100m Sprint zwischen den Zeiten vor und nach der Creatinsupplementation festgestellt. Eine Analyse der addierten Zeiten der 3 x 100 m Sprints zeigte ebenfalls verbesserte Leistungen bei der Creatingruppe (Vorher/Nachher: Placebo: $203.7 \pm 8 \rightarrow 204.1 \pm 9$, Creatin: $198.7 \pm 9 \rightarrow 197.1 \pm 8$, $p = .057$). Abbildung 35 zeigt die Ergebnisse der Gesamtleistung und der Peak Power für jeden der 20s Armergometer-Sprinttests. Die Analysen für die einzelnen Sprints ergaben, dass die Leistungsveränderungen in der Creatingruppe signifikant größer waren. Kein signifikanter Unterschied wurde hingegen in Sprint 2 und Sprint 3 festgestellt. In Prozenten ausgedrückt stieg die Leistung bei der Creatingruppe bei Sprint 1 um $8.8 \pm 3\%$, bei Sprint 2 um $4.7 \pm 3\%$ und bei Sprint 3 um $1.5 \pm 2\%$. Bei der Placebogruppe veränderte sich die Leistung bei Sprint 1 um $1.0 \pm 3\%$, bei Sprint 2 um $-1.6 \pm 5\%$ und bei Sprint 3 um $1.0 \pm 4\%$. Dies macht eine Gesamtveränderung von $5.0 \pm 3\%$ bei der Creatingruppe, verglichen mit $0.1 \pm 3\%$ bei der Placebogruppe aus.

Group/ gender	Heat 1				Heat 2				Heat 3			
	50 m		100 m		50 m		100 m		50 m		100 m	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>Placebo</i>												
Female	34.10	33.80	67.51	68.10	34.36	34.56	68.10	68.90	34.40	33.25	68.70	68.57
Female	31.48	32.87	64.38	66.25	33.36	34.03	70.17	66.52	33.87	34.39	67.86	69.00
Female	32.67	33.31	68.26	68.59	33.76	34.79	69.57	79.70	33.72	34.63	69.21	70.40
Female	34.14	34.04	69.29	69.84	34.73	34.17	69.82	69.65	34.53	33.81	69.54	68.97
Female	33.58	33.91	70.47	70.89	35.19	35.80	73.02	74.29	35.96	36.14	74.07	75.03
Male	30.79	31.51	62.00	64.70	33.75	33.20	70.34	68.58	36.38	35.04	74.14	72.00
Male	30.75	31.25	62.63	63.38	34.12	32.95	70.17	66.52	33.87	34.39	67.86	69.00
Male	31.19	31.30	66.26	64.69	32.11	32.22	67.13	66.36	32.56	32.80	67.85	67.67
Male	28.63	29.33	59.49	60.61	30.86	31.29	63.56	63.05	31.19	31.97	64.02	64.20
Mean	31.93	32.37§	65.48	66.34§	33.58◁	33.67◁	68.84◁	68.44◁	34.04†	34.01◁	69.35◁	69.37◁
SD	1.8	1.6	3.7	3.3	1.4	1.4	2.6	3.1	1.6	1.2	3.1	3.0
<i>Cr</i>												
Female	32.50	32.10	66.97	65.70	33.22	32.13	67.85	65.90	33.00	32.09	67.36	65.91
Female	30.35	31.31	63.51	64.22	31.62	31.38	65.38	64.34	31.25	31.58	64.84	65.24
Female	32.93	32.43	66.55	66.21	33.29	33.02	67.01	67.17	32.63	32.76	66.64	66.95
Female	31.35	31.01	64.20	63.63	31.46	31.25	64.63	64.05	31.45	31.06	64.37	63.73
Female	33.43	32.86	68.04	66.95	34.81	33.83	71.38	68.84	33.78	34.00	68.77	68.86
Female	32.72	33.49	68.77	68.14	34.93	35.23	72.32	71.14	34.98	36.23	72.89	72.99
Male	28.73	29.47	58.92	59.87	29.86	30.63	61.09	61.85	30.32	30.73	62.82	62.51
Male	31.55	31.68	65.06	65.70	32.36	32.52	66.75	66.59	32.07	32.40	66.03	66.67
Male	31.08	31.57	63.38	62.53	32.91	32.23	66.24	64.38	33.02	32.40	66.64	64.23
Mean	31.63	31.77*	65.05	64.77*	32.72*◁	32.47*◁	66.96* ◁	66.03*§◁	32.50*◁	32.58*◁	66.71*◁	66.34*◁
SD	1.5	1.6	3.0	2.5	1.4	1.4	3.4	2.8	1.6	1.2	2.9	3.1

Abb. 34 Individuelle- und Gruppenleistungen (Zeiten in s) während Durchgang 1, 2 und 3 der Placebo- und Creatin-Gruppe

Bemerkung: § = signifikanter Unterschied pre vs. Post, * = signifikanter Unterschied zwischen den Creatin- und Placebogruppen,

◁ = signifikanter Unterschied vom Durchgang

Group/ gender	Work (J)						Peak power (W)					
	Sprint 1		Sprint 2		Sprint 3		Sprint 1		Sprint 2		Sprint 3	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>Placebo</i>												
Female	4,984	4,876	4,830	4,018	4,136	4,466	263	282	267	238	266	255
Female	3,730	4,548	4,196	4,026	4,436	4,292	208	218	213	207	229	219
Female	4,138	3,958	4,058	3,816	4,084	3,760	195	197	210	194	213	212
Female	4,596	4,746	5,030	4,832	5,208	4,738	224	246	241	243	270	256
Female	4,176	4,162	3,778	4,172	3,746	4,466	207	202	189	212	210	255
Male	7,198	6,992	6,242	4,822	6,044	4,980	382	384	337	330	345	354
Male	6,172	5,942	5,242	6,788	5,870	6,730	334	307	299	351	321	374
Male	7,952	7,842	7,120	7,536	6,748	6,962	427	407	379	410	375	372
Male	9,092	9,004	8,812	8,252	8,462	8,578	490	505	525	519	473	469
Mean	5,782	5,786	5,479	5,362	5,415	5,441	289	289	274	268	271	270
SD	1,916	1,785	1,644	1,699	1,535	1,644	96	89	82	85	77	82
<i>Cr</i>												
Female	4,728	4,698	4,234	4,692	4,558	4,582	248	239	250	261	258	258
Female	4,280	5,214	4,352	4,850	4,576	4,652	204	264	225	252	235	254
Female	3,863	4,528	4,376	4,180	4,364	4,248	199	202	216	207	218	212
Female	4,842	5,898	5,064	5,568	5,524	5,332	263	294	263	291	282	290
Female	4,816	5,000	4,764	4,516	4,536	4,644	249	262	250	232	251	246
Female	3,782	3,984	3,398	3,930	3,306	3,664	200	212	191	207	182	205
Male	7,106	7,314	6,876	6,910	7,376	7,186	383	381	374	368	388	380
Male	8,020	8,158	7,530	7,900	7,178	7,138	513	502	470	512	412	469
Male	6,450	6,720	6,360	6,304	5,884	6,315	334	338	349	334	347	335
Mean	5,318*	5,724§	5,217	5,428	5,256	5,307	266*	286§	261	272	263	265
SD	1,510	1,404	1,386	1,351	1,357	1,280	76	70	69	68	68	64

Abb. 35 Individuelle- und Gruppenleistungen sowie Peak Power während den 3 x 20s Armergometer-Sprinttests für Placebo- und Creatingruppen

Bemerkung: § = signifikanter Unterschied pre vs. Post, * = signifikanter Unterschied zwischen den Creatin- und Placebogruppen

5.2.1.6 "Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers"

(Mujika, et al., 1996)

Zusammenfassung:

In dieser Studie wurden die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Leistungen im Schwimmsprint und auf den Energiestoffwechsel untersucht. Bei zwanzig sehr gut trainierten Schwimmern (9 weiblich, 11 männlich) wurden vor und nach einem 25, 50, und 100 m Sprint das Blutammoniak und -laktat untersucht. Dazu wurden vorab zwei Vortests in einem Abstand von 7 Tagen durchgeführt. Nach dem ersten Test wurden die Probanden nach dem Zufallsprinzip entweder der Creatin- oder Placebogruppe zugeteilt. Die Probanden erhielten 5 Tage hinweg entweder 4 x 5 g/Tag Creatinmonohydrat oder dieselbe Dosierung als Laktoseplacebo. Die Studie erfolgte im Doppelblinddesign. Es konnte kein signifikanter Leistungsunterschied bei den Sprintzeiten zwischen Creatin- und Placebogruppe festgestellt werden. Die Ammoniakkonzentrationen nahmen bei der CreatinGruppe nach der Durchführung des 50 und 100 m Tests ab. Bei der Placebogruppe sanken die Ammoniakkonzentrationen beim 50 m Test. Die Supplementation zeigte keinen Einfluss auf das Blutlaktat. Bei dieser Studie zeigte Creatin keinen positiven Einfluss auf die Sprintleistungen hochtrainierter Schwimmer.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 20 hochtrainierte Wettkampfschwimmer auf nationalem und internationalem Level teil. Davon waren 9 Probanden weiblich und 11 männlich. Keiner der Schwimmer war Vegetarier. Alter, Größe und Gewicht sind in Tabelle 28 ersichtlich.

Tab. 28 Charakteristiken der Probanden

	Male (N = 11)	Female (N = 9)
Age (yr)	20.5 ± 2.2	19.3 ± 2.8
Height (cm)	183 ± 6	169 ± 5
Weight (kg)	78.3 ± 6.2	62.2 ± 6.9

Die Studie erfolgte in der 35. Woche der Trainingssaison, in einer Zeit in der die Probanden sehr hohe Trainingsumfänge absolvierten. Jeder der Probanden absolvierte zwei Vortests an zwei verschiedenen Tagen (7 Tage voneinander getrennt) bei denen die Schwimmleistung festgestellt wurde. Während der Studienphase wurden die gewohnten Trainingsintensitäten und -umfänge beibehalten. Beide Vortests wurden unter denselben experimentellen Konditionen durchgeführt. Vor den Tests absolvierten die Probanden ein

600m Aufwärmtraining (unterschiedliche Schwimmmarten). Der Test bestand aus drei Schwimmsprints (25, 50 und 100m). Zwischen den Belastungen wurden 300m aktives Erholungsschwimmen und 20-25min Erholungspause eingeplant. Bei jeder Durchführung bekamen die Probanden die Instruktion maximale Leistung zu erbringen. Die Schwimmzeiten wurden von zwei Untersuchern erfasst und die durchschnittliche Leistung wurde errechnet. *Supplementation:* Nach den Basis-Untersuchungen wurden die Probanden entweder der Creatin- (n=10) oder der Placebogruppe (n=10) zugewiesen. Je nach Leistungslevel wurden die Probanden paarweise aufeinander abgestimmt. Die Studie erfolgte im Doppelblinduntersuchungsdesign. Die Creatingruppe bekam täglich 4 x 5 g Creatinmonohydrat und die Kontrollgruppe bekam selbige Dosierung als Laktoseplacebo. Die Supplementation wurde über einen Zeitraum von 5 Tagen eingenommen. Die Supplementierungsphase begann 2 Tag nach den Anfangstests und endete einen Tag vor dem zweiten Leistungstest.

Ergebnisse:

Nach der Creatineinnahme kam es zu einem signifikanten Gewichtsanstieg der Creatingruppe (von 71.7 ± 10.1 zu 72.4 ± 9.8 kg). In der Placebogruppe wurden hingegen keine signifikanten Veränderungen des Gewichts festgestellt (von 70.4 ± 11.1 zu 70.1 ± 10.6 kg). Verglichen mit den Tests vor der Supplementation und den Bestzeiten der Vorsaison absolvierten die Probanden $94.2 \pm 2.2\%$ ihrer Bestlevel. Diese Levels unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen. Die Einzel- und Gruppenleistungsergebnisse für den 25, 50, und 100m Test sowie die Gesamtzeiten sind in Tabelle 29 ersichtlich. Weder in einem der drei Schwimmdurchführungen noch in deren Summe ließ sich ein signifikanter Unterschied bei den Gruppenleistungen feststellen. Die Creatingruppe zeigte sogar eine tendenzielle Verschlechterung der 25 und 50m Zeiten (von 13.93 ± 1.78 auf 14.08 ± 1.82 s und von 30.37 ± 3.59 auf 30.78 ± 4.00 s, $p = .05$). Demnach zeigte diese Studie keine Verbesserung der Schwimm-Sprint-Leistungen infolge einer Creatinsupplementation.

Tab. 29 Individuelle- und Gruppenleistungsergebnisse vor und nach der Supplementation

Subject	Gender	Stroke	Time for 25 m (s)		Time for 50 m (s)		Time for 100 m (s)		Total Time (s)	
			Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
<i>Creatine</i>										
1	Male	Crawl	11.67	11.72	25.78	25.47	56.18 (97.2%)	55.75	93.63	92.94
2	Male	Crawl	12.25	12.23	26.64	26.80	58.36 (99.3%)	57.27	97.25	96.30
3	Male	Crawl	12.78	12.92	27.95	27.94	60.50 (95.2%)	59.44	101.23	100.30
4	Male	Butterfly	12.14	12.18	27.24	27.29	60.00 (94.2%)	59.91	99.38	99.38
5	Male	Breastroke	13.12	13.51	30.07	30.18	66.28 (93.2%)	66.41	100.93	100.02
6	Female	Backstroke	14.35	14.36	30.70	30.97	66.97 (94.0%)	68.46	112.02	113.79
7	Female	Backstroke	14.86	15.60	31.46	32.91	68.67 (94.2%)	70.32	114.99	118.83
8	Female	Backstroke	15.58	15.82	32.48	32.88	68.82 (95.7%)	69.02	116.88	117.72
9	Female	Breastroke	15.60	15.60	34.56	35.82	75.38 (92.7%)	77.87	125.54	129.29
10	Female	Breastroke	16.91	16.89	36.86	37.49	79.82 (93.8%)	79.77	133.59	134.15
Mean			13.93	14.08	30.37	30.78	66.10 (95.0%)	66.42	110.40	111.28
SD			1.78	1.82	3.59	4.00	7.57 (2.0%)	8.33	12.88	14.05
<i>Placebo</i>										
11	Male	Crawl	12.12	12.17	26.00	26.13	55.99 (96.0%)	55.89	94.11	94.19
12	Male	Crawl	12.67	12.79	27.65	27.40	58.61 (93.0%)	59.01	98.93	99.20
13	Male	Butterfly	12.26	12.27	27.26	27.33	61.41 (94.0%)	60.42	100.93	100.02
14	Male	Butterfly	13.17	12.81	28.36	28.24	62.48 (91.9%)	63.35	104.01	104.40
15	Male	Butterfly	12.91	13.18	29.14	29.23	65.43 (91.8%)	64.78	107.48	107.19
16	Male	Breastroke	13.79	13.97	31.05	30.91	67.17 (92.4%)	67.92	112.01	112.80
17	Female	Butterfly	13.39	13.39	29.67	30.04	63.91 (94.0%)	65.32	106.97	108.75
18	Female	Backstroke	15.05	15.09	32.10	31.70	68.42 (92.1%)	67.22	115.57	114.01
19	Female	Backstroke	16.96	16.31	35.10	34.95	73.19 (98.0%)	72.70	125.25	123.96
20	Female	Breastroke	16.14	16.11	36.65	37.47	80.93 (91.3%)	80.88	133.72	134.46
Mean			13.85	13.81	30.30	30.34	65.75 (93.5%)	65.75	109.90	109.90
SD			1.66	1.52	3.46	3.58	7.26 (2.1%)	7.17	12.20	12.13

Bemerkung: Die prozentuellen Werte zeigen den Vergleich der 100m Zeiten vor der Supplementation verglichen mit der jeweiligen Bestzeit der vorhergegangenen Saison

5.2.1.7 "Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high-performance swimmers"

(Theodorou, et al., 2005)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es Schwimmleistungen (Schwimmgeschwindigkeit über wiederholte maximale Intervalle) bei Hochleistungsschwimmern vor und nach einer alleinigen Creatinsupplementation sowie einer kombinierten Creatin- und Kohlenhydratgabe (Cr + CHO) zu eruieren. Zehn Probanden wurden einer von zwei Gruppen zugeteilt (randomisierte Studie). Jeder der Schwimmer erhielt viermal täglich 5g Creatin, wobei die Cr + CHO Gruppe zusätzlich 100 g einfache Kohlenhydrate erhielt. Die Leistung wurde insgesamt fünfmal ermittelt: zweimal zu Beginn, 48 Stunden nach Beginn, sowie zwei und vier Wochen danach. Alle Probanden schwammen nach der

Supplementation schneller. Es gab aber keinen Unterschied der Leistungsverbesserung zwischen den beiden Gruppen. Außerdem kam es bis zu vier Wochen nach der Supplementation noch zu verbesserten Schwimmzeiten.

Studienbeschreibung:

Die Studie untersuchte die Hypothese, dass eine Creatinsupplementation mit Kohlenhydraten gemeinsam zu höheren Leistungsverbesserungen der Schwimmgeschwindigkeit über wiederholte maximale Intervalle führt als eine alleinige Creatinsupplementation. Zehn Hochleistungsschwimmer (6 Männer und 4 Frauen) in einem Alter von 17.8 ± 1.8 Jahren nahmen an der Studie teil. Zu fünf unterschiedlichen Terminen führten die Probanden einen Leistungstest mit wiederholten, maximalen Schwimmintervallen durch. Die ersten beiden Termine fanden vor der Supplementation statt und waren eine Woche voneinander getrennt. Die Supplementation begann 48 Stunden nach dem zweiten Basistest. Die Leistungstests wurden 48 Stunden nach Beendigung der Supplementation sowie zwei und vier Wochen später nochmals durchgeführt. Es wurden zwei verschiedene Tests mit wiederholten, maximalen Schwimmintervalle durchgeführt um eine gute Validität der Studie zu gewährleisten. Die Schwimmer wurden entsprechend ihrer Wettkampfdistanz einem Test zugeordnet. Test A umfasste zehn 50m Intervall und Test B umfasste acht 100m Intervalle. Acht Schwimmer führten Test A durch und zwei Schwimmer Test B. Nach dem Basistests wurden die zehn Schwimmer randomisiert einer von zwei gleich großen Gruppen [Creatin (Cr) und Creatin + Kohlenhydrate (Cr + CHO)] zugeordnet. Die Creatin Gruppe erhielt fünfmal pro Tag 5g Creatin für vier Tage und Die Creatin/Kohlenhydratgruppe erhielt zusätzlich 100g einfache Kohlenhydrate.

Ergebnisse:

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Schwimmgeschwindigkeiten bei den Basistests vor der Supplementation. Die durchschnittliche Schwimmgeschwindigkeit stieg bei allen Schwimmern nach einen der beiden Supplementationsregimen (s. Tab. 30).

Tab. 30 Individuelle mittlere Werte der Schwimgeschwindigkeiten vor und zu unterschiedlichen Zeiten nach der Creatinsupplementation oder nach einer kombinierten Creatin- und Kohlenhydratsupplementation

Subjects	Baseline	Postloading	2 weeks	4 weeks
Creatine				
1	1.49	1.53	1.53	1.56
2	1.48	1.51	1.51	1.52
3	1.51	1.52	1.52	1.58
4	1.63	1.65	1.65	1.66
5	1.28	1.33	1.33	1.33
Mean \pm SD	1.48 \pm 0.13	1.51 \pm 0.11	1.51 \pm 0.11	1.53 \pm 0.12
Median	1.49	1.52	1.52	1.56
Creatine and carbohydrate				
1	1.65	1.66	1.65	1.67
2	1.47	1.48	1.51	1.48
3	1.59	1.62	1.64	1.64
4	1.62	1.63	1.63	1.62
5	1.56	1.58	1.60	1.61
Mean \pm SD	1.59 \pm 0.07	1.61 \pm 0.07	1.62 \pm 0.06	1.62 \pm 0.07
Median	1.59	1.62	1.63	1.62

Abbildung 36 zeigt die prozentuellen Veränderungen der durchschnittlichen Schwimmzeiten bei wiederholten maximalen Intervallen. Der Umfang des Anstiegs wurde prozentuell anhand der Basiswerte kalkuliert welche von 0.61 bis 3.91% in der Creatin-Gruppe und von 0.60 bis 1.89% in der Cr + CHO Gruppe gingen. In beiden Gruppen stieg der Umfang des mittleren Prozentsatzes der Schwimgeschwindigkeit.

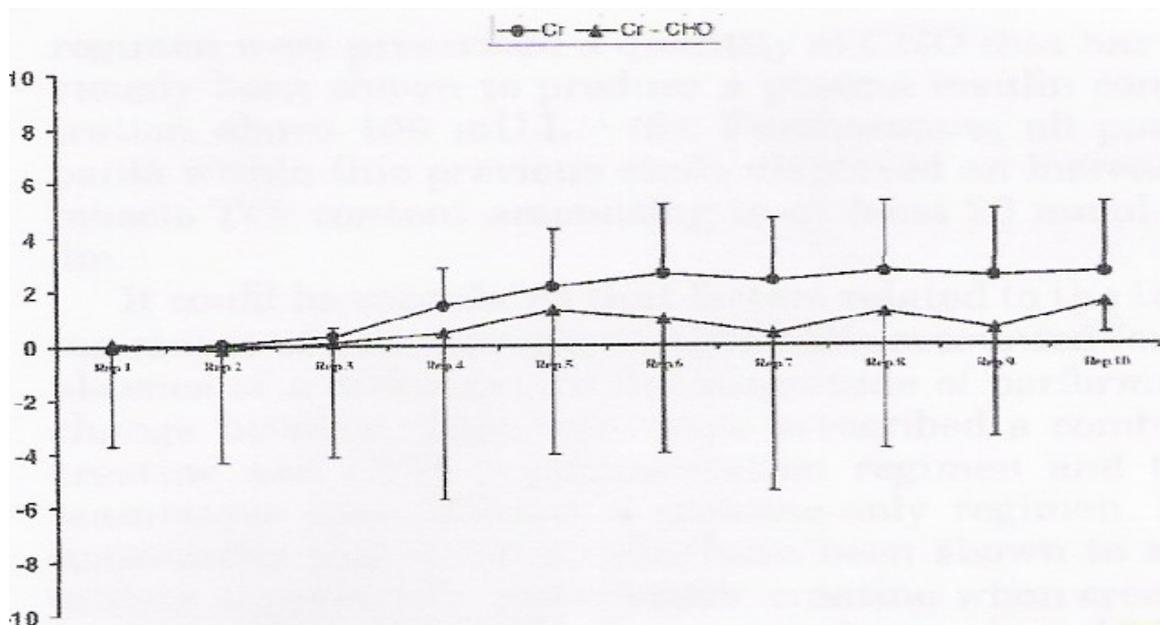


Abb. 36 Prozentuelle Veränderung der durchschnittlichen Schwimmzeiten für wiederholtes, maximales Intervallschwimmen

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der prozentuellen Veränderung der Schwimmgeschwindigkeit von des Basistests zwischen den beiden Gruppen, weder gleich nach der Supplementation noch beim Durchschnitt der drei Tests nach der Supplementation. Eine Wiederholung der Intervalltests zwei und vier Wochen nach der Supplementation zeigte eine anhaltende Leistungsverbesserung bei allen Schwimmer (s. Abb. 37).

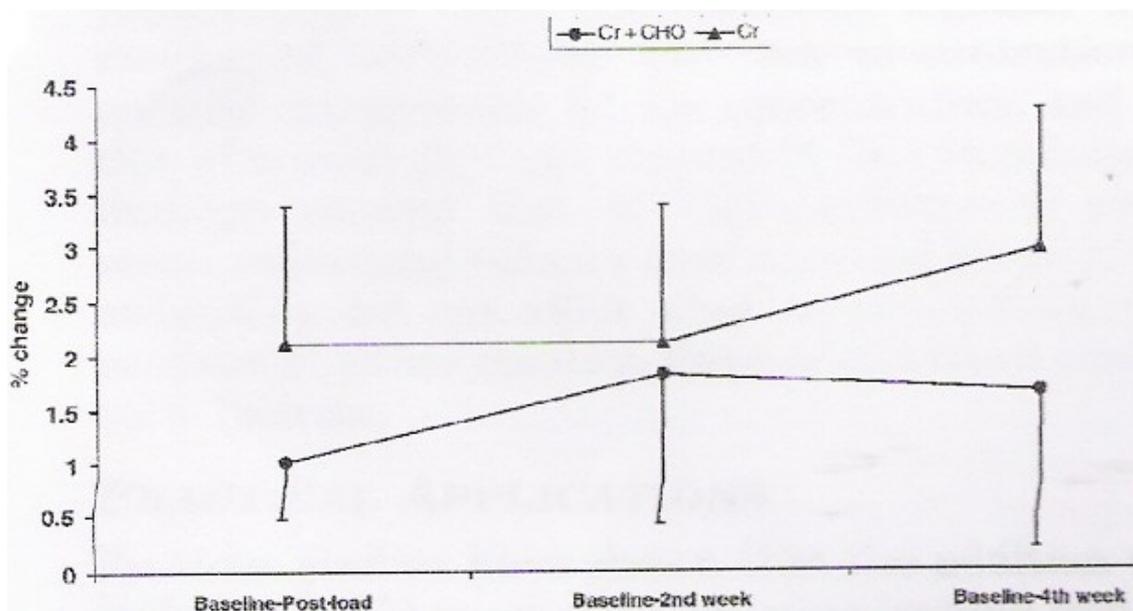


Abb. 37 Prozentuelle Veränderungen der Schwimmgeschwindigkeiten nach einer alleinigen Creatinsupplementation und nach einer kombinierten Creatin/Kohlenhydratsupplementation

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Hochleistungsschwimmern keine Unterschied zwischen einer Creatinsupplementation bzw. einer Creatin- und Kohlenhydratsupplementation bei der mittleren Schwimmgeschwindigkeit bei wiederholten maximalen Intervallen gezeigt werden konnte.

5.2.1.8 "Effect of Oral Creatine Supplementation on Jumping an Running Performance"

(Bosco et al., 1997)

Zusammenfassung:

Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer Creatinsupplementation (20g für 5 Tage) auf Laufleistungen am Laufband (20km/h, Dauer ca. 60s) bei qualifizierten Sprintern zu untersuchen. Die Studiendurchführung erfolgte im Doppelblinddesign. Die Zeit beim intensiven Sprint bis zur Erschöpfung verbessert sich um 13%. Die Ergebnisse zeigten, dass die Zeit der maximalen Höchstleistung durch eine Creatinsupplementation verlängert werden konnte.

Studienbeschreibung:

Die Untersuchung wurde an 14 männlichen Athleten durchgeführt. Die Probanden wurden in eine Untersuchungs- und Placebogruppe geteilt. Die Probanden hatten ein Alter von 20.8 ± 0.7 Jahren, ein Gewicht von 74.6 ± 3.4 kg und eine Größe von 183 ± 4.1 cm. Die Teilnehmer der Untersuchungsgruppe erhielten 4 x 5 g Creatin/Tag an fünf aufeinanderfolgenden Tagen und die der Placebogruppe erhielten dieselbe Menge an Glucose. Zwei Tage vor und zwei Tage nach der Supplementation erfolgte eine Untersuchung. Am zweiten Tag fand ein Laufbandtest statt der mit maximaler Dauer der anaeroben Laufkapazität bis zur Erschöpfung durchgeführt wurde. Vor, während und nach der Untersuchungsperiode absolvierten alle Probanden ein Krafttraining (2-3 h pro Tag, 6 x/Woche) mit einer Belastung von 70-100% des 1RM. Diese Übungen wurden pro Satz um 1-10 Wiederholung bis zu einem Gesamtvolumen von 100-150 Wiederholung pro Trainingssession erhöht. Spezifische Schnelligkeitstrainings wurden drei Mal pro Woche mit und ohne Belastung durchgeführt. Um die Kapazität der anaeroben Energieproduktion zu charakterisieren wurde ein 'all-out'-Laufstest verwendet. Die maximale Laufzeit wurde am Laufband bei einer 'steady speed' von 20 km/h und einer Neigung von 5° gemessen..

Ergebnisse:

Nach der Creatinsupplementation zeigte die Creatingruppe eine signifikante Verbesserung der maximalen Laufzeit bei einer Laufgeschwindigkeit von 20 km/h. Die Laktatlevel wurden in der Creatingruppe um 15% verringert (s. Tab 31)

Tab. 31 Mittlere Werte der Übungsleistung, Blutlaktatlevel nach dem Test für die Creatin- und Placebogruppen vor und nach der 5tägigen Supplementation

	Creatine group (n = 8)		Placebo group (n = 6)	
	Before	After	Before	After
	Continuous Jumping for 5 s			
Average power output ($W \times kg^{-1}$)	27.0 ± 2.0	27.7 ± 4.5	28.2 ± 3.6	28.8 ± 3.6
Average jumping height (cm)	39.4 ± 3.1	40.4 ± 2.2	41.3 ± 3.4	40.0 ± 3.4
	Continuous Jumping for 45 s			
Average power output ($W \times kg^{-1}$)	20.2 ± 1.6	20.9 ± 2.0	30.6 ± 2.0	19.7 ± 2.8
Average jumping height (cm)	29.1 ± 2.7	$31.1 \pm 3.2^*$	30.2 ± 2.8	29.8 ± 3.1
The highest blood lactate after jumping ($mmol \times l^{-1}$)	9.2 ± 1.0	10.1 ± 1.1	9.7 ± 1.2	10.9 ± 1.1
	Treadmill Running			
Exhaustion time (s)	59.1 ± 5.1	$66.9 \pm 8.9^*$	64.0 ± 1.4	64.8 ± 7.7
The highest blood lactate after running ($mmol \times l^{-1}$)* **	11.2 ± 1.6	$12.9 \pm 2.1^*$	13.2 ± 2.7	13.9 ± 2.1

Es wurden weder Veränderungen bei der Laufzeit noch bei den Laktatlevel nach der Belastung bei der Placebogruppe festgestellt. Es konnte gezeigt werden, dass eine fünftägige Creatinsupplementation die Leistung bei intensiven Laufbelastungen mit einer Dauer von bis zu einer Minute verbessern kann.

5.2.1.9 "The Effect of Creatine Supplementation on two 700m maximal running bouts"

(Terrillion et al., 1997)

Zusammenfassung:

In dieser Studie wurden die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die maximale Laufleistung bei einem simulierten Wettbewerb auf der Laufbahn eruiert. Zwölf männliche Wettkampfsportler wurden entweder einer Gruppe mit Creatin- oder mit Placebosupplementation zugeordnet. Beide Gruppen führten zwei maximale 700m Laufdurchgänge mit 60minütiger Pause auf einer Outdoor-Laufbahn durch. Eine zweite, identische Durchführung erfolgte sieben Tage später. Fünf Tage vor der zweiten Durchführung bekamen die Probanden entweder 20g/Tag Creatin bzw. ein Placebosupplement. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Placebo- und Creatingruppe. Diese Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation bei einfachen oder zweifach wiederholten maximalen Laufdurchgängen mit einer Dauer von 90-120 Sekunden keinen ergogenen Effekt hat.

Studienbeschreibung:

Zwölf männliche Wettkampfläufer in einem Alter von 21.0 ± 2.4 Jahren nahmen an der Studie teil. In der Studie wurde ein placebokontrolliertes, matched-paired Design angewendet. Die Studie erfolgte im Doppelblindedesign. Die Probanden führten auf einer Outdoor-Laufbahn einen 600m Lauf durch und wurden anhand dieser erbrachten Leistung in Paare geteilt. Jeder Teilnehmer eines Paares wurde entweder der Creatin- oder der Placebogruppe zugeteilt. Somit bestand jede Gruppe aus je 6 Teilnehmern. Eine Woche später absolvierte jedes Paar einen Test auf der Laufbahn welcher aus zwei maximalen 700m-Laufdurchgängen mit einer Pause von 60 Minuten bestand. Der gleiche Test wurde sieben Tage später durchgeführt. Fünf aufeinanderfolgende Tage vor dem zweiten Test erhielt jeder Teilnehmer viermal täglich entweder 5g Creatinmonohydrat. Es zeigten sich keine statistischen Unterschiede zwischen der Creatin und Placebogruppe. Die durchschnittlichen Unterschiede zwischen dem ersten 700m Lauf und dem zweiten 700m Lauf bei der Creatingruppe waren 0.5 ± 1.3 und -1.9 ± 1.6 s bei dem ersten und zweiten Durchgang und 0.3 ± 1.2 s und -0.4 ± 1.9 s bei Durchgang 1 und 2 bei der Placebogruppe (s. Tab. 32)

Tab. 32 Ergebnisse der maximalen 700m Läufe

	Trial 1				Trial 2			
	Bout 1		Bout 2		Bout 1		Bout 2	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Creatine	109.9	3.2	110.4	3.6	109.7	3.3	107.8	2.2
Placebo	110.2	3.5	110.4	3.0	108.5	2.9	108.1	1.3

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Creatinsupplementation in diesem Fall bei zwei wiederholten maximalen 700 m-Läufen keine ergogene Wirkung hat.

5.3 Einfluss einer Creatinsupplementation auf aerobe Belastungen (>150 s)

Bei längeranhaltenden Belastungen entstammt die Energie primär aus der aeroben Energiebereitstellung. Der anaerobe Stoffwechsel spielt im Ausdauerbereich lediglich am Beginn einer Belastung und bei wechselnder Bewegungsintensität eine Rolle.

Aus theoretischer Sicht gibt es kaum Hinweise darauf, dass eine Creatinsupplementation positive Auswirkungen auf die Ausdauerleistung hat. Engelhardt et al. (1997) kamen zu der Erkenntnis, dass eine Creatinsupplementation insbesondere auf alaktazide Belastungen wie sie etwa beim Sprint auftreten eine Auswirkung haben, nicht jedoch auf Ausdauerbelastungen. Im Ausdauersport kann eine Creatinsupplementation lediglich bei Zwischensprints und Endspurts eine Leistungsverbesserung zur Folge haben. Aufgrund der Studienlage kann man sagen, dass es kaum Hinweise darauf gibt, dass eine Creatinsupplementation einen positiven Einfluss auf Ausdauerleistungen hat. Jedoch kann es im Bereich des Ausdauersports bei Zwischensprints und Endspurts zu Leistungsverbesserungen kommen

Die Metaanalyse von Mujika et al. (1997) beschäftigt sich mit den Auswirkungen einer Creatinsupplementation bei anhaltender kontinuierlicher Belastung. Der theoretische Mechanismus, dem eine mögliche Wirkung zugrunde liegt, basiert auf der Rolle des zytostolischen Creatins als Akzeptor von mitochondrialen ATP und dem Faktum dass ein erhöhter Creatinpool die PCr-Resynthese während der Erholung verbessert. Daher könnte eine erhöhte intrazelluläre Creatinverfügbarkeit die mitochondriale ATP Produktion anheben, was wiederum die Sauerstoffaufnahme und Ausdauerleistung verbessern kann. In der Praxis konnte sich diese These jedoch kaum durchsetzen. An einer Studie mit

ausdauertrainierten Läufern welchen sechs Tage hinweg Creatin verabreicht wurde, konnte der Schluss gezogen werden, dass Creatin in dieser Studie keine Wirksamkeit hat. Die Probanden zeigten bei einem supramaximalen Laufbandtest bis zur Erschöpfung keine Verbesserung und zeigten sogar eine signifikante Verschlechterung der Zeiten während eines 6km Laufes. Grund dafür dürfte sein, dass infolge der Creatinsupplementation das Körpergewicht erhöht werden kann. Die höchste Sauerstoffaufnahme und die Trainingsherzrate blieb nach der Creatinsupplementation unverändert.

Das Resümee dieses Review Articles war, dass eine Creatinsupplementation keine positiven Auswirkungen auf Ausdauerleistungen hat.

5.3.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf aerobe Belastungen (>150 s) untersuchten

Erster Autor	Jahr	n	nc	np	sex	Alter	Dosierung/d	Dauer	Effekt	Sportart
Balsom	1993	18	9	9	m	nc:25.6(21-32) np:27.3(19-37)	4 x 5g	6 d	nein	L
Thompson	1996	10	5	5	w		2g	6 wk	nein	S
Engelhardt	1997	12	6	6	m	22-27	2 x 6g	5 d	nein	R

5.3.1.1 "Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance"

(Balsom et al., 1993)

Zusammenfassung:

Bei längeranhaltenden Belastungen entstammt die Energie primär aus dem aeroben Energiestoffwechsel. Dennoch spielt in bestimmten Situationen auch der anaerobe Metabolismus eine Rolle. Dies ist etwa zu Beginn der Belastung der Fall. Außerdem noch bei Intensitäten mit hoher VO_{2max} und bei schwankender Belastungsintensität wie dies etwa bei einem Geländelauf der Fall ist. In dieser Studie konnte jedoch keine Verbesserung der Ausdauerleistung infolge einer Creatinsupplementation festgestellt werden.

Studienbeschreibung:

Es nahmen 18 guttrainierte, männliche Teilnehmer an der Studie teil, welche in eine Creatingruppe (n=9) und eine Placebogruppe (n=9) geteilt wurden. Die Studie wurde im Doppelblinddesign durchgeführt. Das durchschnittliche Alter lag bei 25.6 (21-32) und bei 27.3 (19-37) Jahren, das Körpergewicht vor Studienbeginn war 73.6 (63 – 82.8) und 73.6 (58.4 – 92.6) kg und die maximale Sauerstoffaufnahme war 4.7 (4.1 – 5.3) und 4.6 (4.0 – 5.5).

Die Studie untersuchte des Einfluss einer Creatinsupplementation auf die Leistung während eines supramaximalen Laufes auf einem elektrischen Laufband bis zu Ermüdung und den Einfluss auf einen 6 km Geländelauf. Der anaerobe Energiebedarf der beiden Läufe ist als durchschnittliche Laktat-Anhäufung in Tabelle 33 dargestellt. Die Sauerstoffaufnahme wurde direkt vor und in 30s Intervallen während des Laufbandlaufs gemessen. Das Blutlaktat wurde nach dem Aufwärmen und 3 Minuten nach der Belastung gemessen.

Tab. 33 Leistung und physiologische Messungen der Creatin- und Placebogruppe vor und nach der Supplementation

	Creatine		Placebo	
	Pre-admin.	Post-admin.	Pre-admin.	Post-admin.
Performance (min)				
Treadmill	3.72 (0.24)	3.97 (0.25)	3.33 (0.20)	3.54 (0.30)
Terrain	23.36 (0.82)	23.79 (0.85)*	23.92 (0.79)	23.76 (0.80)
Oxygen uptake (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)				
30 s	30.4 (1.4)	27.6 (1.0)	28.5 (2.2)	27.1 (1.9)
60 s	52.7 (1.2)	52.7 (1.2)	53.9 (2.4)	53.8 (2.4)
Peak	62.4 (1.4)	62.1 (1.4)	61.8 (2.8)	61.8 (2.7)
Heart rate (beats min ⁻¹)				
Treadmill (peak)	186.1 (2.7)	188.3 (2.7)	181.8 (3.0)	180.9 (3.0)
Terrain (mean)	177.1 (1.4)	178.9 (0.8)	177.6 (3.4)	177.9 (3.4)
Blood lactate (mmol l ⁻¹)				
Treadmill	15.3 (1.2)	17.2 (1.4)*	14.6 (0.8)	13.8 (0.6)
Terrain	9.0 (0.5)	10.2 (1.1)	10.6 (0.8)	11.3 (1.0)
Plasma hypoxanthine (μmol l ⁻¹)	15.4 (2.9)	13.8 (1.8)	15.0 (0.9)	16.8 (1.5)

An zwei aufeinanderfolgenden Tagen fand der Lauf am Laufband statt. Dieser wurde bei ~120% der VO_{2max} bis zur Ermüdung durchgeführt. Außerdem wurde ein 6km langer Geländelauf unter unebenen Bedingungen durchgeführt. Die beiden Läufe wurden unter standardisierten Bedingungen nach einer 6 Tage andauernden Supplementierungsperiode durchgeführt. Dabei erhielten die Probanden entweder 4 x 5 g Creatin + 1 g Glucose (Creatingruppe) oder 6g Glukose (Placebogruppe). Es zeigte sich ein leichter Anstieg des Körpergewichtes infolge der Creatinsupplementation von 73.5 (2.3) auf 74.4 (2.3) kg, im Vergleich zur Placebogruppe bei der sich kein signifikanter

Unterschied zeigte [73.6 (3.3) auf 73.5 (3.2) kg]. Beim Laufbandlauf lag die durchschnittliche Geschwindigkeit bei 16.7 (0.3) und 17.3 (0.6) km/h bei der Creatin- und Placebogruppe. Bei beiden Gruppen wurden keine signifikanten Veränderungen festgestellt (Tab. 33). Beim Geländelauf zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei der Placebogruppe vor und nach der Supplementation. Hingegen konnte bei der Creatingruppe ein signifikanter Anstieg der Laufzeit festgestellt werden. Es ist möglich, dass dieser Anstieg mit der Zunahme des Körpergewichtes in der Creatingruppe zusammenhängt. Die Sauerstoffaufnahme veränderte sich nicht durch die Supplementationsperiode und auch bei der Herzfrequenz kam es bei beiden Läufen zu keiner Veränderung. Nur die Blutlaktat-Anhäufung beim Laufbandlauf war signifikant höher nach der Creatinsupplementation (s. Tab. 33). Als Ergebnis der Studie konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation zu keiner verbesserten Ausdauerleistung führt und auch die Sauerstoffaufnahme während langanhaltenden Ausdauerbelastungen nicht erhöht wird.

5.3.1.2 "Effect of Creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers"

(Thompson et al., 1996)

Zusammenfassung:

Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer relativ niedrig dosierten Creatinsupplementation auf den Skelettmuskelmetabolismus und die Sauerstoffaufnahme zu untersuchen. Um die Wadenmuskulatur bei 10 weiblichen Mitglieder eines Schwimmvereins zu untersuchen wurde eine Magnetresonanz und Infrarotspektroskopie eingesetzt. Die Untersuchungen wurden vor und nach einer sechswöchigen Trainingsperiode durchgeführt in welcher die Teilnehmerinnen entweder 2g Creatin oder dieselbe Dosierung als Placebopräparat einnahmen. Es zeigte sich, dass die Creatinsupplementation keine Auswirkung auf die Sauerstoffaufnahme hatte und die Leistung konnte im Vergleich zur Placebogruppe nicht verbessert werden. Eine Creatinsupplementation hat daher bei einer Dosierung von 2g/Tag keinen positiven Effekt auf den aeroben oder anaeroben Metabolismus während eines Ausdauertrainings.

Studienbeschreibung:

Zehn weibliche Athletinnen eines Schwimmteams wurden vor einer achtwöchigen Trainingsperiode mittels Magnetresonanz und Infrarotspektroskopie untersucht. Die Teilnehmerinnen wurden in eine Creatingruppe (2g Creatin) oder Placebogruppe mit der selben Dosierung eingeteilt. Der Wadenmuskel wurde in Plantarflexion im rechten Winkel mit einer Gewichtsbelastung von 10% der fettfreien Körpermasse trainiert. Die

Teilnehmerinnen führten die Übung bis zur Ermüdung durch. Dann wurde der Muskel während der Erholung untersucht. Die Leistungen vor und nach einer sechswöchigen Creatin- bzw. Placebosupplementation für 100 und 400m sind in Tabelle 34 dargestellt.

Tab. 34 Leistung vor und nach einer sechswöchigen Supplementation (Creatin und Placebo)

	<i>Placebo pre-Rx</i>	<i>Placebo post-Rx</i>	<i>Creatine pre-Rx</i>	<i>Creatine post-Rx</i>
duration in magnet (min)	13.0 (2.6)	11.0 (1.6)	11.3 (1.5)	10.5 (1.6)
reference times (s)				
100 m	71.6 (2.4)	70.6 (1.9)	73.5 (2.4)	73.8 (1.6)
400 m	320 (10)	318 (10)	346 (10)	340 (6)

Der m. gastrocnemius und m. soleus wurde mit Magnetresonanz untersucht.

Ergebnisse:

Weder die Creatin- noch die Placebogruppe zeigte eine Verbesserung bei der Leistung (Übungsdauer) während der Magnetresonanzuntersuchung. Es konnte auch keine Verbesserung der Zeiten festgestellt werden. Auch bei der Erholung der Muskulatur und der Resynthese von Creatinphosphat konnten keine positiven Veränderungen nachgewiesen werden (s. Tab 35).

Tab. 35 Ergebnisse der Magnetresonanz und Infrarotspektroskopie bei placebo- bzw. creatinbehandelten Probanden

	Placebo pre-Rx	Placebo post-Rx	Creatine pre-Rx	Creatine post-Rx
Resting muscle				
PCr/ATP	3.2 (0.2)	3.4 (0.1)	3.1 (0.1)	3.3 (0.3)
ATP (μM)	7.02 (0.01)	7.02 (0.01)	7.01 (0.02)	7.02 (0.01)
PCr (PCr + Pi)	0.88 (0.01)	0.89 (0.01)	0.89 (0.01)	0.89 (0.01)
ADP (μM)	18 (4)	14 (3)	19 (2)	16 (5)
Glucose	0.93 (0.10)	0.97 (0.07)	0.91 (0.05)	1.09 (0.16)
Choline				
Choline	0.98 (0.09)	1.05 (0.07)	0.97 (0.09)	1.01 (0.1)
Low intensity exercise spectrum				
PCr/ATP	7.07 (0.01)	7.08 (0.01)	7.08 (0.01)	7.08 (0.02)
ATP (μM)	0.71 (0.03)	0.75 (0.02)	0.74 (0.03)	0.74 (0.02)
ADP (μM)	38 (7)	31 (5)	41 (7)	33 (5)
High intensity exercise spectrum				
PCr/ATP	0.32 (0.04)	0.31 (0.03)	0.32 (0.03)	0.29 (0.03)
ATP (μM)	6.60 (0.04)	6.58 (0.05)	6.60 (0.05)	6.58 (0.05)
ADP (μM)	57 (12)	57 (11)	55 (8)	63 (5)
Recovery phase				
(mM min ⁻¹)	41 (14)	38 (11)	30 (9)	33 (12)
t _{1/2} (s)	24 (4)	17 (2)	35 (6)	27 (7)
Recovery t _{1/2}	9 (3)	8 (3)	10 (2)	12 (4)

In der Studie konnte somit kein positiver Effekt einer niedrigdosierten Creatinsupplementation auf die Ausdauerleistung nachgewiesen werden.

5.3.1.3 "Creatine supplementation in endurance sports"

(Engelhardt et al., 1997)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es die Veränderungen der Creatin- und Creatininkonzentrationen nach einer eher niedrigdosierten Creatingabe zu untersuchen. Zur Untersuchung wurde ein spezieller Test für Triathleten verwendet der Ausdauerleistungen mit Intervalleleistungen kombiniert. Vor Beginn der Creatineinnahme wurde bereits ein Test durchgeführt. Danach nahmen die Athleten für fünf Tage zweimal täglich 6g Creatin ein. Am 6. Tag wurde derselbe Test wieder durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass zwar die Intervalleleistung von der Creatinsupplementation profitierte (18%), jedoch konnte keine positive Auswirkung auf die Ausdauerleistung gezeigt werden. Somit kann man zusammenfassend sagen, dass eine Creatinsupplementation lediglich einen positiven Effekt auf kurzfristige Belastungen hat welche in ein Ausdauerprogramm eingegliedert sind.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 12 Triathleten in einem Alter von 22-27 Jahren teil. Vor dem eigentlichen Testverfahren wurde ein ansteigender Radergometertest durchgeführt um die 3 mmol/l Blutlaktat Übungsintensität festzustellen. Diese Übungsintensität wurde dann als aerobe Übungsintensität beim Untersuchungsprotokoll herangezogen (s. Abb. 38).

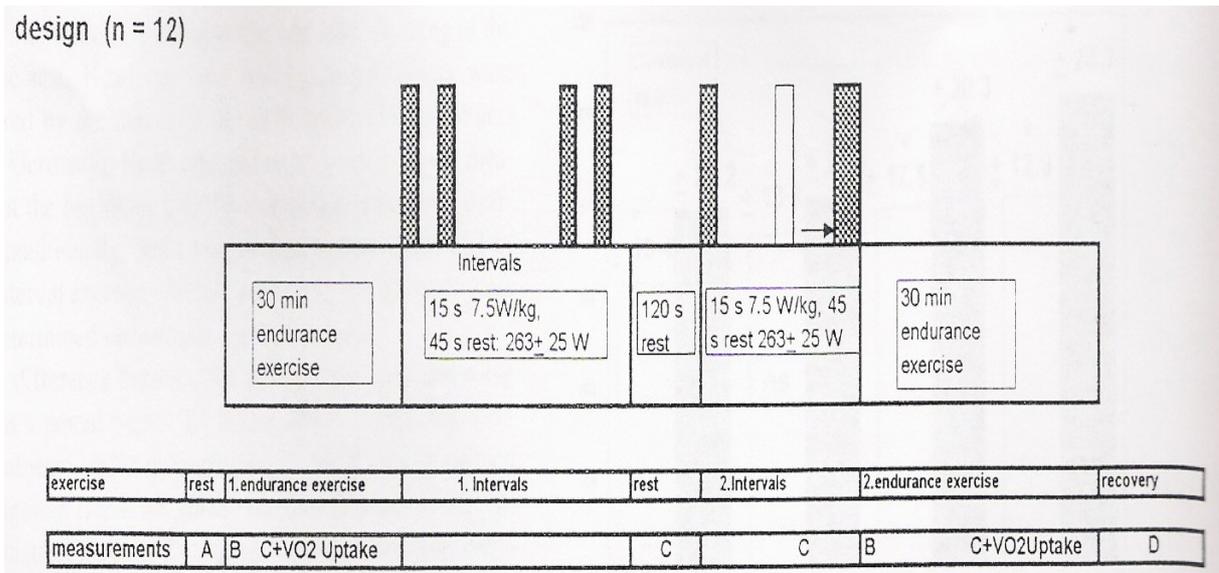


Abb. 38 Design des Creatinsupplementationstests. A: Creatin (Plasma und Urin), Creatinin (Plasma und Urin), Laktat, Glukose. B: Herzfrequenz, VO₂-Aufnahme. C: Creatin (PLasma), Creatinin (Plasma), Laktat, Glukose, Herzfrequenz. D: Creatin, Creatinin (Urin)

Die aerobe Ausdauer wurde bei einer durchschnittlichen Intensität von 265 ± 25 W für 30 Minuten durchgeführt, gefolgt von einem hochintensiven, anaeroben Intervall. Der Intervallblock wurde in zwei Perioden geteilt. Beide Perioden beinhalteten 10 Intervalle und wurden mit einer Leistung von 7.5 W/kg Körpergewicht für 15 Sekunden durchgeführt und jede Minute wiederholt. Während den 45 Sekunden zwischen jedem Intervall setzten die Probanden mit einer niedrigeren Intensität (263 ± 25 W) fort. Während den Perioden gab es eine Pause von 120 Sekunden. Die Intervallübung wurde gestoppt wenn der Athlet nicht mehr fähig war die vorgegebene Intensität aufrechtzuerhalten. Dann wiederholten die Probanden den Ausdauerstest genauso wie den ersten 30minütigen Test.

Supplementation: Beginnend mit dem Tag des ersten Tests nahmen die Probanden 2 x 6 g Creatin/Tag für fünf Tage ein. Am sechsten Tag beendeten die Probanden die Creatinsupplementation und der gleiche Test wie zuvor wurde wiederholt.

Nach dem Intervalltest zeigten 50% der Athleten eine Verminderung der Leistungsfähigkeit und waren somit nicht fähig den gesamten zweiten 30minütigen

Ausdauerfest auszuführen (durchschnittliche Dauer von 21 ± 8 Minuten bei diesen sechs Athleten). Nach der Creatinsupplementation konnten diese Athleten beim zweiten Ausdauerfest die Zeit um vier Minuten verbessern. Jedoch zeigte sich hierbei keine statistische Signifikanz. 75% der Athleten konnten ihre Leistungen verbessern, wohingegen 25% keine Verbesserungen zeigten.

Ergebnisse:

Eine Supplementation mit 6 g Creatin über 5 Tage hinweg verbesserte die Intervalleistung bei 7.5 W/kg Körpergewicht mit 15 s Dauer signifikant (durchschnittlich um 18%). Die Ausdauerleistung mit 3mmol/l Laktat mit durchschnittlich über 60 Minuten wurde durch die Creatinsupplementation nicht beeinflusst. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Gabe von 6g Creatin nur einen Einfluss auf alaktazide Leistungen hat wie sie beispielsweise bei einem Sprint auftreten. Im Ausdauersport kann sich dadurch lediglich eine Verbesserung bei Zwischensprints und Endspurts ergeben.

6 Auswirkungen einer Creatinsupplementation im Kraftsport

In einer Metaanalyse von Volek et al. (2004) konnte in einer Vielzahl aktueller Studien gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation in Verbindung mit Kraftsport die Zuwächse an Muskelkraft und –größe erhöht. Der zugrundeliegende physiologische Mechanismus der diesen ergogenen Effekt erklärt, verbleibt weitgehend unklar.

Eine Creatinsupplementation kann die Gewichtheberleistung und das Trainingsvolumen verbessern, was im Weiteren zu einer höheren Belastungsfähigkeit und einer besseren Trainingsadaptation führt. So berichten 17 von 22 Studien von positiven Effekten einer Creatinsupplementation beim Krafttraining. Zuwächse zeigten sich auch in der durchschnittlichen Muskelkraft infolge der Creatinsupplementation im Vergleich zum Placebo. Die Supplementation mit Creatin führt im Weiteren zu einer zellulären Schwellung in der Muskelzelle, welche wiederum auf den Kohlenhydrat- und Proteinmetabolismus Einfluss haben kann. Zahlreiche Studien führen zu dem Schluss, dass eine Erhöhung des intrazellulären Creatins den Glykogenlevel erhöhen kann, aber der Einfluss auf die Proteinsynthese konnte bisweilen nicht vollständig geklärt werden. Tabelle 36 zeigt sechs Studien welche den Glykogenlevel nach einer Creatinsupplementation gemessen haben. Fünf dieser Studien zeigten einen stimulatorischen Effekt und nur eine zeigte keine Auswirkung infolge der Creatinsupplementation. Der Einfluss auf die Glykogenlevel könnte den ergogenen Einfluss einer Creatinsupplementation auf trainingsinduzierte Verbesserungen der

Kraftleistungen erklären, da gezeigt werden konnte, dass erhöhte Glykogenlevel hochintensive Leistungen verbessern können.

Tab. 36 Studien mit Auswirkung einer Creatinsupplementation auf die Muskelglykogenlevel

STUDIES THAT HAVE ASSESSED THE EFFECTS OF CREATINE SUPPLEMENTATION ON MUSCLE GLYCOGEN LEVELS				
Reference	Experimental comparisons	Protocol	Cr supplementation	Change in glycogen
Robinson et al. ³⁹	High-CHO diet with Cr versus high-CHO diet without Cr	One-legged cycle exercise to exhaustion preceded supplementation	20 g/d for 5 d	23% greater for Cr; $P < 0.05$
Nelson et al. ⁴⁰	High-CHO diet with Cr versus high-CHO diet with Pl	One-legged cycle exercise to exhaustion preceded supplementation	20 g/d for 5 d	12% greater for Cr versus Pl, $P < 0.05$
Op 't Eijnde et al. ⁴¹	Cr versus Pl	2-wk right-leg immobilization followed by 10 wk of right-leg resistance-training rehabilitation	20 g/d during 2 wk of immobilization, 15 g/d during the next 3 wk, and 5 g during the remaining 7 wk	Cr + 74% versus Pl + 28% after 3 wk of rehabilitation, $P < 0.05$
Derave et al. ⁴²	Cr versus Cr + protein/CHO versus Pl	2-wk right-leg immobilization followed by 6 wk of right-leg resistance-training rehabilitation	15 g/d during 2 wk of immobilization and 2.5 g/d during 6 wk of rehabilitation	35% greater for Cr and Cr + protein/CHO versus Pl, $P < 0.05$
Newman et al. ⁴⁴	Cr versus Pl		20 g/d for 5 d followed by 3 g/d for 28 d	Cr no change versus Pl - 12%; NS (estimated from graph)
van Loon et al. ⁴³	Cr versus Pl	Supplementation with no exercise mentioned	20 g/d for 5 d followed by 2 g/d for 37 d	Cr + 18% versus Pl - 16% after 6 d only, $P < 0.05$

Es konnte gezeigt werden, dass Personen mit niedrigeren Ausgangscreatinkonzentrationen größere Anstiege des Muskelcreatins infolge der Creatinsupplementation aufweisen als Probanden mit höheren Creatinkonzentrationen (s. Abb. 39)

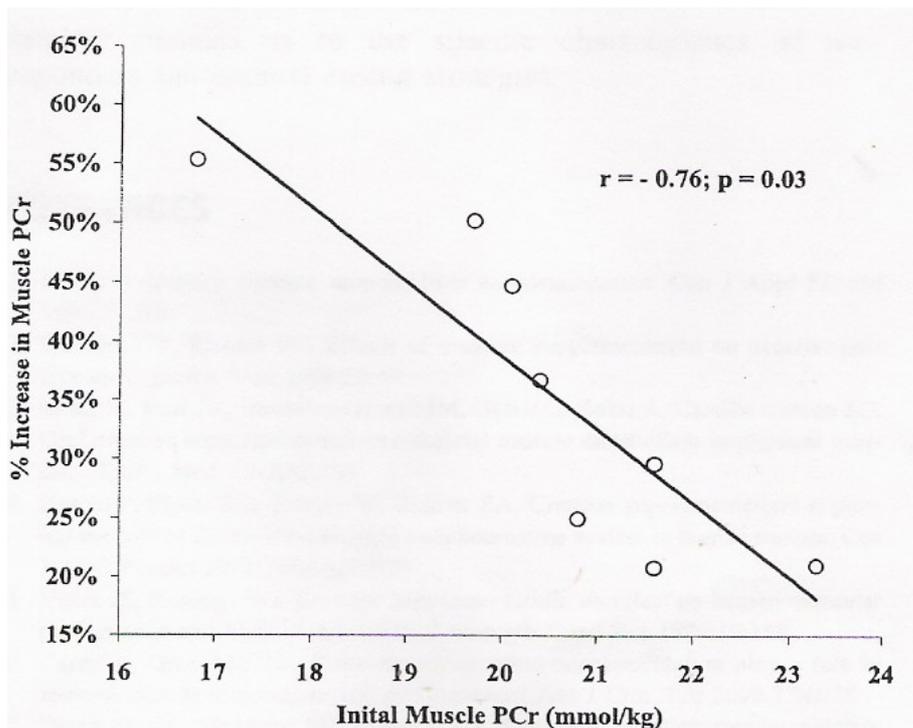


Abb. 39 Höhere Ausgangscreatinlevel sind inversiv verbunden mit einem Anstieg des Muskelcreatins nach einer Creatinsupplementation

Eine kohlenhydrat/proteininduzierte Insulinreaktion scheint einen positiven Einfluss auf die Creatinaufnahme zu haben. Zusammenfassend hat sich gezeigt, dass eine Creatinsupplementation eine sichere, effektive und legale Methode darstellt um die Muskelgröße und -stärke während eines Krafttrainings zu erhöhen.

In einer Metaanalyse von Mesa et al. (2001) wurde auf einen Anstieg der Wachstumshormonlevel infolge einer Creatinsupplementation hingewiesen. Die Ergebnisse der meisten Studien über Krafttraining zeigen, dass eine Creatinsupplementation gemeinsam mit Krafttraining zu größeren Zuwächsen führt als alleiniges Krafttraining. Es deutet viel darauf hin, dass Creatin eine anabole Wirkung im Krafttraining zeigt. So kam es in einer Studie nach einer Creatinsupplementation mit 20g zu einem signifikanten Anstieg der Wachstumshormonlevel. Jedoch nicht in allen Studien konnte ein Anstieg der Wachstumshormonlevel infolge einer Creatinsupplementation nachgewiesen werden. Es zeigte sich aber, dass die höchsten Wachstumshormonlevels im Plasma 2 - 6 Stunden nach der Creatinsupplementation gemessen wurden und in Studien bei denen keine Wirkung darauf gezeigt werden konnte, wurden keine Messungen in diesem Zeitraum durchgeführt.

6.1 Studien die den Einfluss einer Creatinsupplementation auf Krafttraining untersuchten

Erster Autor	Jahr	n	nc	np	sex	Alter	Dosierung/d	Dauer	Effekt
Nissen (Metaanalyse)	2002	-	-	-	m/w	-	Ø 19.5 g	Ø 5.3	ja
Vandenbergh	1997	19	10	9	w	19 bis 22	HD: 4 x 5 g LD: 2 x 2,5 g	4 d 10 wk	nein ja
Francaux	1999	25 (contr: n=7)	8	10	m	22 ± 2.9	21 g	9 wk	nein
Kilduff	2001	32	16	16	m	24 ± 5	20 g	5 d	ja
Maganaris crossover design	1998	10	-	-	m	28 ± 4	2 x 5 g	5 d	ja
Tarnopolsky	1999	Studie 1: 81 Studie 2: 21	-	-	m/w	-	10 g/ 5 g	5 d/7 d	ja
Greenhaff	1993	12	6	6	m/w	20 bis 28	4 x 5 g	5 d	ja
Sinclair	1997	9	-	-	m/w	30 ± 5 (n = 5) 58 ± 4 (n = 4)	0.3 g/kg	5 d	ja
Dempsey (Metaanalyse)	2002	414	-	-	m/w	-	Ø 20 g	4-7 d	ja
Johnson	2006	8	-	-	m	21 bis 28	15 g 5 g	3 d 4 w	ja
Peeters	1999	35	-	-	m	21.2 ± 2.6	20 g 10 g	3 d d 4-42	ja ja
Ferguson	2006	26	13	13	w	18 – 35	0.3 g/kg 0.03 g/kg	7 d 9 w	nein
Rawson (Metaanalyse)	2003						20 - 25 g	3 – 7d	ja

6.1.1 "Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis"

(Nissen, et al., 2002)

Zusammenfassung:

Die Autoren der Metaanalyse untersuchten die Auswirkungen unterschiedlicher Nahrungsergänzungsmittel auf die fettfreie Körpermasse und den Kraftzuwachs während eines Krafttrainingsprogramms. Dazu wurden `peer-reviewed studies´ aus den Jahren 1967 bis 2001 herangezogen. Diese unterlagen einer Reihe von Kriterien und mussten zumindest eine Dauer von drei Wochen haben und es musste mindestens zweimal pro Woche ein Krafttraining durchgeführt werden. Es stellte sich heraus, dass von den 250 untersuchten Präparaten lediglich Creatin und HMB einen signifikanten Einfluss auf den Zuwachs an fettfreier Muskelmasse hatten. Außerdem hatten nur diese beiden Präparate einen signifikanten Einfluss auf den Kraftzuwachs. Resultat dieser Metaanalyse war, dass nur Creatin und HMB in Kombination mit einem Krafttraining zu einem Zuwachs an fettfreier Muskelmasse und zu einem Kraftzuwachs führen.

Studienbeschreibung:

Als Studien für die Metaanalyse wurden ausschließlich gesunde männliche und weibliche Erwachsene herangezogen. Es wurden nur randomisierte, placebokontrollierte Studien welche in `peer reviewed journals´ publiziert wurden, verwendet. Im Weiteren wurden Studien ausgeschlossen wenn zusätzlich andere anabole Substanzen verabreicht wurden.

Das primäre Untersuchungsziel war der Einfluss auf die fettfreie Körpermasse. Das sekundäre Untersuchungsziel war der Einfluss der Supplementationen auf den Kraftzuwachs. Die Charakteristiken aller beinhalteten Studien der Metaanalyse sind in Tabelle 37 zusammengefasst.

Nur 18 Studien über Creatin erfüllten die Kriterien für diese Metaanalyse. Diese Studien hatten eine durchschnittliche Dauer von 7.5 Wochen und eine durchschnittliche Dosierung von 19.4g/Tag für 5.3 Wochen. Die durchschnittliche Erhaltungsdosis lag bei 6.7g/Tag. In der Gesamtheit führten die Studien zu einem Netto-Zuwachs an fettfreier Muskelmasse (- Placebo) von 0.36%/Woche (Abb. 40 A). Außerdem führte die Creatinsupplementation zu einer signifikanten Zunahme an Muskelkraft von 1.09% (s. Abb. 41 A)

Ergebnis der Studie war, dass von 250 Nahrungsergänzungsmittel lediglich Creatin und HMB während eines Krafttrainingprogramms eine Effizienz auf den Zuwachs an fettfreier Masse und auf die Muskelkraft hatte

Tab. 37 Zusammenfassung der Eigenschaften aller Studien, welche die Inklusionskriterien erfüllten

Authors	Year	Journal	Treatment, n	Placebo, n	Gender	Dosage/Day	Age	Training Status	Training, h/wk	Duration, wk	Body Composition	Quality Score, %
<i>Creatine</i>												
Arciero et al. (3)	2001	<i>Metabolism</i>	10	10	M	20 g/day-5 days: 10 g	21.0	U	3	4	DEXA	38.1
Bemben et al. (4)	2001	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	9	8	M	20 g/day-5 days: 5 g	19.2	T	4	9	HW	8.5
Bermon et al. (5)	1998	<i>Acta Phys Scand</i>	8	8	Both	20 g/day-5 days: 7 g		U	3	8	SF	32.4
Bermon et al. (5)	1998	<i>Acta Phys Scand</i>	8	8	Both	20 g/day-5 days: 7 g		T	3	8	SF	32.4
Brenner et al. (7)	2000	<i>J Str Cond Res</i>	7	9	F	10 g/day-7 days: 2 g	18-22	T	3	5	HW	40.0
Chrusch et al. (16)	2001	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	16	14	M	0.3 g/k-5 days: 0.07 g/k	70.7	U	3	12	DEXA	43.9
Jowko et al. (34)	2001	<i>Nutrition</i>	11	10	M	20 g/day-7 days: 10 g	19-23	U	3	3	BIA	38.9
Kelly et al. (35)	1998	<i>J Str Cond Res</i>	9	9	M	20 g/day-4 days: 5 g	26.5	T	4	4	SF	33.5
Kirksey et al. (37)	1999	<i>J Str Cond Res</i>	15	21	Both	0.3 g/kg	19.9	T	3	6	HW	51.2
Kreider et al. (40)	1998	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	11	14	M	15.75 g	19.9	T	4	4	DEXA	55.8
Larson-Meyer et al. (41)	2000	<i>J Str Cond Res</i>	7	5	F	17 g/day-7 days: 5 g		T	2	13	DEXA	40.4
Noonan et al. (51)	1998	<i>J Str Cond Res</i>	13	13	M	0.1g/kg	18-23	T	4	8	HW	41.6
Pearson et al. (55)	1999	<i>J Str Cond Res</i>	8	8	M	5 g	20.7	T	4	10	SF	31.2
Peeters et al. (57)	1999	<i>J Str Cond Res</i>	11	14	M	20 g/day-3 days: 10 g	19-29	T	4	6	SF	31.2
Stone et al. (63)	1999	<i>Int J Sports Nutr</i>	9	11	M	0.22 g/kg	18.4	T	3	5	HW	28.1
Stout et al. (64)	1999	<i>Nutr Res</i>	8	8	M	21 g/day-4 days: 10.5 g	19.6	T	4	8	DEXA	23.1
Vandenberghe et al. (65)	1997	<i>J Appl Phys</i>	10	9	F	20 g/day-4 days: 5 g	19-22	U	3	10	HW	30.8
Volek et al. (67)	1999	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	10	9	M	25 g/day-7 days: 5 g	25.5	T	4	12	HW	50.4
Average			10.0	10.4			24.0		3.4	7.5		36.4
<i>HMB</i>												
Gallagher et al. (23)	2000	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	12	14	M	38 mg/kg	21.7	U	3	8	SF	37.7
Jowko et al. (34)	2001	<i>Nutrition</i>	9	10	M	3 g	19-23	U	3	3	HW	38.9
Kreider et al. (39)	1999	<i>Int J Sports Med</i>	13	15	M	3 g	25.1	T	3	4	DEXA	43.4
Nissen et al. (short) (49)	1996	<i>J Appl Phys</i>	15	6	M	3 g	19-22	U	3	3	TOBC	25.8
Nissen et al. (long) (49)	1996	<i>J Appl Phys</i>	13	15	M	3 g	19-29	T	4	7	TOBC	16.5
Panton et al. (men) (53)	2000	<i>Nutrition</i>	21	18	M	3 g	24.0	Both	3	4	HW	39.0
Panton et al. (wom) (53)	2000	<i>Nutrition</i>	18	18	F	3 g	27.0	Both	3	4	HW	39.0
Slater et al. (62)	2001	<i>Int J Sport Nutr</i>	9	9	M	3 g		T	3	6	DEXA	40.5
Vukovich et al. (69)	2001	<i>J Nutr</i>	14	17	Both	3 g	70.1	U	2	8	DEXA	33.5
Average			13.8	13.6			29.2		3.0	5.2		34.9
<i>Chromium</i>												
Boyd et al. (6)	1998	<i>J Nutr Biochem</i>	13	9	Both	1,000 µg		T	2	13	SF	33.5
Campbell et al. (14)	1999	<i>J Appl Phys</i>	9	9	M	924 µg	50-75	U	2	12	HW	36.1
Clancy et al. (17)	1994	<i>Int J Sports Nutr</i>	18	18	M	200 µg	19.4	T	4	9	HW	25.4
Hallmark et al. (29)	1996	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	8	8	M	200 µg	24.0	U	3	12	HW	32.4
Hasten et al. (30)	1992	<i>Int J Sports Nutr</i>	18	19	M	200 µg		U	3	12	SF	26.5
Hasten et al. (30)	1992	<i>Int J Sports Nutr</i>	12	10	F	200 µg		U	3	12	SF	26.3
Joseph et al. (33)	1999	<i>Metabolism</i>	9	8	M	924 µg	63	U	2	12	HW	39.1
Joseph et al. (33)	1999	<i>Metabolism</i>	8	7	F	924 µg		U	2	12	HW	39.4
Livolsi et al. (43)	2001	<i>J Str Cond Res</i>	8	7	F	500 µg	19-29	T	3	6	HW	37.5
Lukaski et al. (44)	1996	<i>Am J Clin Nutr</i>	12	12	M	200 µg	19.6	U	4	8	DEXA	28.7
Volpe et al. (68)	2001	<i>J Am Coll Nutr</i>	22	22	F	400 µg		U	2	12	HW	37.5
Walker et al. (70)	1998	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	7	7	M	3.5 µmol	20.2	T	4	14	HW	36.4
Average			12.0	11.3			34.0		2.8	11.2		33.2

Authors	Year	Journal	Treatment, n	Placebo, n	Gender	Dosage/Day	Age	Training Status	Training, h/wk	Duration, wk	Body Composition	Quality Score, %
<i>Androstenedione</i>												
Broeder et al. (9)	2000	<i>Arch Intern Med</i>	15	18	M	200 mg	48.1		3	12	DEXA	34.9
King et al. (36)	1999	<i>JAMA</i>	10	10	M	300 mg; 2-on, 1-off	45.0	U	3	8	HW	37.1
Wallace et al. (71)	1999	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	20	10	M	100 mg	19-29	T	3	12	HW	24.7
Average			15.0	12.7			39.0		3.0	10.7		32.2
<i>Dehydroepiandrosterone</i>												
Brown et al. (10)	1999	<i>J Appl Phys</i>	9	10	M	150 mg; 2-on, 1-off	48.1	U	3	8	HW	24.3
Wallace et al. (71)	1999	<i>Med Sci Sports Exerc</i>	10	10	M	100 mg	19-29	T	N/A	12	HW	24.7
Average			9.5	10.0			36.1		3.0	10.0		24.5
<i>Protein</i>												
Burke et al. (11)	2001	<i>Int J Sport Nutr</i>	10	5	M	1.20 g/kg	18-31	T	5.5	6	DEXA	33.8
Campbell et al. (13)	1995	<i>Am J Phys</i>	6	6	Both	0.80 g/kg	56-80	U	3	12	HW	27.2
Lemon et al. (42)	1992	<i>J Appl Phys</i>	12	12	M	1.27 g/kg	22.4	U	5.5	4	HW	21.3
Nissen et al. (short) (49)	1996	<i>J Appl Phys</i>	6	7	M	1.35 g/kg	19-29	U	3	3	TOBC	25.8
Average			8.5	7.5			34.7		4.3	6.3		27.0

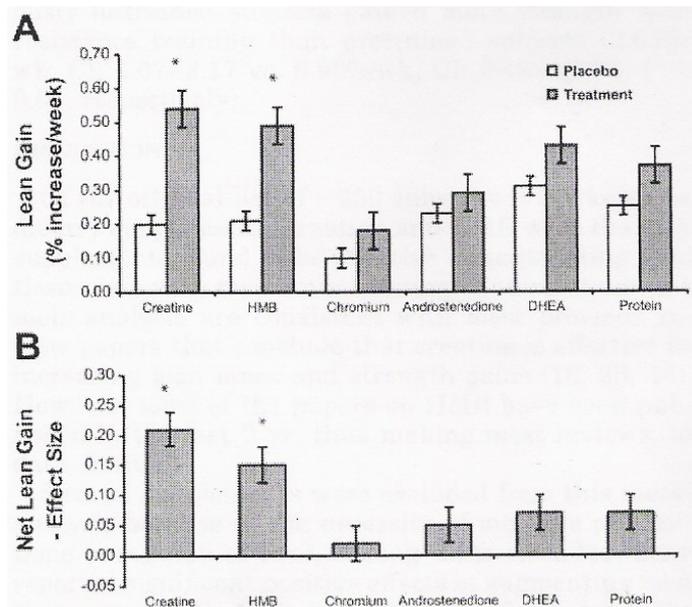


Abb. 40 Vergleich des Nettozuwachses an fettfreier Körpermasse des Placebos und der Behandlungsgruppe für jedes Supplement. **A:** fettfreier Zuwachs als prozentueller Zuwachs pro Woche, **B:** Netto-Effektgröße für jedes Supplement

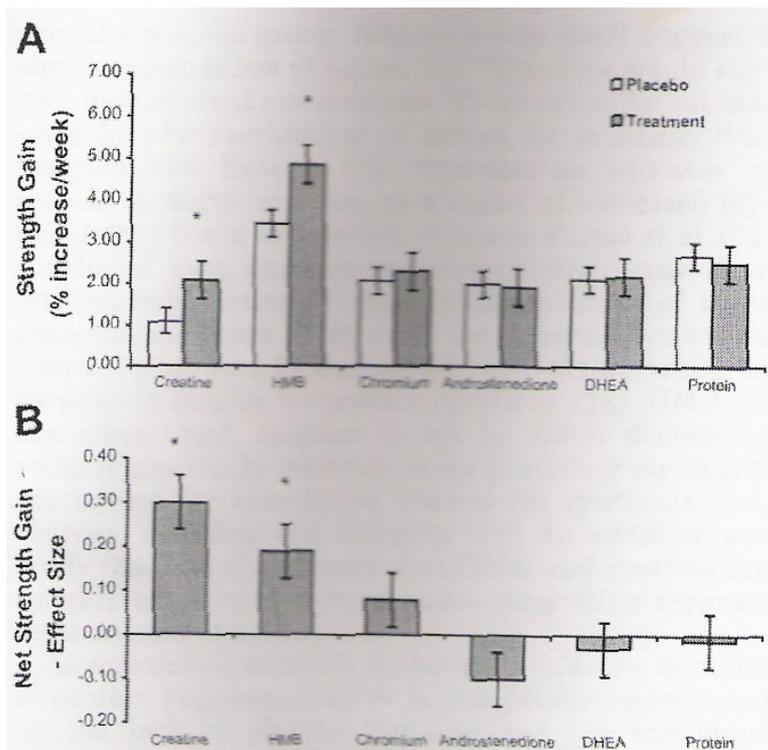


Abb. 41 Vergleich der Nettozuwächse an Kraft der Placebo- und Behandlungsgruppen für jedes Supplement. A: Kraftzuwachs als prozentueller Zuwachs pro Woche. B: Nettoeffektgröße für jedes Supplement

6.1.3 "Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training"

(Vandenberghes et al., 1997)

Zusammenfassung:

In der Studie wurden die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Creatinphosphat-Konzentration, Muskelkraft und Körperkomposition während eines 10wöchigen Krafttrainings (3h/Woche) an jungen Frauen untersucht. Es konnte im Vergleich zur Placebogruppe gezeigt werden, dass die PCr-Konzentration während der Creatinsupplementation um 6% angestiegen ist. Dieser Anstieg wurde während des 10wöchigen Trainings mit einer niedrigen Creatingabe (5g/Tag) aufrechterhalten. Im Vergleich zur Placebogruppe kam es in der Creatingruppe zu einem signifikanten Anstieg der Maximalkraft und der maximalen intermittierenden Belastungskapazität der Armbeuger. Außerdem kam es zu einem signifikanten Anstieg der fettfreien Masse. Nach Beendigung der Creatineinnahme sank das Creatinphosphat in der Muskulatur innerhalb von 4 Wochen wieder auf das Ausgangsniveau. Es konnten in dieser Studie gezeigt werden, dass eine Langzeiteinnahme von Creatin zu einer höheren Zunahme der Muskelkraft innerhalb eines Krafttrainingsprogramms bei jungen Frauen führte.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 19 gesunde Probandinnen in einem Alter zwischen 19 und 22 Jahren teil. Die Studie erfolgte im Doppelblinddesign. Die Teilnehmer wurden entweder der Creatingruppe (n = 10) oder der Placebogruppe (n = 9) zugeordnet. Zuerst erhielt die Creatingruppe 4x täglich 5g Creatinmonohydrat über vier Tage hinweg, während die Placebogruppe die gleiche Menge Maltodextrin erhielt (HD Phase). Daran schloss eine 10wöchige Periode an in der die Creatingruppe zweimal täglich 2.5 g Creatin erhielt und die Placebogruppe erhielt die selbe Menge Maltodextrin (LD PHASE). Während der letzten Periode führten die Teilnehmer dreimal pro Woche ein einstündiges Krafttraining durch. Dieses Training bestand aus sieben verschiedenen Übungen: Beinpresse, Kniebeuge, Schulterpresse, Bankdrücken, Beinbeuge, Beinstrecker und Sit ups. Jede Übung wurde in 5 Serien zu 12 Wiederholungen mit 70% des 1RM (one repetition maximum) durchgeführt. Vor und nach der HD-Phase sowie 5 und 10 Wochen nach dem Training kombiniert mit LD wurde eine Magnetresonanztomographie des m. gastrocnemius des rechten Beines durchgeführt. Anschließend an die Messung führten die Probanden einen intermittierenden Belastungstest des rechten Armes auf einem isokinetischen Dynamometer durch um die dynamische Kraft und den Ermüdungsindex der Armbeugemuskelatur zu evaluieren. Am Ende des Trainings zuzüglich der LD-Periode stellte sich ein Teil der Probanden (n=13) für eine 10wöchige Abtrainierungsphase bereit. Anschließend wurde das Training beendet und die LD Supplementation wurde in beiden Gruppen (CR: n = 7, P: n = 6) weitergeführt. Nach Abschluss dieser Periode wurde die LD-Supplementation eingestellt. Anschließend wurden 3 und 10 Wochen nach der LD-Periode sowie 1 und 4 Wochen nach Beendigung der Supplementation eine Magnetresonanztomographie des m. gastrocnemius und ein intermittierender Armbeuge-Test auf einem isokinetischen Dynamometer durchgeführt.

Ergebnisse:

Resultat der 4tägigen Supplementation (HD-Supplementation): Die Ergebnisse der Magnetresonanztomographie und die ATP/PCr Konzentrationen des m. gastrocnemius vor und nach der 4tägigen Supplementation sind in Tabelle 38 abgebildet.

Die durchschnittlichen Werte des Muskel-ATPs und –Phosphocreatins der Creatingruppe unterschieden sich nicht von der Placebogruppe. Bei den Armübungen wurden fünf Serien (S1-S5) mit 30 maximal möglichen dynamischen Armflexionen durchgeführt mit einem zweiminütigen Ruheintervall. Der Verlauf der Ermüdung der Muskulatur ist in Abbildung 42 dargestellt.

Tab. 38 Muskel ATP und PCr Konzentrationen und PCr/ATP Ratio in Ruhe vor und nach einer hochdosierten viertägigen Supplementation sowie 5 und 10 Tage nach einer niedrigdosierten Supplementation mit Creatin bzw. Placebo in Kombination mit Krafttraining

	Pre	High Dose	Training + Low Dose	
		4 days	5 wk	10 wk
ATP, mmol/kg wet wt				
Placebo group	5.5 ± 0.2	5.6 ± 0.2	5.7 ± 0.3	5.4 ± 0.3
Creatine group	5.6 ± 0.2	5.4 ± 0.2	5.4 ± 0.2	5.4 ± 0.2
PCr, mmol/kg wet wt				
Placebo group	22.5 ± 0.7	22.2 ± 1.1	22.4 ± 1.1	22.5 ± 1.3
Creatine group	23.0 ± 0.5	24.2 ± 0.8*	24.5 ± 1.2*	24.2 ± 1.1*
PCr/ATP				
Placebo group	4.1 ± 0.1	4.0 ± 0.1	3.9 ± 0.1	4.2 ± 0.1
Creatine group	4.1 ± 0.1	4.5 ± 0.2*	4.5 ± 0.2*	4.5 ± 0.1*

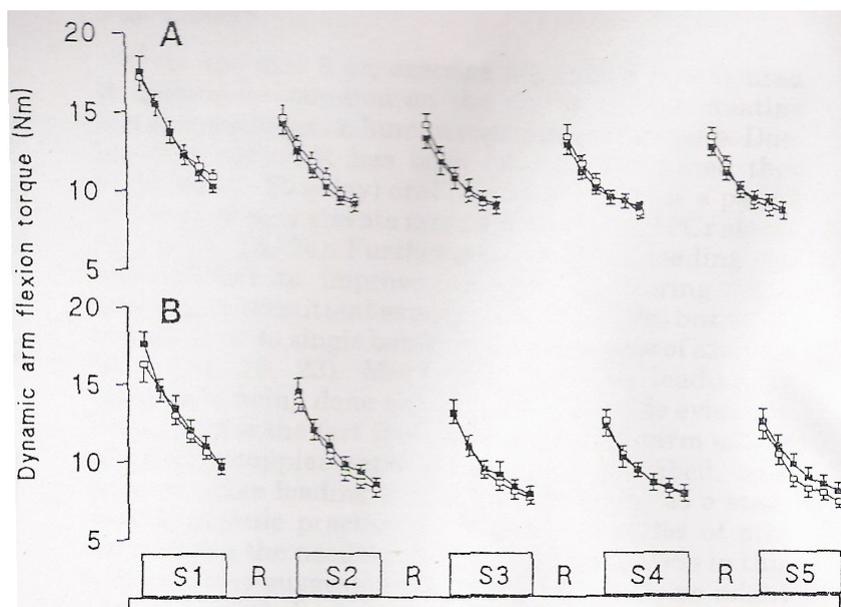


Abb. 42 Dynamischer Armbeuge-Drehpunkt während einer maximalen intermittierenden Übung vor und vier Tage nach einer hochdosierten Creatinsupplementation. Die Daten repräsentieren den Durchschnitt von fünf aufeinanderfolgenden Kontraktionen vor und nach einer viertägigen Supplementation mit Placebo (A) und Creatin (B)

Die Daten präsentieren die durchschnittlichen Werte für fünf aufeinanderfolgende Kontraktionen vor und nach HD für beide Gruppen (Cr und P). Bei jeder Serie wurde die Höchstleistung zu Beginn erbracht und anschließend kam es zu einer progressiven Abnahme der Leistung. Die durchschnittlichen Werte unterschieden sich nicht signifikant

zwischen den beiden Gruppen. Auch der Abfall der Leistung unterschied sich in der Creatingruppe nicht signifikant von der Placebogruppe.

Das 1RM von Beinpresse, Bankdrücken, Beinbeuge, Beinstreckung, Kniebeuge und Schulterpresse wurde vor und nach einem 5 und 10wöchigen Krafttraining in Kombination mit LD evaluiert (s. Tab. 39).

Tab. 39 Maximale Muskelkraft vor und nach 5 und 10 Wochen mit einer niedrigdosierten Creatin- bzw. Placebosupplementation in Kombination mit Krafttraining

	Pre	Training	
		5 wk	10 wk
Leg press			
Placebo group	231 ± 18	272 ± 25	288 ± 24
Creatine group	244 ± 20	292 ± 20	348 ± 30*
Bench press			
Placebo group	48 ± 3	54 ± 4	66 ± 4
Creatine group	47 ± 2	59 ± 3	68 ± 4
Leg curl			
Placebo group	28 ± 2	32 ± 2	39 ± 4
Creatine group	27 ± 2	36 ± 3	44 ± 2
Leg extension			
Placebo group	51 ± 4	71 ± 4	80 ± 6
Creatine group	54 ± 4	85 ± 7	100 ± 8*
Squat			
Placebo group	57 ± 4	68 ± 4	71 ± 6
Creatine group	57 ± 3	80 ± 6	83 ± 5*
Shoulder press			
Placebo group	50 ± 2	56 ± 3	62 ± 2
Creatine group	52 ± 3	60 ± 3	68 ± 3

Bei der Placebogruppe kam es nach fünf Wochen beim 1RM bei drei Übungen (Beinstrecker, Kniebeuge und Schulterpresse) zu einem signifikanten Anstieg (von +15 auf +40%). Hingegen stiegen nach einem 10wöchigen Training +LD alle 1RM Werte an (von +25% auf +57%). Ein fünfwöchiges Training plus LD war in der Creatingruppe ausreichend für einen Anstieg aller 1RMs (von +16% auf 56%). Verglichen mit der Placebogruppe war die Steigerung des 1RMs für die Beinpresse, Beinstrecker und Kniebeuge nach dem 10wöchigen Training um 20-25% größer bei der Creatingruppe und Eine leichte Steigerung zeigte sich auch bei der Bankpresse und bei der Beinbeuge. Keinen signifikanten Unterschied hingegen gab es beim Kraftzuwachs der Schulterpresse zwischen den beiden Gruppen. Körperkomposition: Der Anstieg der fettfreien Masse der bei der Creatingruppe am Ende des Krafttrainings +LD gemessen wurde, konnte während des Abbautrainings aufrechterhalten werden (s. Abb. 43). Die Datenwerte sind Mittel ± SA von 6 Probanden der Placebogruppe und sieben der Creatingruppe und sie repräsentieren die Veränderung der fettfreien Masse in den vier Tagen der HD Supplementation (20 g/Tag), gefolgt von einem 10wöchigen Training plus LD

Supplementation (5 g/Tag), gefolgt von einem 10wöchigen niedrigdosierten Supplementation (5 g/Tag) mit Creatin bzw. Placebo nach der Beendigung des Trainings.

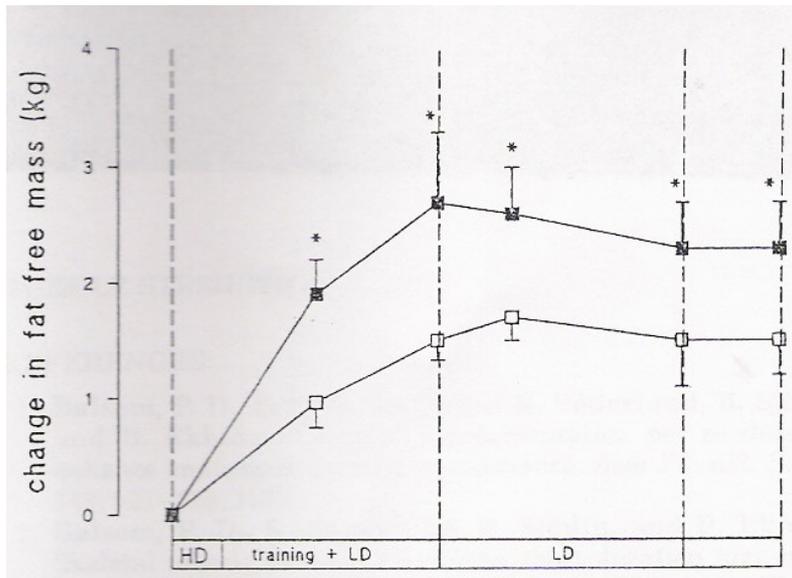


Abb. 43 Auswirkungen einer Langzeit-Creatinsupplementation auf die fettfreie Masse.

Verglichen mit der Placebogruppe war die fettfreie Masse auch vier Wochen nach Abschluss der LD-Periode bei der Creatingruppe signifikant größer.

6.1.4 "Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass" (Francaux et al., 1999)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es den Effekt einer Creatinsupplementation auf die Größe der extra- und intrazellulären Strukturen und auf den Anstieg der isokinetischen Kraft während eines Krafttrainingsprogramms zu untersuchen. An der Studie nahmen 25 gesunde männliche Teilnehmer im Alter von 22.0 ± 2.9 Jahren teil. Sieben Probanden bildeten die Kontrollgruppe und führten weder ein Training durch noch erhielten sie ein Supplement. Die 18 anderen Teilnehmer wurden in eine Creatingruppe ($n=8$) und eine Placebogruppe ($n = 10$) eingeteilt. Diese beiden Gruppen führten ein 42tägiges Krafttrainingsprogramm mit einem anschließenden Abbautraining welche 21 Tage dauerte durch. Die Supplementation (Creatin und Placebo) wurden neun Wochen lang verabreicht. Die isokinetische Kraft wurde mittels Single-Kniebeugen ermittelt. Sowohl bei der Creatin- als auch bei der Placebogruppe stieg die isokinetische Kraft um etwa 6% nach der Trainingsperiode an. Es zeigte sich, dass es infolge der Creatinsupplementation zu keinem höheren Kraftanstieg während einer einzelnen Bewegung kommt.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 25 gesunde, männliche Probanden in einem Alter von 22.0 ± 2.9 Jahren teil. Die Teilnehmer wurden in drei Gruppen geteilt. Sieben Personen bildeten die Kontrollgruppe, diese führten weder ein Training durch noch konsumierten sie ein Supplement. Die 18 anderen Teilnehmer wurden der Creatingruppe (n = 8) oder der Placebogruppe (n = 10) zugeteilt. Diese beiden Gruppen absolvierten ein 42tägiges Krafttrainingsprogramm mit einem anschließenden 21tägigen Abbautraining. Der Studienablauf erfolgte im Doppelblinddesign. Die Teilnehmer der Creatingruppe erhielten an fünf aufeinanderfolgenden Tagen 21g Creatinmonohydrat/Tag (3 x 7g). Die Placebogruppe erhielt dieselbe Menge Maltodextrin. Bevor die isokinetische Kraft gemessen wurde, absolvierten die Probanden ein Aufwärmtraining. Dieses wurde mittels Single-Kniebeuge auf einem isokinetischen Dynamometer gemessen. Den Probanden wurde angewiesen während der gesamten Bewegung die höchstmögliche Kraft aufzubringen. Die Messungen wurden zweimal mit einer dreiminütigen Erholungspause durchgeführt. Dabei wurde nur der höhere der beiden Werte berücksichtigt. Es wurde ein sechswöchiges Trainingsprogramm durchgeführt (von Tag 1 bis Tag 42). Den Teilnehmern wurde angewiesen dreimal pro Woche zu trainieren. In der ersten Woche führten die Probanden jedes mal 6 Serien mit 6 Kniebeugen mit einer Belastung von 30% des Wertes der am ersten Tag gemessen wurde durch. In der letzten Woche bestand jede Trainingseinheit aus 8 Serien mit 6 Kniebeugen mit 42% des am ersten Tag gemessenen Wertes. Am Ende der Trainingsperiode wurde wieder die isokinetische Kraft gemessen. Dann wurden die Teilnehmer angewiesen das Trainingsprogramm zu beenden jedoch die Creatinsupplementation für drei Wochen weiterzuführen (von Tag 42 bis Tag 63). Anschließend wurde wieder die isokinetische Kraft gemessen.

Ergebnisse:

Die obere Zeile in Tabelle 40 präsentiert die durchschnittlichen Werte der isokinetischen Kraft zur Zeit vor und am Ende der Trainingsperiode.

Tab. 40 Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die isokinetische Kraft, gemessen während einer Single-Kniebeuge

	Control group			Placebo group			Creatine group		
	day 1	day 42	ANOVA	day 1	day 42	ANOVA	day 1	day 42	ANOVA
Training period									
Force (N)	1658 ± 216	1776 ± 216	NS	1657 ± 167	1756 ± 128	0.022	1619 ± 284	1727 ± 245	0.008
	day 42	day 63	ANOVA	day 42	day 63	ANOVA	day 42	day 63	ANOVA
Detraining period									
Force (N)	1776 ± 216	1638 ± 167	NS	1756 ± 128	1756 ± 255	NS	1727 ± 245	1766 ± 284	NS

Die Kontrollgruppe zeigte keinerlei Veränderungen der durchschnittlichen Kraftentwicklung während der Single-Kniebeuge. Jedoch sowohl in der Creatingruppe als auch in der Placebogruppe zeigte sich hierbei eine Leistungssteigerung von 6%. Das zeigt, dass eine Creatinsupplementation während dem Training zu keinem höheren Anstieg der isokinetischen Kraft während einer einzelnen Bewegung führt.

6.1.5 " Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans"

(Kilduff et al., 2001)

Zusammenfassung:

Die Studie untersuchte die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die Kraftentwicklung bei isometrischem Bankdrücken bei Kraftsportlern. Dabei wurden 32 Männern nach der höchsten isometrischen Kraft in Gruppen geteilt und nach dem Doppelblindverfahren entweder der Creatin- oder der Placebogruppe zugewiesen. Die Teilnehmer führten vor und fünf Tage nach einer Creatin- bzw. Placebosupplementation (20g Creatin + 180g Dextrose bzw. 200g Dextrose) einen isometrischen Bankdrücktest mit fünf maximalen Kontraktionen durch. Die höchste aufgebrauchte Kraft und die Gesamtkraft vor- bzw. nach der Supplementation der Creatingruppe unterschieden sich nicht von der Placebogruppe. Nach Ausschluss der Nonresponder (vier Teilnehmer wurden als Nonresponder identifiziert) war jedoch sowohl die Veränderungen der höchsten aufgebrauchten Kraft als auch der Gesamtkraft nach der Supplementation bei der Creatingruppe signifikant höher als bei der Placebogruppe. Es zeigte sich, dass es bei den Personen die auf Creatin reagieren (Responder) zu signifikant höheren Leistungen bei der höchsten aufgebrauchten Kraft als auch bei der Gesamtkraft bei wiederholten maximalen isometrischen Bankdrückübungen kommt verglichen mit der Placebogruppe.

Studienbeschreibung:

32 gesunde, männliche Kraftsportler (s. Tab.41) nahmen an der Studie teil.

Tab. 41 Charakteristika der Probanden

	Placebo Group (N = 11)		Creatine Group (N = 21)	
	Pre	Post	Pre	Post
Age (yr)	24 ± 5	—	24 ± 5	—
Height (cm)	179 ± 8	—	179 ± 7	—
Weight (kg)	80.1 ± 7.3	80.2 ± 7.1	84.1 ± 8.2	85.1 ± 8.0
Total body water (L)	48.4 ± 3.7	48.5 ± 3.9	49.9 ± 4.1	50.4 ± 4.2
Total body water (%)	60.0 ± 3.6	60.6 ± 2.8	59.5 ± 3.0	59.4 ± 3.0
Lean body mass (kg)	69.3 ± 5.6	69.4 ± 5.8	71.9 ± 5.7	72.6 ± 5.7
Lean body mass (%)	86.7 ± 4.1	86.7 ± 4.1	85.7 ± 3.5	85.5 ± 3.4
Body fat (kg)	10.9 ± 3.8	10.8 ± 3.7	12.2 ± 3.9	12.6 ± 3.8
Body fat (%)	13.4 ± 4.1	13.3 ± 4.1	14.3 ± 3.5	14.5 ± 3.4
Peak power (N)	815 ± 255	—	812 ± 207	—
Training history (yr)	5 ± 2	—	5 ± 2	—

Vor dem eigentlichen Test wurden Eingewöhnungstests durchgeführt. Auf Basis der Ergebnisse des Eingewöhnungstests bei dem die höchste Kraft ermittelt wurde, wurden die Teilnehmer im Doppelblindverfahren entweder der Creatin- oder der Placebogruppe zugeteilt. Anschließend an die Eingewöhnungsperiode führten alle Probanden zwei isometrische Bankdrücktests in einem zeitlichen Abstand von 5 Tage durch. Die Supplementationsperiode startete bei beiden Gruppen am Tag nach dem ersten isometrischen Bankdrücktest und wurde einen Tag vor dem zweiten Test beendet. Das Untersuchungsdesign ist in Abbildung 44 dargestellt.

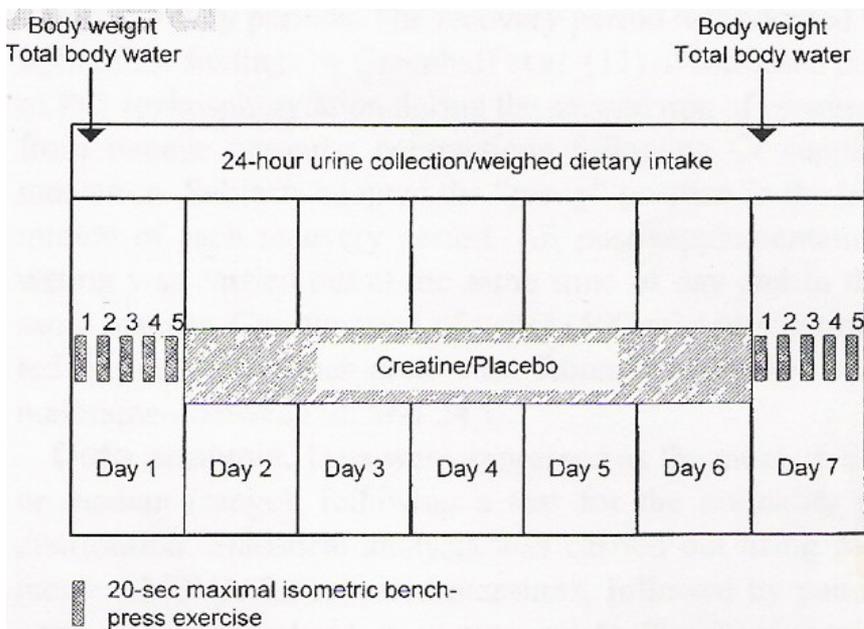


Abb. 44 Untersuchungsdesign

Die Creatingruppe bekam 2 x 10g Creatin mit 180g Glukosepolymer am Tag und die Placebogruppe erhielt 202g Glucosepolymer am Tag. Vor den isometrischen Bankdrücktest absolvierten alle Probanden ein fünfminütiges Aufwärmtraining auf dem Armergometer. Jeder Teilnehmer führte anschließend fünf aufeinanderfolgende maximale isometrische Bankdrückübungen durch. Den Probanden wurde angewiesen für 20s (eine Dauer bei der gezeigt wurde, dass sie die PCr-Speicher zu 98% entleert) so fest als möglich zu drücken. Die ausgeübte Kraft wurde von der Bank auf eine Kraftmessplattform übertragen und die höchste Kraft, Gesamtkraft sowie der Ermüdungsindex konnten so gemessen werden. Dies wurde vier weitere Male mit einer zweiminütigen Erholungspause durchgeführt. Vor der Supplementation gab es keine Unterschiede bei der höchsten gemessenen Kraft und der Gesamtkraft zwischen der Creatin- und der Placebogruppe. In beiden Gruppen zeigte sich beim Test vor und nach der Supplementation ein deutlicher Abfall der Höchstleistungskraft über die fünf Wiederholungen hinweg. Es wurden keine signifikanten Veränderungen der Höchstleistung (postsupplementation minus presupplementation) bei der Creatingruppe im Vergleich zur Placebogruppe festgestellt. Unter Ausschluss der Nonresponder zeigte sich allerdings eine signifikant größere Veränderung der Höchstleistungskraft und der Gesamtkraft verglichen mit der Placebogruppe. Beim prozentuellen Abfall der Kraftproduktion zeigte sich allerdings auch unter Ausschluss der Nonresponder kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Die Studie zeigte, dass eine fünftägige Creatinsupplementation zu einem signifikanten Anstieg der Höchstleistungskraft und der Gesamtkraft während wiederholten 20s andauernden isometrischen Bankdrückübungen in einer Gruppe von 17 Respondern führte (s. Abb. 45).

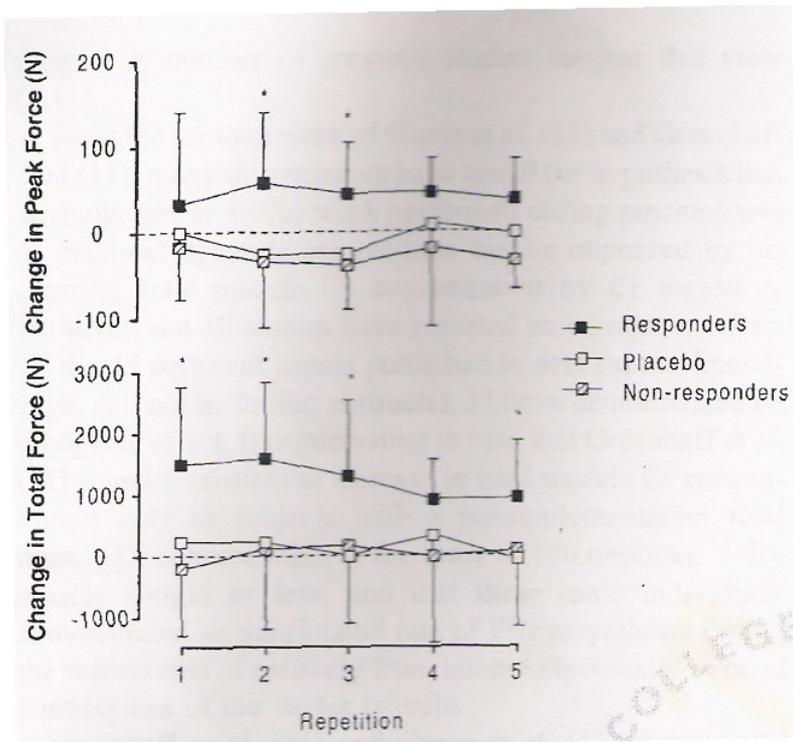


Abb. 45 Veränderungen der Peak Kraft (oben) und Gesamtkraft (unten) in der Creatin- und Placebogruppe

6.1.6 "Creatine supplementation enhances maximum voluntary isometric force and endurance capacity in resistance trained men"

(Manganaris, et al., 1998)

Zusammenfassung:

Die Studie untersuchte die Hypothese, dass eine Creatinsupplementation die Leistung von isometrischen Übungen bei Probanden während eines gleichzeitigen Krafttrainingsprogramms erhöhen kann. Zehn männliche Teilnehmer wurden in drei Untersuchungseinheiten, welche sieben Tage voneinander getrennt waren, getestet. Bei jeder Einheit wurde die maximal mögliche Kontraktionskraft (MVC) in beiden Beinen gemessen und die isometrische Ausdauerkapazität bei 80, 60, 40 und 20% der MVC des stärkeren Beines mit einer 4minütigen Pause zwischen den Kontraktionen. Zusätzlich wurde die Ausdauerkapazität bei 80% der MVC des schwächeren Beines bei 10 Wiederholungen mit 2minütiger Erholungspause gemessen. Die Studie wurde in einem Doppelblind-Cross-over-Design durchgeführt. Die Teilnehmer wurden entweder der Creatin-Placebogruppe (Gruppe A: Tag 2-6: 10g Creatin/Tag; Tag 9-13: 10g Glucosepolymer/Tag) oder der Placebo-Creatin-Gruppe (Gruppe B entgegengesetzte Einnahmeabfolge) zugeteilt. Die MVC stieg etwa 10% und die Körpermasse stieg um 1.7

± 0.4 kg und 1.8 ± 0.3 kg in Gruppe A und B nach der Creatinsupplementation. Die Ausdauerkapazität stieg in beiden Durchgängen nach der Creatinsupplementation.

Studienbeschreibung:

10 gesunde, männliche Teilnehmer mit einem durchschnittlichen Alter von 28 ± 4 Jahre und 6 ± 2 jähriger Trainingserfahrung nahmen an der Studie teil. Sieben Tage vor der Untersuchung absolvierten die Probanden ein Eingewöhnungstraining. Die maximal erreichbare Kraft (MVC) der Kniestrecker wurde an einem isometrischen Dynamometer getestet. Die Übung wurde in sitzender Position, mit einer Hüft- und Kniebeugung von 90° durchgeführt. Gemessen wurde die Fähigkeit der Probanden einer Kontraktionskraft von 80, 60, 40 und 20% der MVC bis zur Ermüdung Widerstand zu leisten. Zwischen den Versuchen erfolgte eine 4minütigen Erholungspause. Vier Minuten nach dem letzten Test mit dem stärkeren Bein, wurde der Widerstand des schwächeren Beins bis zur Ermüdung mit einer konstanten Kraft von 80% der MVC getestet (10 WH und 2 min Erholungspause). Jeder der Probanden wurde zu drei Zeitpunkten mit 7tägiger Pause (Tag 1, 8 und 15) getestet. Nach der ersten Untersuchungseinheit wurden die Teilnehmer entweder der Creatin-Placebogruppe (Gruppe A) oder der Placebo-Creatin-Gruppe (Gruppe B) zugeteilt. Der Creatin-Placebogruppe wurde nach der ersten Untersuchung (Tag 2-6) für 5 Tage zweimal täglich ein Creatinsupplement verabreicht sowie ein Placebosupplement welches sie nach der zweiten Untersuchung (Tag 9-13) zweimal täglich für fünf Tage einzunehmen hatten. Der Behandlungsablauf erfolgte bei der Placebo-Creatin-Gruppe in umgekehrter Reihenfolge. Jede Creatinpackung enthielt eine Menge von 5g Creatin und 92.5g Glukosepolymer in Pulverform und jedes Placebosupplement enthielt 98.2 g Glucose Polymer. Der Ablauf der Studie erfolgte in einem randomisierten Doppelblinddesign. Die erste Supplementationseinheit wurde eine Stunde vor dem Training und die zweite Einheit nach Beendigung des Training eingenommen.

Ergebnisse:

Die MVC stieg in beiden Gruppen nach der Creatinsupplementationsphase um etwa 10% an. Der Anstieg der MVC war in beiden Beinen gleich groß (Abb. 46 a, b).

Die Ausdauerkapazität (gemessen als Zeit bis zur Ermüdung) mit einer Kraft von 80, 60, 40 und 20% der MVC stieg nach der Creatinsupplementation signifikant an (Abb. 47 a,b und 48 a,b).

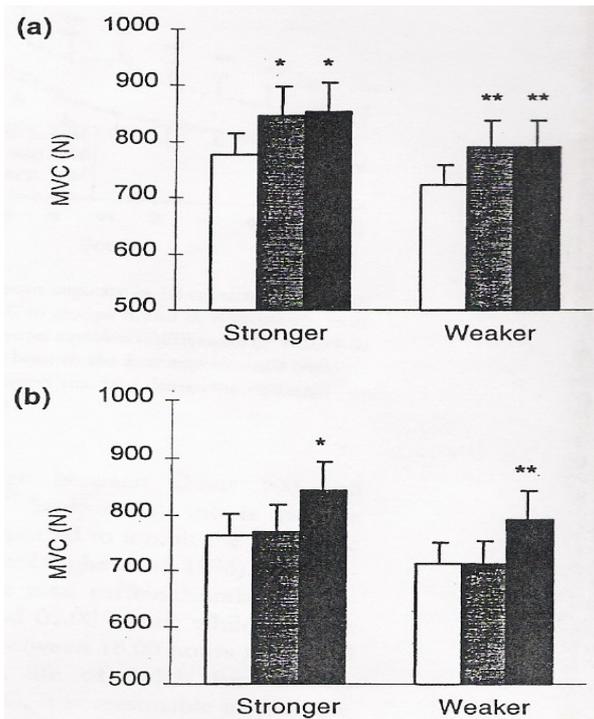


Abb. 46 MVC des stärkeren und schwächeren Beines in Gruppe A und B, sowie in allen drei Versuchsdurchgängen. Die weißen und grauen Balken repräsentieren den ersten, zweiten und dritten Testdurchgang

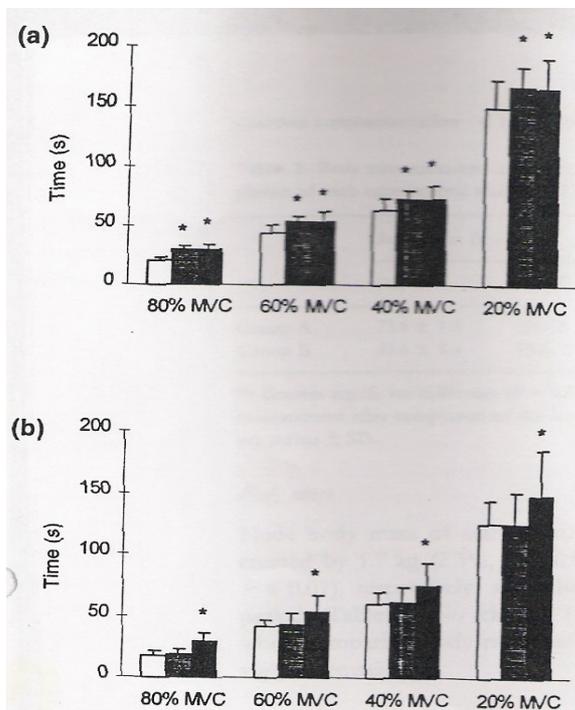


Abb. 47 Ausdauerkapazität bei wiederholten Durchgängen mit dem stärkeren Bein in Gruppe A und B, sowie in allen drei Untersuchungsdurchgängen. Die weißen, grauen und schwarzen Balken repräsentieren den ersten, zweiten und dritten Untersuchungsdurchgang

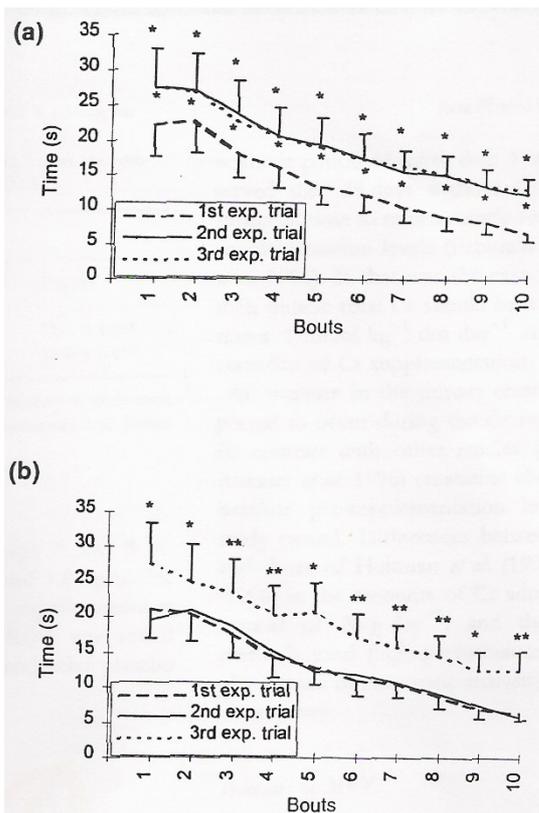


Abb. 48 Ausdauerkapazität bei 10 wiederholten Durchgängen mit dem schwächeren Bein bei 80% der MVC in den Gruppe A und B, sowie in allen drei Versuchsdurchgängen

Die Körpermasse der Probanden der Gruppe A und B stieg nach der Creatinsupplementation um 1.7 kg und 1.8 kg an (s. Tab. 42).

Tab. 42 Gemessene Körpermasse in Gruppe A und B nach Abschluss jedes Versuchsdurchgangs

	Body mass (kg)		
	Day 1	Day 8	Day 15
Group A	73.6 ± 1.2	75.3 ± 1.5**	75.5 ± 1.6**
Group B	83.6 ± 9.6	83.6 ± 9.9	85.4 ± 9.6**

Im Vergleich dazu zeigte sich keine signifikante Veränderung der Körpermasse nach der Placebosupplementation. Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation zu einem Anstieg der MVC bei Personen während eines Krafttrainingsprogramms führt.

6.1.7 "Creatine monohydrate increases strength in patients with neuromuscular disease"

(Tarnopolsky et al., 1999)

Zusammenfassung:

Die Studie unterteilte sich in zwei Untersuchungen. In Studie 1 wurde Patienten mit neuromuskulären Erkrankung 5 Tag Creatinmonohydrat (10g/Tag). Studie 2 erfolgte im Single-blind-Verfahren. Vor und nach der Studie wurden Gewicht, Händedruck, Dorsiflexion und die Stärke der Kniestrecker gemessen. Alle Parameter stiegen in beiden Studien. Die Studie belegte, dass eine kurzzeitige Creatinsupplementation die Kraftintensitäten bei Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen steigert.

Studienbeschreibung:

Anlass für Studie 1 war die Untersuchung der Effizienz einer Creatinsupplementation auf neuromuskuläre Erkrankungen in einem offenen Versuch. Mit den Erfahrungswerten der ersten Studie wurde eine weitere Studie an einer anderen Patientengruppe mit neuromuskulären Erkrankungen im Single-blind Design durchgeführt (Studie 2).

Studie 1: An der Studie nahmen 81 Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen teil. Zu Beginn absolvierten die Probanden eine einminütige Handdruckübung (9 Sekunden Anspannung, 1 Sekunde Pause). Danach wurde die bestimmende Knöchel-dorsiflexion-Muskelkraft gemessen (5 sek. Maximale isometrische Anspannung, 3 Durchführungen mit 15 sek. Pause). Dann führten die Patienten ein zweiminütiges Dorsiflexion-Ermüdungsprotokoll durch (15 sek. Anspannung, 1 sek. Pause). Nach einer 10minütigen Pause wurde die Stärke des rechten Kniestreckers mittels eines isokinetischen Dynamometer gemessen und anschließend wurde die isometrische Stärke des Kniestreckers bestimmt. Den Patienten wurde 10 g Creatinmonohydrat für 5 Tage verabreicht, gefolgt von einer 5 bis 7tägigen Creatinsupplementation mit 5 g/Tag.

Studie 2: Die Testmethoden blieben gleich. 21 Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen nahmen an der Studie teil. Der Studienablauf erfolgte im Singleblind-Design. Die Patienten absolvierten einen Basistest und ihnen wurde ein Placebopräparat (Glukosepolymer) verabreicht. Anschließend wurden sie nach 11 Tagen erneut getestet. Nach der Placebosupplementation erhielten die Patienten ein Creatinpräparat in derselben Dosierung wie in Studie 1. Den Patienten wurde nicht mitgeteilt in welchem Durchgang sie Creatin und wann sie das Placebopräparat erhielten.

Ergebnisse: Es kam in Studie 1 infolge der Creatinsupplementation zu einem signifikanten Anstieg der Kraft der isometrischen Dorsiflexionskraft im Knöchel (s. Abb. 49 A). Auch in

Studie 2 kam es im Vergleich zum Placebo durch die Creatinsupplementation zu einem deutlichen Anstieg der Kraft bei der Dorsiflexion im Knöchel (s. Abb. 49 B).

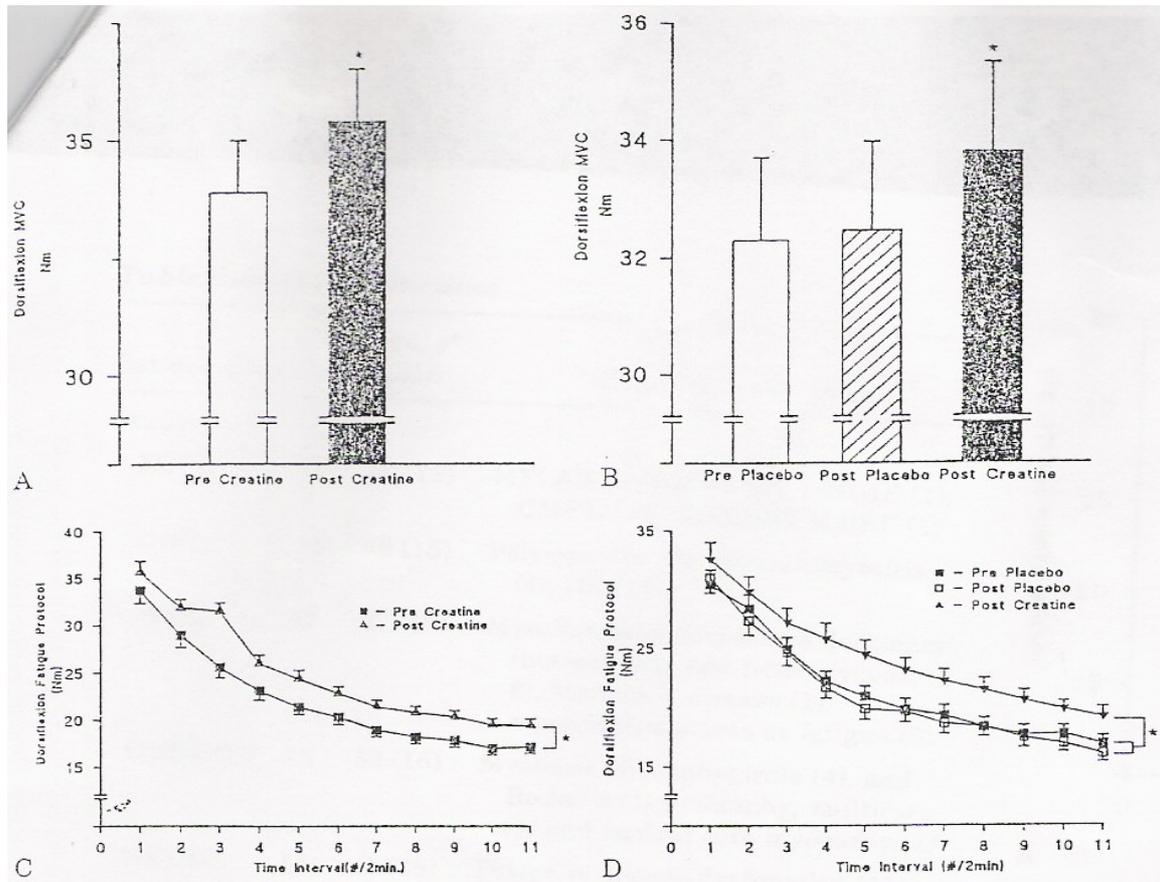


Abb. 49 Dorsiflexionskraft. A) Maximalkraft in Studie 1, B) Maximalkraft in Studie 2

Creatin hatte auch einen Einfluss auf die Ermüdung bei der Dorsiflexion in beiden Studien. Die Händedruckstärke war in Studie 1 zu jedem Zeitpunkt nach der Creatinsupplementation signifikant stärker (s. Abb. 50 A).

Sowohl die isokinetische als auch die isometrische Kraft der Kniestrecker wurde infolge der Creatingabe signifikant erhöht (Anstieg von 13% in Studie 1 und 10.8% in Studie 2), wohingegen die Placebosupplementation keinen Einfluss darauf hatte.

Es zeigte sich, dass durch eine kurzfristige Creatinsupplementation die Stärke von Händedruck, Dorsiflexion im Knöchel und Kniestrecker bei Patienten mit unterschiedlichen neuromuskuläre Erkrankungen signifikant erhöhte

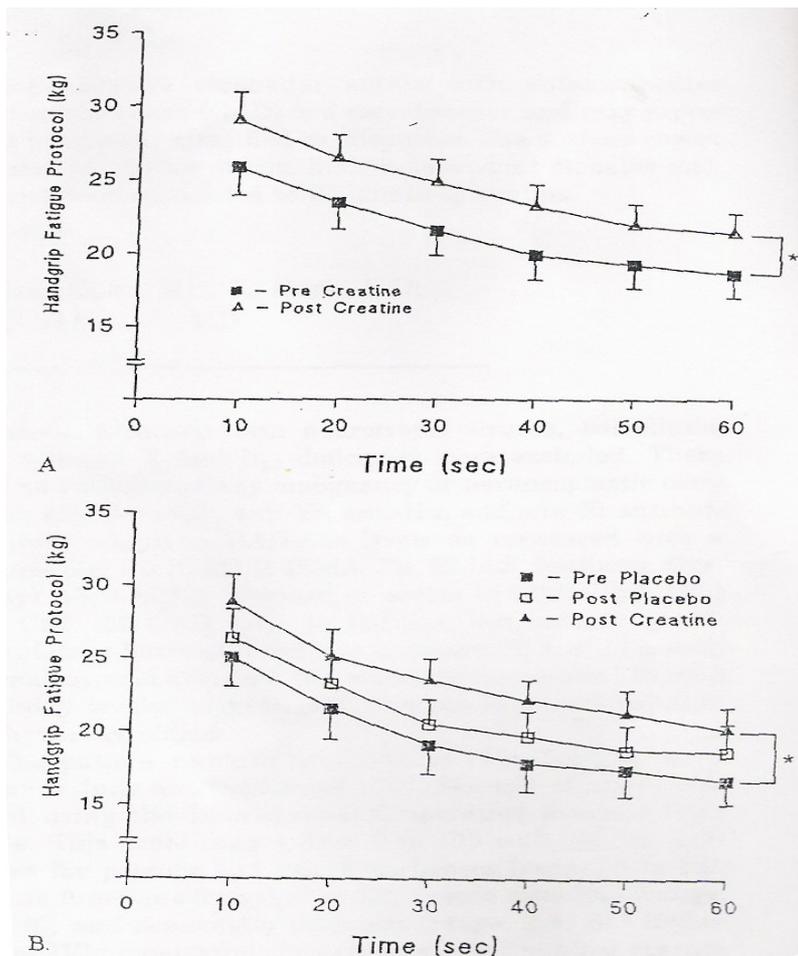


Abb. 50 Isometrischer Händedrucktest, A) Studie 1, B) Studie 2

6.1.8 "Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man"

(Greenhaff et al., 1993)

Zusammenfassung:

Die Studie wurde durchgeführt um den Einfluss einer Creatinsupplementation auf die Gesamtcreatinkonzentration und auf die isokinetische Muskelkraft zu untersuchen. Zwölf Probanden führten vor und 5 Tage nach einer Supplementationperiode (entweder Creatin 4 x 5 g plus 1 g Glukose/Tag, n = 6 oder 4 x 6 g Glukose/Tag, n = 6) fünf Serien mit 30 maximalen isokinetischen Kontraktionen und einer Erholungspause von einer Minute durch. Während der Durchführung der Übung wurde die Kraftproduktion gemessen. Bezüglich der produzierten Muskelhöchstleistung zeigte sich keine Veränderung vor und nach der Placeboeinnahme. Nach der Creatineinnahme war die Muskelhöchstleistung bei allen Teilnehmern höher während der letzten 10 Kontraktionen in Serie 1 sowie während der gesamten Übungsdurchführung in Serie 2, 3 und 4 und

während den Kontraktionen 11 – 20 in der letzten Serie verglichen mit den Messungen vor der Creatineinnahme.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen 12 sportlich aktive Probanden teil (s. Abb. 51).

Subject no.	Sex	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
Placebo group				
1	M	21	180	69.5
2	F	26	177	71.0
3	F	22	170	64.1
4	M	23	181	70.5
5	F	20	165	49.3
6	M	22	182	79.5
Cr group				
7	M	24	183	89.1
8	M	23	183	67.5
9	M	28	184	124.0
10	M	20	180	78.0
11	M	25	175	59.3
12	M	26	182	89.9

Abb. 51 Charakteristika der Probanden

Zu Beginn wurden alle Probanden mit dem Untersuchungsdesign vertraut gemacht. Dieses bestand aus 5 x 30 maximalen, unilateralen Kniestreckerübungen mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit von 180°/s auf einem isokinetischen Dynamometer. Jede Kontraktion begann in einer 90° Knieflexion und wurde bis zur vollständigen Beinstreckung durchgeführt. Nach jeder Kontraktion wurde das Bein wieder passiv in die Startposition gebracht. Zwischen jeder Serie (30 Wiederholungen) wurde eine einminütige Erholungspause eingelegt. Die erste Serie wurde mit einem standardisierten Aufwärmtraining eingeleitet welches aus 10 maximalen Kontraktion bestand, gefolgt von einer 5minütigen Erholungspause. Laut Studienautoren führt eine Serie mit 30 Wiederholungen in dieser Geschwindigkeit zu einem Abbau an Creatinphosphat in TypI und TypII Muskelfasern der Quadrizepsmuskulatur. Die Probanden erhielten entweder 4 x 5 g Creatin und 1 g Glukose/Tag (n = 6) oder 4 x 6 g Glukose/Tag (n = 6). Die Studie wurde im Doppelblinddesign durchgeführt. Am Morgen nach der letzten Creatineinnahme wurden die selben Messungen durchgeführt wie fünf Tage vor der Einnahme. Vor der Übungsausführung wurde den Probanden erneut angewiesen die Übung mit der höchstmöglichen Kraftanstrengung durchzuführen.

Ergebnisse:

Die produzierte muskuläre Höchstleistung für jede Kontraktion während der 5 Serien mit 30 wiederholten maximalen Kniestreckungen vor (T_1) und nach (T_2) der Placebo und Creatinsupplementation ist in Fig1 (a-e) abgebildet.

Bei allen Probanden wurde die höchste Kraftaufbringung während der ersten fünf Kontraktionen der fünf Serien beobachtet. Außerdem wurde ein progressiver Abfall von Serie 1 bis zu Serie 5 festgestellt. Die Abnahme war in beide Gruppen gleich stark und machte etwa 30% der maximalen Kraft, die während der ersten Serie aufgezeichnet wurde, aus. Die Abnahme der Kraft war in beiden Gruppen gleich (s. Abb. 52 1a-e). Es gab keine Unterschiede vor und nach der Placeboaufnahme bei der Gesamtkraft bei den Serien.

Nach einer 5tägigen Creatinsupplementation war die Gesamtkraft in der zweiten und dritten Serie signifikant höher verglichen mit den Messungen vor der Creatineinnahme. Nach der Creatineinnahme kam es zu einem signifikanten Anstieg der Höchstleistungen während der letzten 10 Kontraktionen in der ersten Serie und den 11-20 Kontraktionen in Serie 5. Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation in dieser Dosierung zu einer höheren Kraftentwicklung während wiederholten Serien mit maximalen Kontraktionen führt.

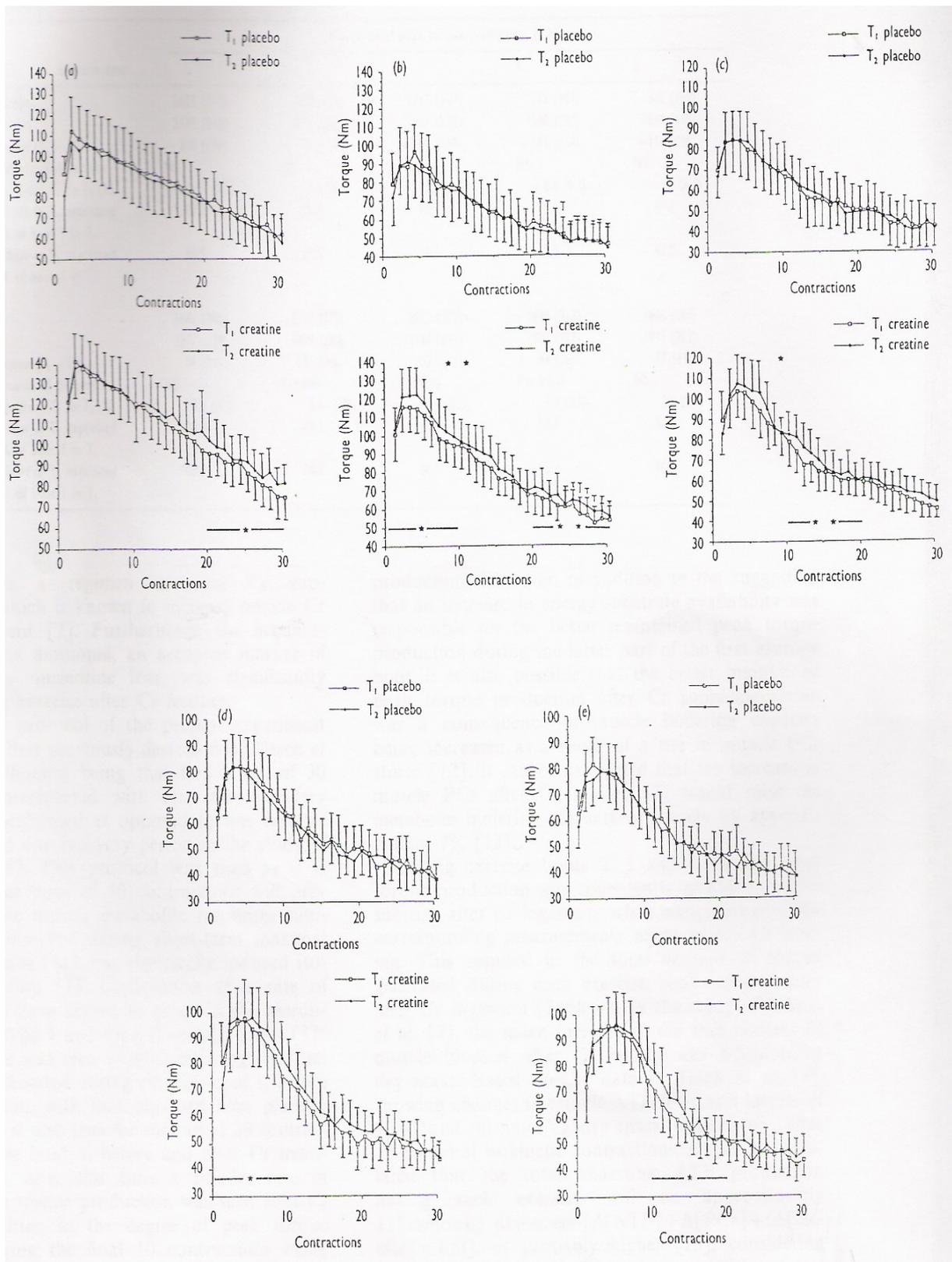


Abb. 52 'Peak torque' Produktion der Quadrizepsmuskulatur während fünf Durchgängen mit 30 Kontraktionen vor (T_1) und nach (T_2) einer 5tägigen Placebo (4 x 6 g) oder Creatin (4 x 5 g) Einnahme. Jeder Serie mit 30 Kontraktionen war mit einer 60sekündigen Erholungspause getrennt.

6.1.9 "Creatine supplementation and age influence muscle metabolism during exercise"

(Sinclair, et al., 1998)

Zusammenfassung:

Untersucht wurden in dieser Studie die Auswirkung einer Creatinsupplementation und der Einfluss des Alters auf den Muskelmetabolismus während des Trainings. An der Studie nahmen junge ($n = 5$, 30 ± 5 Jahre) und ältere ($n = 8$, 58 ± 4 Jahre) Männer und Frauen teil. Diese absolvierten an einem Ganzkörper-Magnetresonanzgerät eine einbeinige Kniestreckübung. Zwei Untersuchungseinheiten wurden 7 Tage voneinander getrennt durchgeführt. Die Einheiten bestanden aus zwei zweiminütigen Serien und einer dritten Serie die bis zur vollständigen Erschöpfung führt. Zwischen jeder Serie lag eine 3minütige Erholungspause. Die Teilnehmer bekamen 0.3 g/kg Placebo (Versuch 1) oder Creatin (Versuch 2) pro Tag für fünf Tage vor jedem Versuch. Während des Placebodurchgangs hatte die ältere Probandengruppe signifikant niedrigere Ruhe-PCr-Konzentrationen verglichen mit der jüngeren Gruppe. Die Zeitspanne bis zur Erschöpfung stieg in beiden Gruppen nach der Creatinsupplementation. Zusammenfassend hatte die Creatinsupplementation einen größeren Einfluss auf die PCr-Verfügbarkeit und Resyntheserate in der älteren Probandengruppe verglichen mit der jüngeren Gruppe.

Studienbeschreibung:

An der Studie nahmen ältere (>50 Jahre) und jüngere (<40 Jahre) Personen teil. Die jüngere Probandengruppe bestand aus vier Männern und einer Frau und die ältere Probandengruppe aus drei Männern und einer Frau. Die Charakteristika der Probanden sind in Tabelle 43 beschrieben.

Tab. 43 Charakteristika der Probanden

Group	n	Age, yr	Height, cm	Weight, kg	
				Placebo	Creatine
Young	5	31 ± 5.2	174 ± 12.8	67.9 ± 11.7	68.1 ± 12.1
Middle-aged	4	58 ± 4.5	179 ± 3.11	83.3 ± 12.8	83.9 ± 12.7

Alle Probanden hatten ein ähnliches physisches Aktivitätsniveau. Es wurden zwei Single-Blind-Durchgänge durchgeführt: ein Placebodurchgang gefolgt von einem Creatindurchgang sieben Tage später. Fünf Tage vor jeder Durchführung begannen die Personen mit dem Konsum von 0.3 g/kg Placebo (granulierter Zucker) oder derselben Menge Creatin Monohydrat pro Tag. Beide Gruppen führten eine einbeinige Kniestreckung in Rückenlage an einem Ganzkörper-Magnetresonanz-Gerät durch. Die

Kniestreckungen wurden von ~ 110 bis $\sim 145^\circ$ mit 37 Kontraktionen pro Minute durchgeführt. Die schematische Darstellung des Übungsapparats ist in Abbildung 53 ersichtlich.

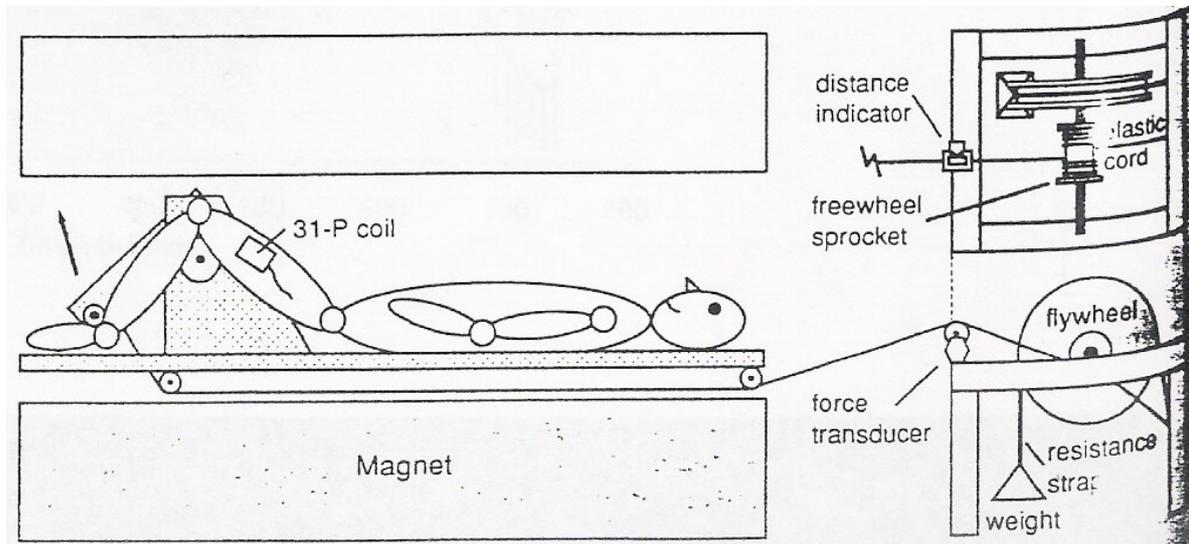


Abb. 53 Schematische Darstellung des Übungsapparats

Während der Untersuchungseinheit wurden drei einbeinige Übungsserien mit einer Erholungspause von 3 Minuten durchgeführt. Serie 1 und 2 dauerten zwei Minuten und Serie 3 wurde bis zur Erschöpfung durchgeführt. Als Erschöpfung definierten die Autoren wenn der Proband die Bewegungsfrequenz auch nach verbaler Unterstützung nicht mehr ausführen konnte. Vor der Untersuchung wurden mehrere Eingewöhnungseinheiten durchgeführt um die passende Übungsintensität zu finden. Es wurde der maximale Widerstand gesucht bei dem es dem Probanden möglich war zwei zweiminütige Serien durchzuführen. Um eine Erschöpfung in 1-2 Minuten zu erreichen wurde in Serie 3 der Widerstand gering gesteigert.

Ergebnisse: Während des Placebodurchgangs war die Creatinphosphatkonzentration in Ruhe bei der älteren Probandengruppe niedrigeren im Vergleich zur jüngeren Gruppe (Ruhe 35 ± 5.2 vs. $39. \pm 5.1$ mmol/kg) (s. Abb. 54).

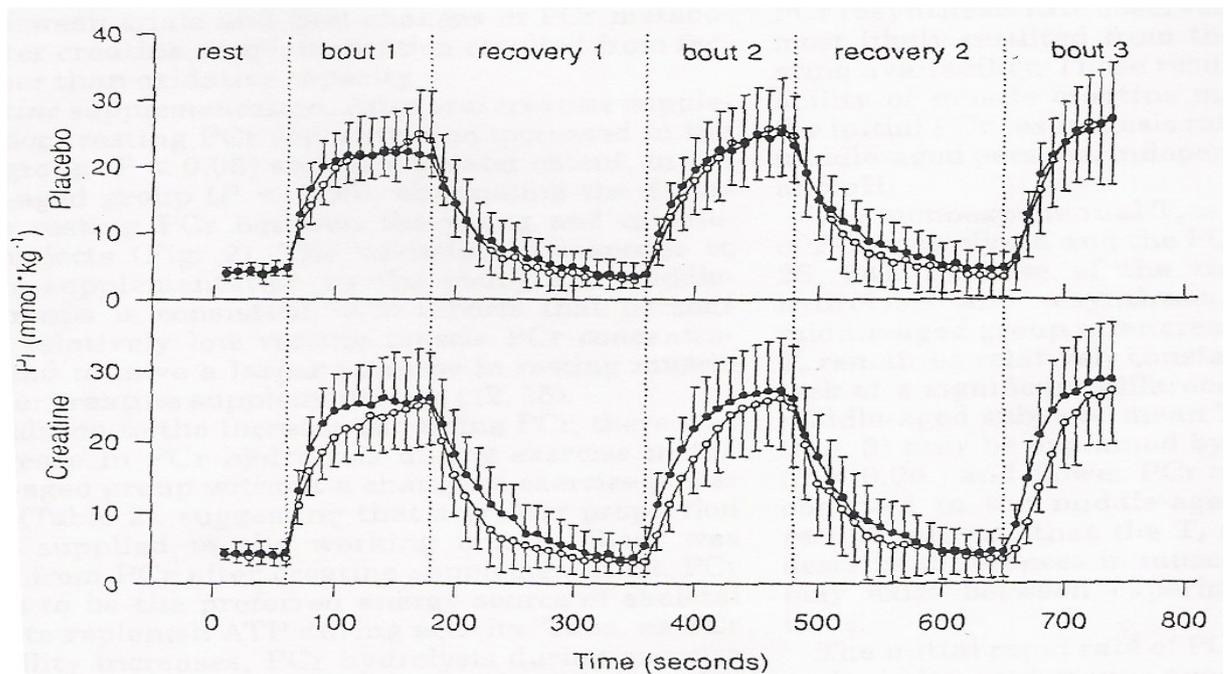


Abb. 54 Ergebnisse des Creatinphosphats (mmol/kg wet wt) vs. Zeit (s) in Ruhe und während der Übung, junge Probanden (leere Kugel), ältere Probanden (gefüllte Kugel)

Jedoch die Kraftproduktion unterschied sich nicht bei den beiden Gruppen (s. Tab. 44). Wie in Tabelle 44 ersichtlich ist, steigt der Übungswiderstand in Serie 3 um eine Erschöpfung innerhalb 1-2 Minuten zu erreichen. Nach den Messungen war die PCr-Resyntheserate in der älteren Probandengruppe niedriger im Vergleich zur Jüngeren (18.1 ± 3.5 vs. 23.2 ± 6.0 mmol/kg/min) wie dies in Abbildung 55 ersichtlich ist. Nach der Creatinsupplementation stieg das Creatinphosphat in Ruhe in der jüngeren Probandengruppe um 15% (Ruhe 45.7 ± 7 mmol/kg) und in der älteren Gruppe um 30% (Ruhe: $45.7 \pm .5.5$ mmol/kg). Die Creatinphosphat-Hydrolyse stieg während der Übungsausführung in der älteren Probandengruppe signifikant an und in der jüngeren Gruppe nur gering (s. Tab. 44). Die Creatinsupplementation erhöhte die mittlere Zeitspanne bis zur Erschöpfung während der Übungen in Serie 3 um 30% sowohl in der jüngeren als auch in der älteren Probandengruppe (118 ± 34 vs. 154 ± 70 s, s. Tab. 44). Die Zeit bis zur Erschöpfung korrelierte nicht signifikant mit der Anfangs-PCr-Konzentration während der dritten Serie.

Die anfängliche PCr-Resyntheserate stieg bei der älteren Gruppe (24.3 ± 3.8 mmol/kg/min) im selben Ausmaß wie in der jüngeren Gruppe (24.2 ± 3.2 mmol/kg/min) infolge der Creatinsupplementation (s. Abb. 55). Zusätzlich führte die anfängliche PCr-Resyntheserate zu einer schnelleren Erholung in beiden Gruppen (s. Abb. 56).

Tab. 44 Muskelleistung und PCr-Ergebnisse

Group	Bout 1	Bout 2	Bout 3
<i>Placebo</i>			
Young			
Mean power, W	19.4 ± 1.5	19.3 ± 1.5	22.4 ± 3.2
ΔPCr, mmol/kg	-24.6 ± 7.1	-24.8 ± 6.0	-29.3 ± 7.5
PCr _{rate} , mmol · kg ⁻¹ · min ⁻¹	23.4 ± 6.2	22.9 ± 5.8	
T _c , s	40.1 ± 12.5	40.0 ± 11.9	
Time to exhaustion, s			122 ± 36
Middle-aged			
Mean power, W	18.4 ± 5.4	18.6 ± 5.6	21.7 ± 7.1
ΔPCr, mmol/kg	-22.9 ± 4.6	-21.8 ± 5.4	-23.0 ± 7.4
PCr _{rate} , mmol · kg ⁻¹ · min ⁻¹	17.5 ± 3.9*	18.7 ± 3.0*	
T _c , s	50.0 ± 10.2	42.8 ± 11.1	
Time to exhaustion, s			113 ± 31
<i>Creatine</i>			
Young			
Mean power, W	19.9 ± 2.8	19.8 ± 3.3	22.3 ± 4.5
ΔPCr, mmol/kg	-30.1 ± 9.8	-27.6 ± 4.8	-33.5 ± 5.2
PCr _{rate} , mmol · kg ⁻¹ · min ⁻¹	23.9 ± 2.5	24.4 ± 3.8	
T _c , s	45.8 ± 14.3	43.4 ± 14.1	
Time to exhaustion, s			162 ± 59†
Middle-aged			
Mean power, W	18.5 ± 4.8	18.7 ± 4.8	22.1 ± 6.1
ΔPCr, mmol/kg	-31.3 ± 8.6†	-27.7 ± 7.4†	-29.9 ± 6.4†
PCr _{rate} , mmol · kg ⁻¹ · min ⁻¹	24.6 ± 4.9†	24.0 ± 2.7†	
T _c , s	48.7 ± 10.9	45.1 ± 7.2	
Time to exhaustion, s			144 ± 81†

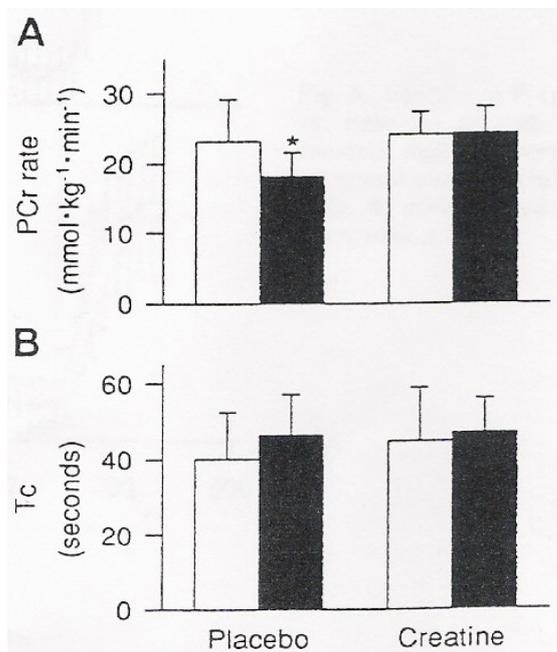


Abb. 55 Mittel der Erholung 1 und 2 Anfangsresyntheserate und PCr-Zeitkonstante, repräsentiert für Placebo und Creatindurchführungen, weiße Balken: junge Probanden, schwarze Balken: ältere Probanden

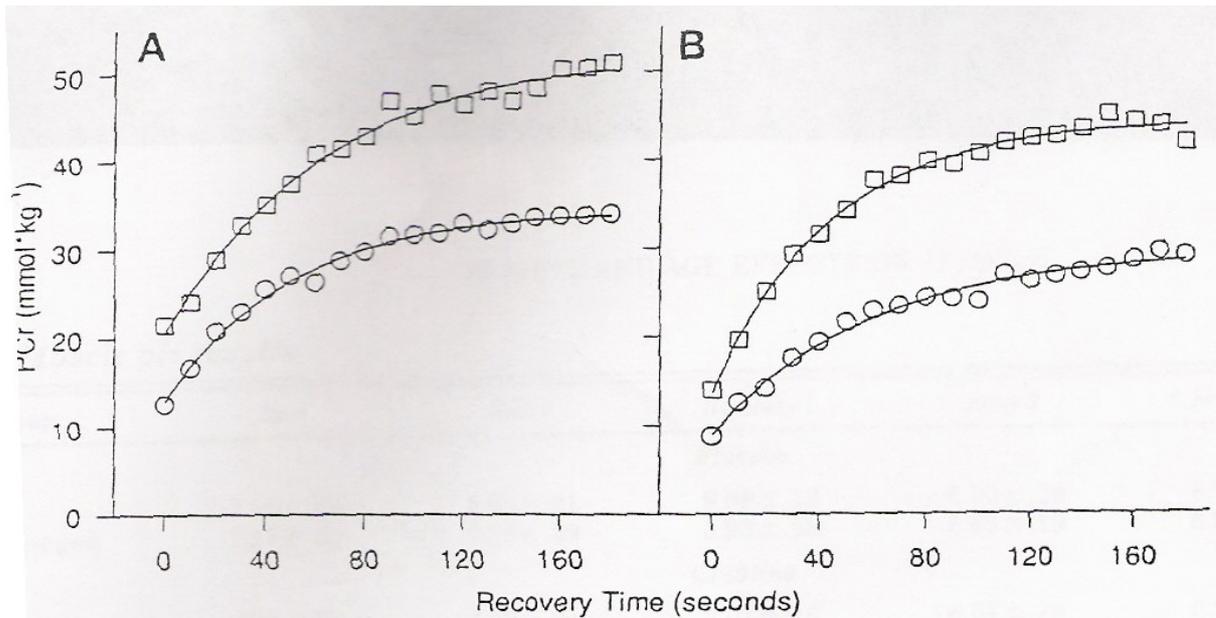


Abb. 56 Individuelle PCr (mmol/kg wet wt) vs. Zeit (s) während der Erholung 1 bei den jungen (A) und älteren (B) Probanden, Kugeln: Placebo, Vierecke: Creatin

Keinen Einfluss hingegen zeigte die Creatinsupplementation auf das P_i in Ruhe in beiden Gruppen. Die P_i -Produktion während der Übungsausführung stieg infolge der Creatinsupplementation aber leicht an (s. Abb. 57).

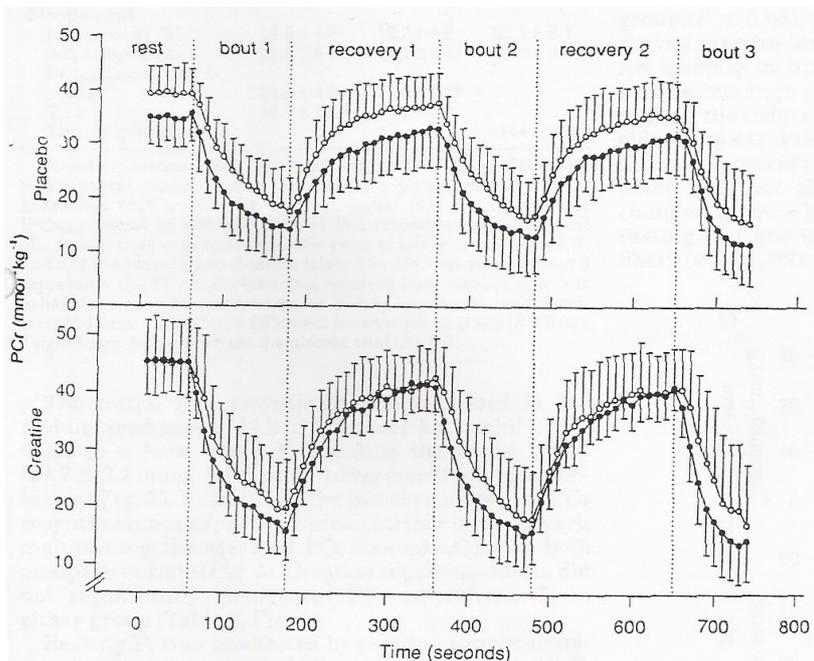


Abb. 57 Ergebnisse für P_i (mmol/kg wet wt) vs. Zeit (s) in Ruhe und während der Übungsdurchführung für den Creatin und Placeboversuch, leere Kugel: junge Probanden, volle Kugel: ältere Probanden

In der Studie stellte sich heraus, dass ältere Menschen über eine geringere Creatinphosphatkonzentration in Ruhe verfügen verglichen mit jüngeren Menschen. Ein

weiteres Ergebnis dieser Studie war, dass ältere Menschen größere Vorteile aus einer Creatinsupplementation ziehen als jüngere Menschen. Zum einen profitierten sie durch eine verbesserte Verfügbarkeit an Creatinphosphat in der Muskulatur während der Übungsausführung und zum anderen verbesserte sich die anfänglichen PCr-Resynthese bei älteren Personen in größerem Ausmaß als bei jüngeren Menschen infolge einer Creatinsupplementation.

6.1.10 "Does oral creatine supplementation improve strength? A meta-analysis" (Dempsey et al., 2002)

Zusammenfassung:

Die Absicht dieser Metaanalyse war es herauszufinden, ob eine Creatinsupplementation eine Auswirkung auf die Maximalkraft und auf die Leistung bei gesunden Erwachsenen hat. Dazu wurden Medline (1966-2000) und das Cochrane Controlled Trial Register (bis 2001) auf relevante Artikel durchsucht. Es wurden randomisierte oder 'matched placebocontrolled' Studien die eine Creatinsupplementation mit einem Placebo bei gesunden Erwachsenen untersuchten zu Metaanalyse herangezogen. 16 Studien erfüllten die Kriterien. Der zusammengefasster Unterschied beim gehobenen Maximalgewicht war bei der Bankpresse mit 6.85 kg größer nach der Creatinsupplementation als nach der Placebosupplementation und bei der Kniebeuge mit 9.76 kg größer. Bei den Armbeugeübungen zeigte sich kein Unterschied. Die Metaanalyse zeigte, dass eine Creatinsupplementation kombiniert mit einem Krafttraining zu einer erhöhten Maximalkraft führt.

Studienbeschreibung:

Sechzehn Studien wurden für die Metaanalyse herangezogen. Die Kriterien waren:

1. dass die Ergebnisse aus randomisierte oder matched-placebo-controlled Studien kamen und den Effekt einer Creatinsupplementation auf die Kraft oder Leistung mit oder ohne begleitenden Krafttraining untersuchten
2. dass die Teilnehmer gesunde Männer oder Frauen über 16 Jahren waren.

Nach einer Durchsicht von mehr als 500 Artikeln, fanden die Autoren 66 relevante Studien, aber nur 16 Studien die auch den Kriterien für die Analyse entsprachen. Die Charakteristika dieser Studien sind in Tabelle 45 zusammengefasst.

Tab. 45 Charakteristika der inkludierten Studien

Reference	No. subjects (sex)	Dose per day and duration	Training level	Weight training during	Outcome measurement	Quality score (out of	Comparability of creatine & placebo groups at
-----------	--------------------	---------------------------	----------------	------------------------	---------------------	-----------------------	---

				study?		10)	baseline*
Barnett 1996	17 (M)	280 mg/kg ×4 d	Active	No	CP	2.5	+
Cooke 1995	12 (M)	20 g ×5 d	Untrained	No	CP	2.5	+
Cooke 1997 [†]	80 (M)	20 g ×5 d	Trained or active	No	CP	2	+++
Dawson 1995 [‡]	18 (M), 22 (M)	20 g ×5 d	Active	No	CP	3	+++
Jones 1999	16 (M)	20 g ×5 d then 5 g ×10 wk	Trained	Yes	CM	3	+++
Stone 1999	20 (M)	0.22 g/kg ×35 d	Trained	Yes	CM, BP, S	4.5	+++
Kelly 1998	18 (M)	20 g ×5 d then 5 g ×26 d	Trained	Yes	3BP	2	-
Noonan 1998	39 (M)	20 g ×5 d then 300 mg/kg ×8 wk	Trained	Yes	BP	5.5	+++
Peeters 1999	35 (M)	20 g ×3 d then 10 g ×6 wk	Trained	Yes	BP	3	+++
Vandenberghe 1997	19 (F)	20 g ×4 d then 5 g ×10 wk	Untrained	Yes	BP, S	5	+++
Pearson 1999	16 (M)	5 g ×10 wk	Trained	Yes	BP, S, PT	3	+++
Volek 1999	19 (M)	25 g ×7 d then 5 g ×12 wk	Trained	Yes	BP, S	4.5	+++
Gilliam 2000	23 (M)	20 g ×5 d	Active but untrained	No	PT	2.5	+
Rawson 1999 [§]	20 (M)	20 g ×10 d then 4 g ×20 d	Untrained	No	AF, PT	4.5	+++
Rawson 2000 [§]	17 (M)	20 g ×5 d	Untrained	No	AF	3.5	+++
Becque 2000	23 (M)	20 g ×5 d then 2 g ×6 wk	Trained	Yes	AF	5	+

*Comparability between groups was assessed for age, anthropomorphic measurements, and strength outcomes. +++ = similar for all 3 characteristics; + = similar for strength outcome measurements; - = not comparable at baseline for strength outcome.

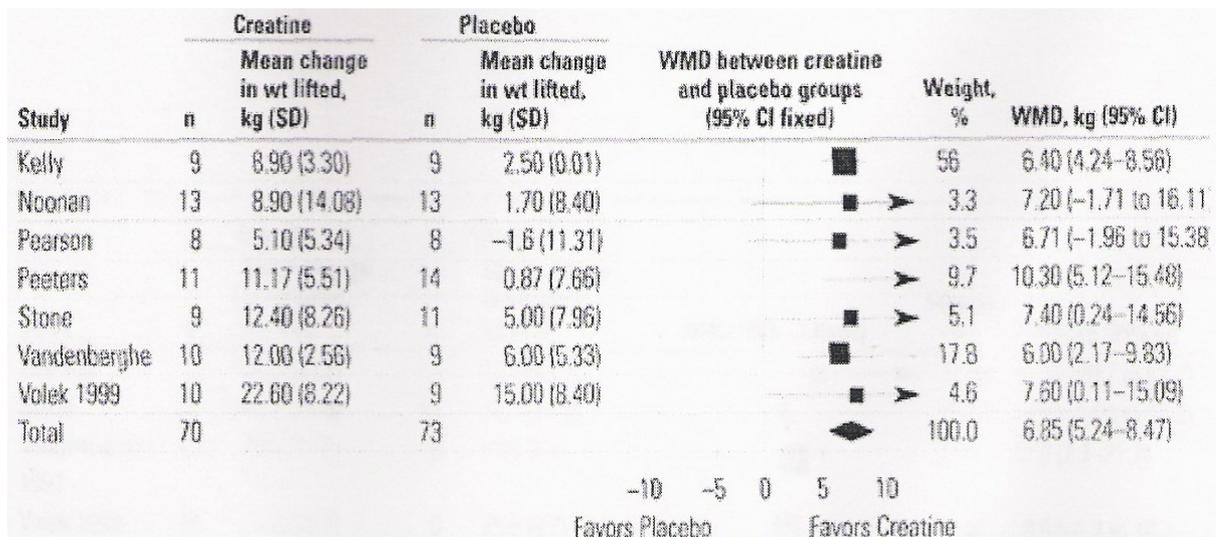
[†]Four protocols with 20 subjects each evaluating the same strength outcome measurement reported in Cooke 1997

[‡]Two separate experiments reported in Dawson 1995.

Die Dosierung der Creatinsupplementation war in allen Studien annähernd gleich (normalerweise 20g/d für die ersten 4-7 Tage und anschließend 5g/d).

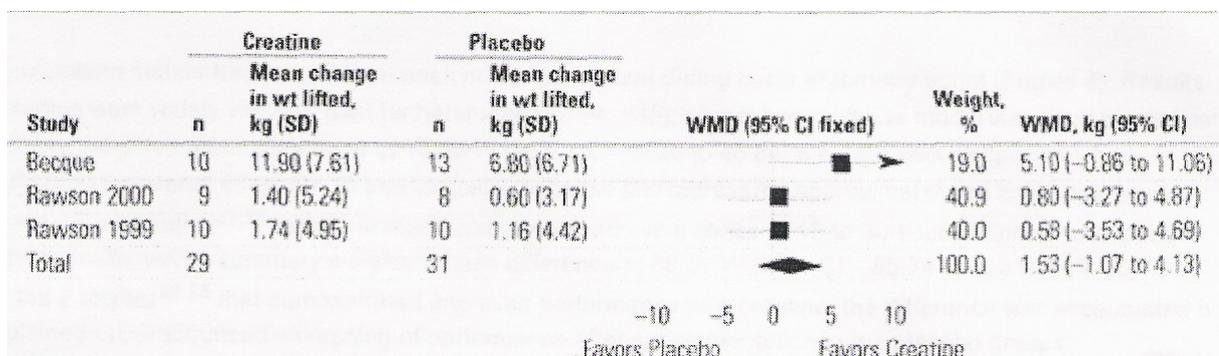
Wenn man die Ergebnisse der Kraftmessungen der 1.-3. maximalen Wiederholung an der Bankpresse statistisch zusammenzählt so zeigt die Creatingruppe einen Anstieg der um 6.85 kg (5.24 – 8.47, n = 143) pro Wiederholung größer war als bei der Placebogabe (s. Tab. 46).

Tab. 46 Studien welche das 1-3 RM bei der Bankpresse untersuchten



Es zeigte sich, dass es bei längerer Einnahmedauer (9-12 Wochen) zu keinen weiteren Vorteilen kam verglichen mit einer Einnahmedauer mit 4-8wöchiger Supplementation. Es gab keinen signifikanten Unterschied beim 1-RM der Armbeugekraft durch die Creatinsupplementation (s. Tab. 47).

Tab. 47 Studien welche das 1-RM der Armbeuger untersuchten

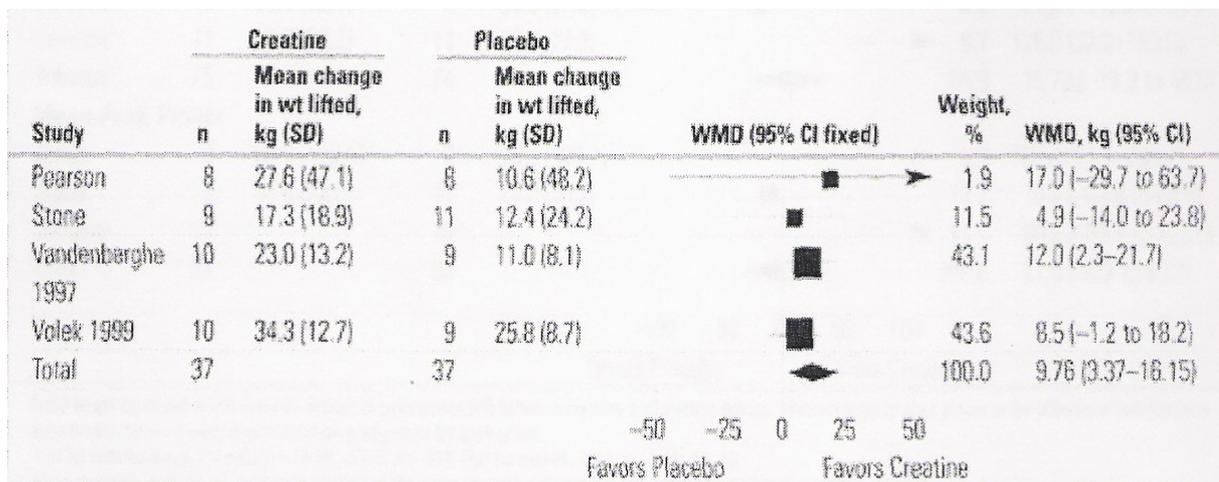


Jedoch wurden zwei der drei Untersuchungen an >60jährigen durchgeführt. Die eine Studie die an jüngeren Probanden durchgeführt zeigte eine geringe Verbesserung (29.9%

vs. 16.5%) des 1-RMs der Armbeugekraft infolge der Creatinsupplementation im Vergleich mit dem Placebo.

Das 1-RM bei der Kniebeuge erhöhte sich durch die Creatinsupplementation um 9.76 kg (3.37 –16.15, n =74) verglichen mit dem Placebo (s. Tab. 48).

Tab. 48 Studien welche das 1-RM bei der Kniebeuge untersuchten



Drei Studien der Metaanalyse evaluierten den 'Peak torque'. Es zeigte sich hierbei kein Unterschied zwischen Creatin- und Placebogruppe beim isokinetischen Bein Flexion/Extension 'Peak Torque'. Es zeigte sich, dass eine Creatinsupplementation die Maximalkraft bei jungen, trainierten Probanden signifikant verbessern kann.

6.1.11 "The effects of creatine supplementation on muscular performance an body composition responses to short-term resistance trainings overreaching"

(Volek et al., 2003)

Zusammenfassung:

Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf ein Übertraining durch kurzfristiges Krafttraining und auf die Ruhe-Hormonkonzentrationen zu bestimmen. Dazu wurden 17 Männer entweder der Creatin-Gruppe (0.3 g/kg Creatinmonohydrat pro Tag, n = 9) oder der Placebogruppe (selbe Dosierung, n = 8) zugeteilt. Während der Supplementation absolvierten die Probanden vier Wochen an fünf Tagen/Woche ein Krafttraining, gefolgt von einer zweiwöchigen Abtrainierungsphase. Während der ersten Trainingswochen kam es zu einer reduzierten Leistung der Maximalkraft bei den Kniebeugen und bei der Bankpresse, sowie bei der Explosivkraft der Placebogruppe, aber nicht bei der Creatin-Gruppe. Am Ende der sechswöchigen Periode

zeigte sich eine größere Zunahme der Explosivkraft bei der Bankpresse bei der Creatin-Gruppe im Vergleich zur Placebogruppe. Außerdem führte die Creatinsupplementation zu einer höheren Zunahme der Gesamtkörpermasse sowie der fettfreien Körpermasse. Im Weiteren zeigte sich infolge der Creatinsupplementation eine Verbesserung des 1-RMs bei der Kniebeuge.

Studienbeschreibung:

An der randomisierten Doppelblindstudie nahmen 17 Männer in einem durchschnittlichen Alter von 20.7 Jahren und einer Trainingserfahrung von 5.4 Jahren teil. Diese wurden in zwei Untersuchungsgruppen (Creatin- und Placebogruppe) eingeteilt. Während der Supplementierungsphase wurde zusätzlich ein 4wöchiges Krafttraining (5 Tage/Woche) durchgeführt. Die Creatinsupplementation wurde in der ersten Woche in einer Dosierung von 0.3 g/kg/Tag verabreicht und in den verbleibenden 3 Wochen lag die Dosierung bei 0.05g Creatin/kg/Tag. Die Placebogruppe konsumierte dieselbe Menge pro Tag. Das Trainingsprogramm bestand aus zwei Wochen Training mit moderater Intensität und hohem Volumen sowie zwei Wochen hoher Intensität und moderatem Volumen. Dadurch, dass der gesamte Körper an aufeinanderfolgenden Tagen mit zu geringen Erholungspausen trainiert wurde, kam es zu einem akuten Übertraining. Vor dem Beginn des vierwöchigen Übertrainingsprogramms führte jeder Teilnehmer ein vierwöchiges Basistraining (2Tage/Woche) durch um zu gewährleisten, dass jeder Proband die Untersuchung in einem trainierten Zustand begann. Das Basistraining bestand aus fünf Übungen/Einheit (Kniebeuge, Bankpresse, Latzug, Beinpresse und Schulterpresse) mit 3 Serien (á 8-10 Wiederholungen) und einer 1-3minütigen Pause zwischen den Serien. An vier aufeinanderfolgenden Tagen wurde ein Gesamtkörpertraining durchgeführt (s. Tab. 49). Jede Muskelgruppe wurde an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen trainiert wobei die Erholungspausen stark limitiert wurden. Die ersten zwei Wochen bestanden aus einem höheren Volumen und moderater Intensität wohingegen die letzten zwei Wochen aus einem hochintensiven Training mit moderatem Volumen. Alle Serien wurden mit Wiederholungsmaximum durchgeführt, sodass die Serien bis zur Muskelermüdung führten. Wenn es einem Probanden möglich war die gewünschte Anzahl an Wiederholungen mit der gewählten Belastung durchzuführen so wurde bei der nächsten Einheit Gewicht hinzugegeben. Nach der vierwöchigen Untersuchungsperiode führte jeder Proband ein volumen- und frequenzreduziertes Trainingsprogramm für zwei Wochen durch. Vor der vierwöchigen Übertrainingsperiode und nach Beendigung jeder Trainingswoche wurden Muskeltests (Kraft, Leistung, lokale Muskelausdauer) durchgeführt. Zusätzlich wurde ein 1-RM Test nach zwei Wochen volumen- und frequenzreduziertem Training durchgeführt.

Tab. 49 Krafttrainingsprogramm

Monday, Wednesday	Tuesday, Thursday	Friday
Week 1		
Back squat 3×10–12 ^a	Leg press 3×10–12 ^a	1-RM squat
Bench press 3×10–12 ^a	Incline bench press 3×10–12 ^a	1-RM bench press
Lat pulldown 3×10–12 ^c	Bent-over row 3×10–12 ^c	
Lunge 3×10–12 ^c	Stiff-leg deadlift 3×10–12 ^c	
Seated shoulder press 3×10–12 ^c	Upright row 3×10–12 ^c	
Dumbbell curl 3×10–12 ^c	Barbell curl 3×10–12 ^c	
Lying triceps extension 3×10–12 ^c	Dips 3×10–12 ^c	
Leg raise 3×20 ^a	Sit-ups 3×20 ^a	
Week 2		
Back squat 3×8–10 ^a	Leg press 3×8–10 ^a	Squat
Bench press 3×8–10 ^a	Incline bench press 3×8–10 ^a	Bench press
Lat pulldown 3×8–10 ^c	Bent-over row 3×8–10 ^c	Jump squats
Lunge 3×8–10 ^c	Stiff-leg deadlift 3×8–10 ^c	Ballistic bench press
Seated shoulder press 3×8–10 ^c	Upright row 3×8–10 ^c	
Dumbbell curl 3×8–10 ^c	Barbell curl 3×8–10 ^c	
Lying triceps extension 3×8–10 ^c	Dips 3×8–10 ^c	
Leg raise 3×20 ^a	Sit-ups 3×20 ^a	
Week 3		
Back squat 5×5 ^a	Leg press 5×5 ^a	Squat
Bench press 5×5 ^a	Incline bench press 5×5 ^a	Bench press
Deadlift 5×5 ^c	High pull 5×5 ^c	
Lat pulldown 5×5 ^c	Bent-over row 5×5 ^c	
Seated shoulder press 5×5 ^c	Close-grip bench press 5×5 ^c	
Week 4		
Back squat 5×3 ^a	Leg press 5×3 ^a	Squat
Bench press 5×3 ^a	Incline bench press 5×3 ^a	Bench press
Deadlift 5×3 ^c	High pull 5×3 ^c	Jump squats
Lat pulldown 5×3 ^c	Bent-over row 5×3 ^c	Ballistic bench press
Seated shoulder press 5×3 ^c	Close-grip bench press 5×3 ^c	
^a 3 min of rest between sets		
^b 2 min of rest between sets		
^c 1 min of rest between sets		

Ergebnisse:

Es zeigte sich ein deutlicher Zeiteffekt für das 1RM der Kniebeuge und der Bankpresse und ein signifikanter Interaktionseffekt bei der Kniebeuge wenn man die Veränderungen von Woche 0 zu Woche 1 beobachtet (s. Abb. 58).

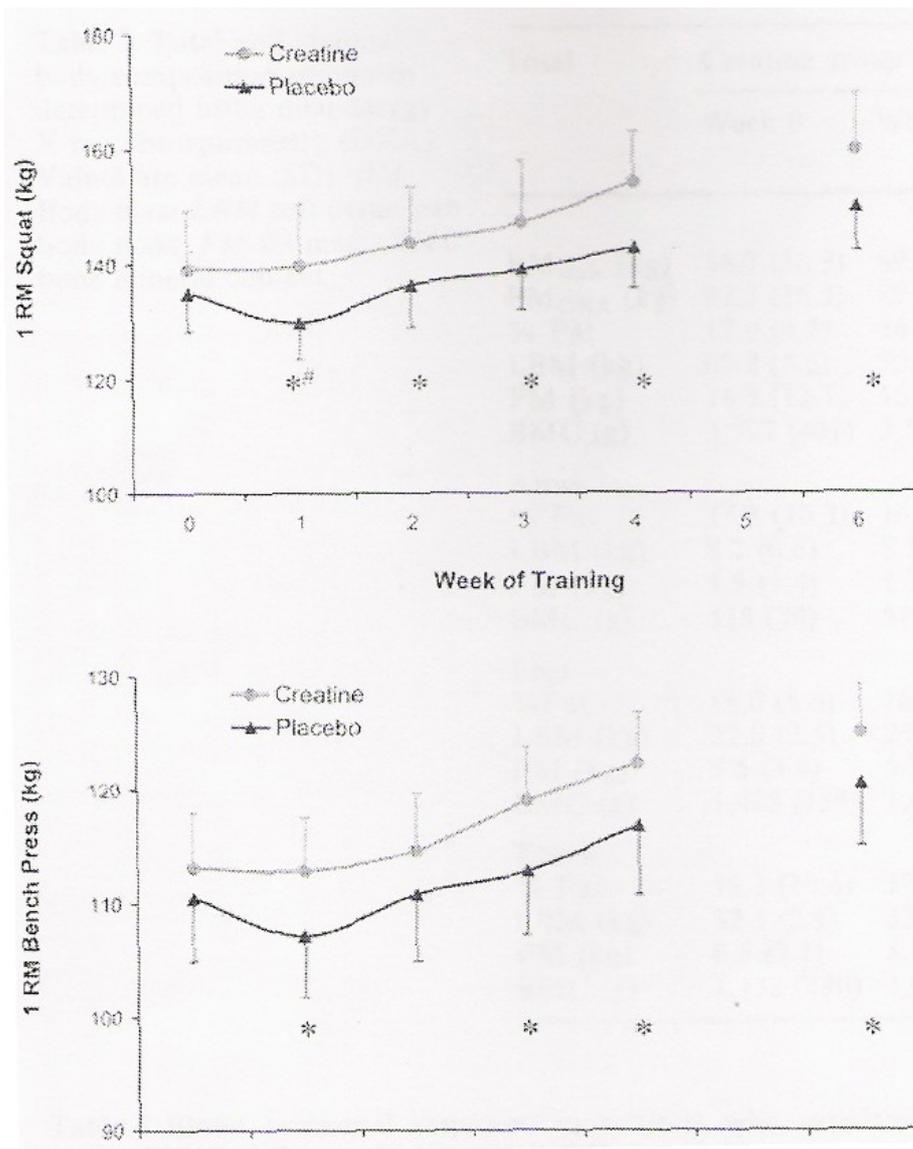


Abb. 58 Maximalkraft bei Kniebeugen (obere Grafik) und Bankpresse (untere Grafik) während eines vierwöchigen Krafttrainings und nach einer zweiwöchigen Trainingsphase mit reduziertem Volumen

Bei der Maximalkniebeuge zeigte sich keine Veränderung in Woche 1 in CrM-Gruppe, jedoch in jeder späteren Woche zeichnete sich ein progressiver Anstieg ab. In der Placebogruppe zeigte sich ein signifikanter Abfall nach der ersten Woche, aber dieser erreichte in der zweiten Woche wieder die Basiswerte. Das 1RM bei der Bankpresse zeigte in der Placebogruppe einen deutlichen Abfall in der ersten Woche, in der Creatingruppe blieb es jedoch unverändert. Es zeigte sich ein signifikanter Zeiteffekt bei der Explosivkraft beim Jump Squat und ein signifikanter Interaktionseffekt beim ballistischen Bankdrücken (s. Abb. 59).

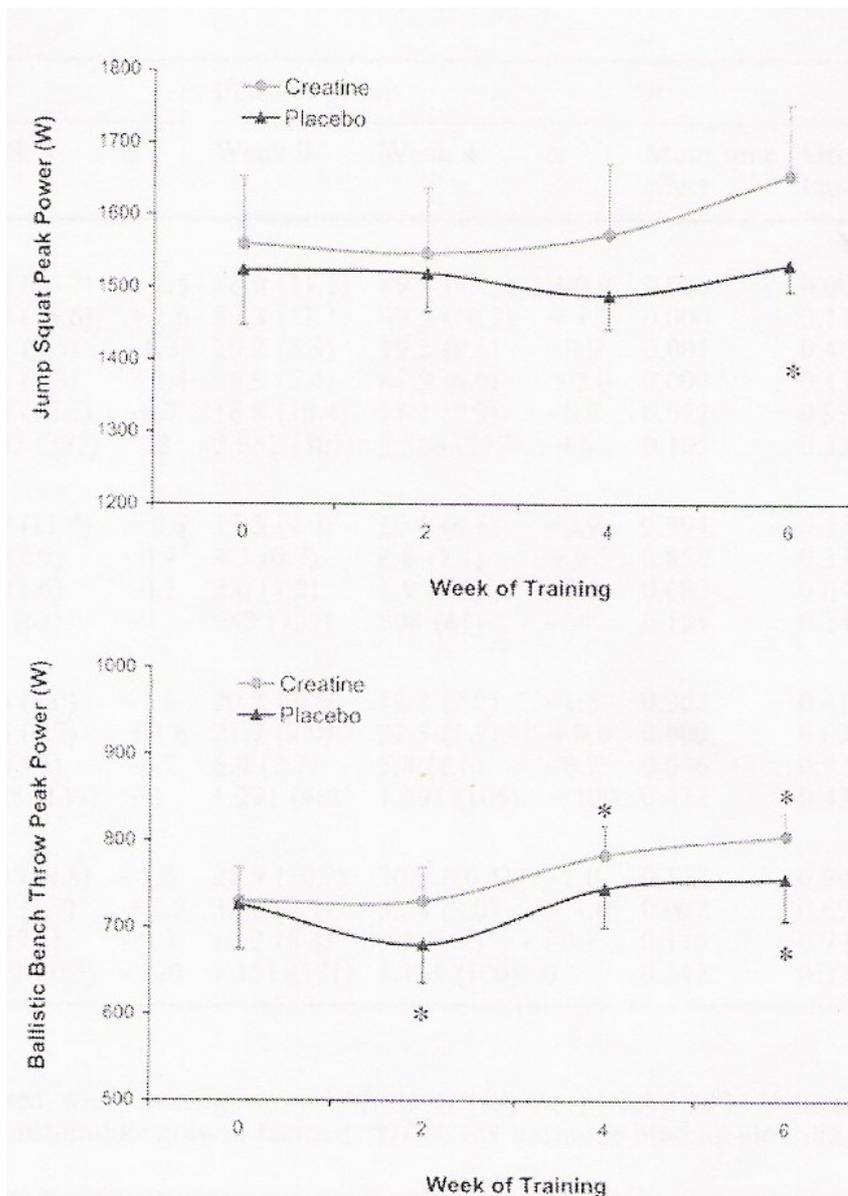


Abb. 59 'Peak Power' während dem Jumpsquat (obere Grafik) und 'Ballistic bench press' (untere Grafik) während eines vierwöchigen Krafttraining und anschließendem Training mit reduziertem Trainingsvolumen/frequenz

Die höchste Explosivkraft beim Jump Squat veränderte sich in den Wochen 2 und 4 nicht. Sie stieg aber nach der Frequenz- und volumenreduzierten Trainingsphase signifikant an. Bei der CrM-Gruppe zeichnete sich ein Anstieg in der Woche 6 ab. Die Höchstleistung bei der ballistischen Bankpresse nahm bei der Placebogruppe in Woche 2 signifikant ab, veränderte sich aber in der CrM-Gruppe nicht und war in den Wochen 4 und 6 in der CrM-Gruppe auch wesentlich höher als in der Placebogruppe. Im Weiteren zeigte sich in der Creatingruppe eine größere Zunahme an Körpergewicht und fettfreier Körpermasse verglichen mit der Placebogruppe.

6.1.12 "The effects of creatine monohydrat on 1RM Bench Press"

(Johnson et al., 2006)

Zusammenfassung:

Die Absicht dieser Studie war es zu untersuchen, ob eine Creatinsupplementation zu einer Kraftsteigerungen bei Gewichthebern führt. Acht männliche Probanden im Alter von 21-28 Jahren nahmen an der Studie teil, dabei wurde der Einfluss einer Creatinsupplementation während eines vierwöchigen Krafttrainings getestet. Die Daten der Studie wurden ausgewertet und das 1RM bei der Bankpresse wurde vor und nach der Creatinsupplementation verglichen. Es konnte nach vier Wochen ein beträchtlicher Anstieg des 1RM bei der Bankpresse von durchschnittlich 6.8 kg infolge der Creatinsupplementation nachgewiesen werden. Das Ergebnis der Studie war, dass eine Creatinsupplementation mit gleichzeitigem Krafttrainingsprogramm zu einem Anstieg des 1RMs bei männlichen Probanden führt.

Studienbeschreibung:

Die Studienteilnehmer im Alter von 21-28 Jahren absolvierten die letzten drei Jahre ein regelmäßiges Krafttraining. Die Charakteristika der Probanden sind in Tabelle 50 ersichtlich.

Tab. 50 Charakteristika der Probanden

Males n=9	
Age (years)	23.33 ± 2.29
Height (cm)	180.93 ± 7.00
Weight (kg)	89.41 ± 16.41
Pre-Program 1RM (kg)	104.10 ± 21.17
Post-Program 1RM (kg)	110.97 ± 21.15
Change in 1RM (kg)	6.87 ± 3.44

Vor dem Vortest und dem Nachtest des 1RM der Bankpresse führten die Probanden ein 1RM Testprotokoll durch. Das Testprotokoll bestand aus einer 9 Punkte Phase. Die Probanden führten zum Aufwärmen ein sanftes Krafttraining mit 5-10 Wiederholungen durch mit einer einminütigen Pause. Anschließend folgte eine Kraftbelastung die nur noch 3-5 Wiederholungen zuließ mit einer Pause von 2-4 Minuten. Dann führten die Probanden eine annähernd maximale Belastung durch die nur noch 2-3 Wiederholungen zuließ mit einer Pause von 2-4 Minuten. Anschließend wurden die Probanden angewiesen eine Maximalbelastung (1RM) durchzuführen. Dieses Protokoll wurde vor der Creatinsupplementation und vier Wochen nach der Supplementation durchgeführt.

Zu Beginn der Creatinsupplementation nahmen die Probanden drei Tage lang 15 g Creatin/Tag ein. Anschließend folgte die Ladephase. Dabei wurden die Probanden instruiert 5 g Creatin vor dem Krafttraining bis zum Abschluss der Studie einzunehmen. Während der Studienphase führten die Probanden weiterhin ihr gewöhnliches Krafttrainingsprogramm für vier Wochen durch, bis sie einen abschließend 1RM Test an der Bankpresse durchführten.

Ergebnisse:

Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen den Vortests des 1RM und den Nachtests des 1RM bei der Bankpresse (s. Tab. 51).

Tab. 51 Pre/Post Daten der Probanden

	Pre 1RM (kg)	Post 1RM (kg)	Creatine (g)	Grams per kg	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Change in 1RM (kg)
1	120.20	134.09	5.00	.0397	20	191.77	126.09	13.89
2	81.65	90.72	5.00	.0698	26	172.20	71.66	9.07
3	79.38	86.18	5.00	.0641	26	177.80	78.02	6.80
4	92.99	102.06	5.00	.0595	26	180.34	83.91	9.07
5	111.03	113.40	5.00	.0543	24	189.23	92.08	2.37
6	88.45	92.99	5.00	.0619	23	177.80	80.74	4.54
7	145.45	150.00	5.00	.0490	21	186.69	102.06	4.55
8	104.33	109.09	5.00	.0626	22	180.34	79.83	4.76
9	113.40	120.20	5.00	.0554	22	172.20	90.26	6.80

Es zeigte sich, dass eine Creatinsupplementation zu einem Anstieg der Muskelkraft des 1RM bei der Bankpresse bei männlichen Probanden führt.

6.1.13 "Effect of oral creatine monohydrate and creatine phosphat supplementation on maximal strength indices, body composition and blood pressure"

(Peeters et al., 1999)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es die Auswirkungen von Creatinmonohydrat (CrM) und Creatinphosphat (CrP) Supplementation auf die Kraft und die Körperkomposition in einem Zeitraum von sechs Wochen zu untersuchen. An der Studie nahmen 35 Probanden teil die bereits Erfahrung mit Krafttraining hatten. Es wurden unterschiedliche Krafttests in der Studie ausgeführt. Die Probanden wurden in drei unterschiedliche Gruppen geteilt: Placebo, CrM und CrP. Alle Probanden führten ein standardisiertes

Krafttrainingsprogramm durch. Die Creatinsupplementation bestand aus einer Ladephase von 20g/Tag für die ersten drei Tage, gefolgt von einer Erhaltungsdosis von 10g/Tag für die restlichen Wochen der insgesamt 6wöchigen Supplementationperiode. Es zeigten sich nach der Supplementation signifikante Unterschiede zwischen der Placebo- und den beiden Creatingruppen beim 1-RM der Bankpresse und in der Zunahme der fettfreien Körpermasse. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Creatinsupplementation zu einem höheren Kraftanstieg führt als ein Placebopräparat und dass CrP genauso wirkungsvoll ist wie CrM.

Studienbeschreibung:

Die Studie wurde mit folgenden Absichten durchgeführt: Zum einen um zu bestimmen welche Auswirkungen CrP und CrM auf die maximale muskuläre Ausdauer, Muskelkraft und fettfreie Körpermasse über einen Zeitraum von sechs Wochen hat und zum anderen um festzustellen ob CrP die selben Auswirkungen auf Muskelkraft und fettfreie Körpermasse wie CrM hat. An der Studie nahmen 35 Probanden teil, deren demographische Charakteristika in Tabelle 52 zu finden sind.

Tab. 52 Demographische Charakteristika der Probanden

Variable	Mean \pm SD	Range
Age (y)	21.2 \pm 2.6	18–29
Height (cm)	178.1 \pm 6.6	162.6–191.8
Weight (kg)	86.1 \pm 17.3	61.36–127.73
Fat-free mass (kg)	75.3 \pm 11.1	55.75–98.98
Percent fat*	11.7 \pm 4.9	3.3–24.28

Die Probanden führten vor der Supplementation sowie drei und sechs Wochen danach 1RM auf der Bankpresse und der Beinpresse sowie maximale Wiederholungen auf einem 'Preacher bar curl' mit absolutem Gewicht durch. Das Gewicht für letztere Übung wurde bei einem Vortest bestimmt. Dies war das Gewicht welches die Probanden 8 bis 10 Mal heben konnten. Nach den Vortests wurden die Probanden in eine von drei Gruppen (CrM, CrP und Placebo) eingeteilt. Die Gruppen wurden anhand der Initialkraft aller drei Krafttests zusammengestellt.

Die Supplementation erfolgte nach folgendem Muster: Während der dreitägigen Ladephase erhielten die Probanden 20g CrM, CrP oder Placebo pro Tag in vier Portionen. Die verbleibende Zeit der Studie (Tag 4-42) erhielten die Probanden eine Erhaltungsdosis von 10g/Tag. Die Studie erfolgte im Doppelblinddesign. Die Probanden wurden instruiert

das Supplement mit einem hochglykämischen Getränk einzunehmen. Jeder der Probanden führte ein Krafttrainingsprogramm durch welches den Muskelzuwachs und die Muskelleistung fördert. Das Programm bestand aus einem Pyramidensystem mit ansteigendem Gewicht und abnehmender Wiederholungszahl mit fünf Sätzen bei jeder Übung (s. Tab 53).

Tab. 53 Krafttrainingsprogramm

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6
<i>Bench press</i>						
Set 1	10 reps at 65%	10 reps at 65%	10 reps at 70%	8 reps at 75%	8 reps at 75%	6 reps at 50%
Set 2	8 reps at 70%	8 reps at 70%	8 reps at 75%	6 reps at 80%	6 reps at 80%	4 reps at 60%
Set 3	6 reps at 75%	6 reps at 75%	6 reps at 80%	4 reps at 80%	4 reps at 85%	4 reps at 70%
Set 4	6 reps at 80%	6 reps at 80%	4 reps at 85%	3 reps at 85%	2 reps at 90%	4 reps at 75%
Set 5	6 reps at 80%	4 reps at 85%	2 reps at 90%	2 reps at 90%	2 reps at 90%	4 reps at 80%
<i>Leg press</i>						
Set 1	10 reps at 65%	10 reps at 65%	10 reps at 70%	10 reps at 75%	8 reps at 75%	6 reps at 50%
Set 2	10 reps at 70%	8 reps at 70%	8 reps at 75%	8 reps at 80%	8 reps at 80%	4 reps at 60%
Set 3	8 reps at 75%	8 reps at 75%	6 reps at 80%	6 reps at 80%	6 reps at 85%	4 reps at 70%
Set 4	8 reps at 80%	6 reps at 80%	6 reps at 85%	4 reps at 85%	6 reps at 90%	4 reps at 75%
Set 5	6 reps at 80%	6 reps at 85%	4 reps at 90%	4 reps at 90%	4 reps at 90%	4 reps at 80%
<i>Seated preacher bar curl</i>						
Set 1	10 reps at 65%	10 reps at 65%	10 reps at 70%	10 reps at 75%	8 reps at 75%	6 reps at 50%
Set 2	10 reps at 70%	8 reps at 70%	8 reps at 75%	8 reps at 80%	8 reps at 80%	4 reps at 60%
Set 3	8 reps at 75%	8 reps at 75%	6 reps at 80%	6 reps at 80%	6 reps at 85%	4 reps at 70%
Set 4	8 reps at 80%	6 reps at 80%	6 reps at 85%	4 reps at 85%	6 reps at 90%	4 reps at 75%
Set 5	6 reps at 80%	6 reps at 85%	4 reps at 90%	4 reps at 90%	4 reps at 90%	4 reps at 80%

An jedem Tag wurde eine andere Muskelgruppe trainiert: Tag 1: Brust/Trizeps, Tag 2: Beine; Tag 3: Pause, Tag 4: Rücken/Bizeps, Tag 5: Schultern/Waden.

Ergebnisse:

Die Veränderungen der Gewichtshebeleistung, sowie weiterer Variablen wie Körpergewicht und fettfreier Körpermasse sind in Tabelle 54 abgebildet.

Die Veränderungen der Variablen nach drei Wochen sind in Tabelle 55 abgebildet. Innerhalb dieser Zeit veränderte sich nur die fettfreie Körpermasse und das Körpergewicht. In der Analyse nach sechs Wochen zeigten sich signifikante Veränderungen des 1RM bei der Bankpresse, sowie bei der fettfreien Körpermasse und beim Körpergewicht (s. Tab. 56).

Dabei zeigte sich sowohl bei der CrP-Gruppe als auch bei der CrM-Gruppe ein signifikanter Anstieg des 1RMs bei der Bankpresse im Vergleich mit der Placebogruppe.

Zusammenfassen kann gesagt werden, dass eine Creatinsupplementation mit CrM oder CrP die Maximalkraft verbessern kann und zu einem Zuwachs an fettfreier Muskelmasse führt. Der Anstieg der Muskelkraft kann damit zusammenhängen, dass die Verfügbarkeit von Cr und PCr zu Beginn der Übung verbessert ist. Dies ermöglicht dem Athleten ATP annähernd so schnell zu regenerieren wie es abgebaut wird.

Tab. 54 Deskriptive Statistiken für Pre-, 3 Wochen und 6 Wochen Posttestbedingungen

Variable	Pre		3 week		6 week		Change	
	\bar{X}	$\pm SD$						
<i>Placebo (n = 14)</i>								
Bench press	118.18	31.55	121.27	31.08	119.05	30.47	0.87	7.68
Leg press	248.86	70.37	270.26	77.70	273.86	75.01	21.21	15.45
Curl reps	6.21	2.46	11.07	5.76	12.15	6.82	6.00	5.77
Systolic	113.43	29.20	115.08	26.89	123.54	9.02	10.10	8.15
Diastolic	81.86	11.49	87.08	5.20	84.15	4.51	2.29	13.63
Body fat	12.01	4.86	11.84	4.31	11.76	4.39	-0.25	0.96
Body weight	86.39	18.92	86.38	18.55	86.25	18.64	-0.14	1.27
Lean mass	75.26	12.76	75.52	13.11	75.42	12.85	0.17	1.62
<i>Phosphate (n = 9)</i>								
Bench press	104.55	21.01	111.61	22.33	113.38	21.96	8.83	3.49
Leg press	243.43	42.40	266.16	37.63	271.30	50.13	27.55	29.22
Curl reps	7.22	1.20	12.33	2.96	15.88	3.33	8.67	3.61
Systolic	122.44	12.91	119.11	5.49	119.56	8.98	-2.89	7.36
Diastolic	78.00	11.18	84.67	8.89	80.67	6.25	2.67	12.88
Body fat	10.49	2.57	10.64	2.87	9.81	2.80	-0.67	1.27
Body weight	82.24	8.25	83.15	8.86	84.14	8.83	1.89	1.56
Lean mass	73.53	6.59	74.17	6.79	75.73	6.53	2.20	1.13
<i>Monohydrate (n = 11)</i>								
Bench press	116.73	39.03	122.73	39.93	127.90	40.41	11.15	5.51
Leg press	265.29	85.62	289.54	88.82	297.93	83.67	32.64	22.82
Curl reps	7.64	2.46	13.10	4.39	15.73	5.14	8.10	4.48
Systolic	118.60	8.17	120.80	6.55	116.00	6.73	-2.60	7.55
Diastolic	79.60	9.79	89.40	5.50	74.80	23.79	-4.80	30.50
Body fat	12.43	6.53	11.71	5.56	11.46	5.13	-0.97	1.64
Body weight	88.92	21.18	90.61	20.98	90.64	20.74	1.71	1.77
Lean mass	76.69	12.37	79.99	13.58	79.36	13.45	2.67	1.92

Tab. 55 One-way ANOVA der Placebo-, Creatinphosphat- und Creatinmonohydratgruppe in der 3. und 6. Woche

Variable	Mean square between	Mean square within	F	p
<i>Pretest condition</i>				
Bench press	2,737.67	4,952.05	0.553	0.581
Leg press	6,510.05	23,727.65	0.274	0.762
Curl	6.71	4.85	1.380	0.266
Diastolic pressure	42.70	119.27	0.358	0.702
Systolic	232.07	433.94	0.535	0.591
Body fat	10.21	25.40	0.402	0.672
Body weight	538.74	1,512.07	0.356	0.703
Lean body mass	120.19	623.94	0.193	0.826
<i>Three weeks</i>				
Bench press	1,728.49	5,072.66	0.341	0.714
Leg press	7,465.98	25,712.68	0.290	0.750
Curl	13.02	22.38	0.582	0.565
Diastolic pressure	53.01	42.39	1.252	0.301
Systolic pressure	100.29	320.81	0.313	0.734
Body fat	4.31	19.52	0.221	0.803
Body weight	682.72	1,484.24	0.460	0.635
Lean body mass	473.69	694.73	0.682	0.513
<i>Six weeks</i>				
Bench press	2,623.15	5,055.12	0.519	0.600
Leg press	10,889.79	25,840.88	0.421	0.660
Curl	52.44	30.36	1.727	0.195
Diastolic pressure	248.35	194.94	1.274	0.295
Systolic pressure	162.21	70.05	2.32	0.117
Body fat	11.14	18.59	0.599	0.556
Body weight	548.79	1,474.42	0.372	0.692
Lean body mass	263.45	670.80	0.393	0.679

Tab. 56 One-way ANOVA der Veränderungen zwischen Pre, 3. und 4. Woche

Variable	Mean square between	Mean square within	F	p
<i>Three weeks</i>				
Bench press	243.36	100.52	2.421	0.105
Leg press	1,121.93	1,463.84	0.766	0.475
Curl	1.09	16.82	0.065	0.937
Diastolic pressure	63.74	87.19	0.731	0.490
Systolic pressure	104.58	701.41	0.149	0.862
Body fat	4.20	1.61	2.608	0.090
Body weight	44.09	11.30	3.901	0.031*
Lean body mass	151.58	15.18	9.983	0.001*
<i>Six weeks</i>				
Bench press	1,631.08	179.19	9.103	0.001
Leg press	1,826.33	2,387.58	0.765	0.475
Curl	22.58	23.50	0.961	0.394
Diastolic pressure	177.10	411.22	0.430	0.654
Systolic pressure	720.33	369.87	1.95	0.161
Body fat	1.64	1.67	0.982	0.386
Body weight	75.51	11.21	6.737	0.003*
Lean body mass	107.25	12.71	8.44	0.001*

6.1.14 "Effects of Creatine Monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women"

(Ferguson et al., 2006)

Zusammenfassung:

Die Absicht der Studie war es die Auswirkungen einer zehnwöchigen Creatinsupplementation kombiniert mit einem Krafttraining bei krafttrainierten Frauen zu untersuchen. An der Studie nahmen 26 Frauen teil, die entweder ein Placebo- oder Creatinpräparat in einer Dosierung von 0.3 g/kg Körpergewicht für sieben Tage erhielten. Anschließend bekamen sie das Supplement für weitere neun Wochen in einer Dosierung von 0.03 g/kg Körpergewicht. Währenddessen nahmen sie an einem Krafttrainingsprogramm teil, welches an vier Tagen die Woche stattfand. In beiden Gruppen kam es zu einem signifikanten Anstieg des 1RMs bei der Bank- und Beinpresse. Der Haupteffekt kam durch das Training zustande. Es zeigte sich bei keiner der beiden Gruppe ein signifikanter Unterschied in der Gesamtanzahl der Wiederholungen die bei den 5 Sätzen mit multiplen Wiederholungen bis zur Erschöpfung bei 70% des 1RM bei der Bank- und Beinpresse durchgeführt wurden. Auch die Fähigkeit ein größeres Trainingsvolumen zu erreichen konnte weder in der Creatin- noch in der Placebogruppe innerhalb der 10 Wochen erreicht werden.

Die Ergebnisse zeigten, dass eine Creatinsupplementation kombiniert mit einem 10wöchigem Krafttraining zu keiner höheren Verbesserung der Kraftfähigkeit führt als Krafttraining alleine.

Studienbeschreibung:

Die Studie beabsichtigte die Auswirkungen einer zehnwöchigen Creatinsupplementation mit kombiniertem Krafttraining auf die Kraftfähigkeit bei erfahrenen Gewichtheberinnen zu untersuchen. Es wurde ein Doppelblindverfahren angewendet und die 26 Probandinnen im Alter von 18-35 Jahren wurden nach dem Zufallsprinzip entweder der Placebogruppe (n = 13) oder der Creatingruppe (n = 13) zugeordnet. Beide Gruppen absolvierten das gleich Krafttrainingsprogramm. Die Probandinnen wurden nach ihrem 1 RM bei der Bank- und Beinpresse paarweise zugeordnet. Zu Beginn wurden Basismessungen durchgeführt, welche die Kraft der unteren und oberen Extremität mittels Bank- und Beinpresse bestimmten (1RM Krafttest und 70% des 1RM, 5 sätziges Wiederholungsprogramm). Kraftmessungen wurden in der Mitte (nach 5 Wochen) und am Ende (nach 10 Wochen) der Studie wiederholt. Um den 'Range of motion' für alle Probanden während der Beinpresse zu standardisieren, wurde in Beinstreckung und hüftbreitem Fußabstand

begonnen und das Gewicht wurde verringert bis der Kniewinkel bei 90° lag. Das Testprotokoll für die Bank- und Beinpresse bestand aus einem 5minütigem Aufwärmen am Radergometer, statischem Stretching und zwei submaximalen, progressiv ansteigenden Sätzen mit 10 und 3 Wiederholungen. Zwischen den Tests wurde eine 2-5minütige Erholungspause eingelegt. Da aus vorhergegangenen Studien bekannt ist, dass Creatin einen steigernden Einfluss auf hochintensives, intermittierendes Krafttraining hat, wurde ein Programm mit 5 Sätzen zusammengestellt. Nach dem Aufwärmprogramm führten die Probanden so viele Wiederholungen wie möglich während fünf Sätzen mit 70% des 1RMs für die Bank- und Beinpresse durch. Zwischen jedem Satz wurde eine 75sekündige Erholungspause eingebaut. Die Gesamtanzahl an Wiederholungen bis zur Ermüdung wurde für jeden der 5 Sätze aufgezeichnet. Gleich nach den Basismessungen für die Körperkomposition und Kraft begann die 10wöchige Supplementations- und Krafttrainingsperiode. Bei der Supplementation erfolgte sieben Tage eine akute Ladephase mit 0.3 g CrM/kg/Tag, gefolgt von einer neunwöchigen Erhaltungsphase mit 0.03 g/kg/Tag. Die Supplementation wurden mit Einfachzucker verabreicht um die Creatinaufnahme in die Skelettmuskulatur zu verbessern. Die Placebogruppe führte dasselbe Trainingsprogramm wie die Creatingruppe durch. Die Studie erfolgte im Doppelblinddesign. Alle Probanden führten an vier Tagen/Woche 12 gesplittete Krafttrainingsübungen durch. Tag 1 und 3 bestanden aus Bandrücken, Latissimuszüge, `Dumbbell military press`, sitzendes und aufrechtes Rudern, Bizeps Curls, Trizeps Extensionen. Tag 2 und 4 bestanden aus Squats, Beinpresse, Lunges, Hamstring Curls, Abdominaltraining. Tabelle 57 zeigt die Trainingsbeschreibung für beide Gruppen während des 10wöchigen Trainings.

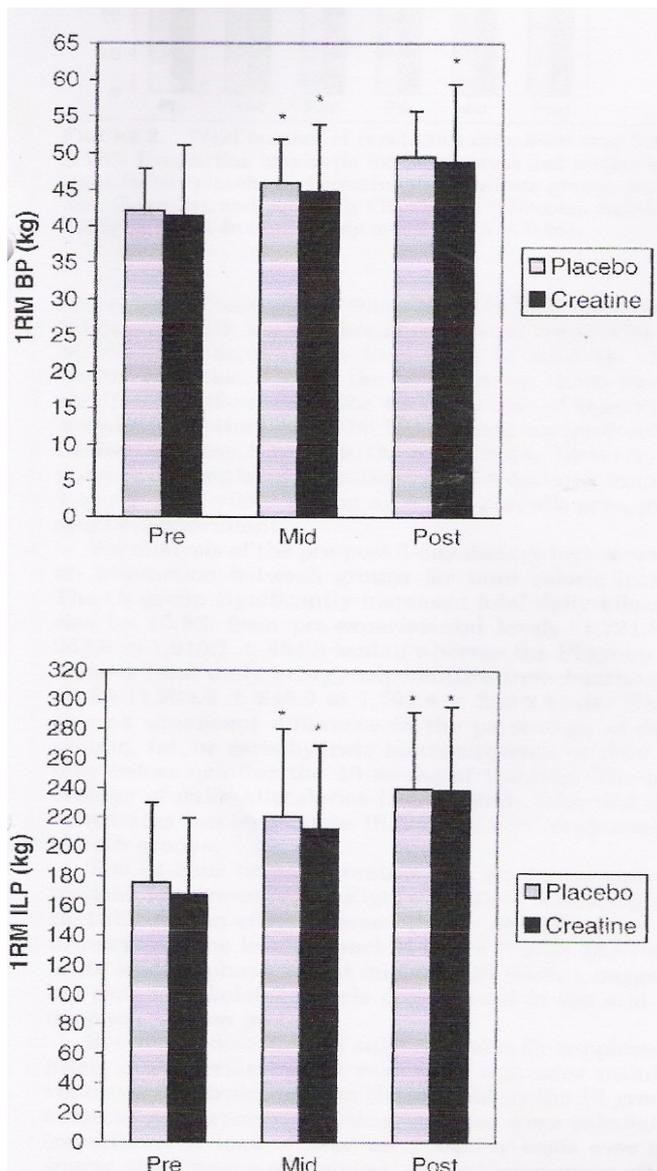
Tab. 57 Trainingsbeschreibung für die CrM- und Placebogruppe

Weeks	Sets	Repetition range†
1–2	3	10–12RM
3–5	4	10–12RM
6–8	4	8–10RM
9–10	5	6–8RM

Die Belastungen wurden so eingestellt, dass es infolge der vorabgewählten Wiederholungsanzahl zu einer muskulären Erschöpfung kam.

Ergebnisse:

Tabelle 58 zeigt die Veränderungen der Absolutkraft (1RM) bei der Bank- und Beinpresse.



Tab. 58 1-RM Bank- und Beinpresse. Vor, in der Mitte (5 Wochen) und nach der Studie (10 Wochen) für die Placebo- und Creatinmonohydratgruppe

Es zeigte sich sowohl bei der Creatin- als auch bei der Placebogruppe eine Auswirkung auf die Absolutkraft, jedoch zeigte sich kein Gruppen- oder Interaktionseffekt. Der relative Pre-Post Ratio für die Bankpresse stieg bei der Creatin- und Placebogruppe von 1.7 ± 0.3 auf 1.9 ± 0.3 und von 1.6 ± 0.2 auf 1.8 ± 0.3 . Ähnlich Anstiege gab es für die Beinpresse, jedoch wieder ohne Gruppeninteraktion. Bei der Creatin- und Placebogruppe stieg der relative Ratio der Beinpresse von 4.6 ± 1.3 auf 6.6 ± 1.2 und von 4.9 ± 1.3 auf 6.6 ± 1.2 . Abbildung 55 zeigt die Gesamtzahl der Wiederholungen die während der 5 Sätze mit 70% des 1RMs durchgeführt wurden am Anfang, in der Mitte (5 Wochen) und nach der Studie (10 Wochen). Wiederum zeigte sich kein Unterschied zwischen Placebo- und Creatinmonohydratgruppe.

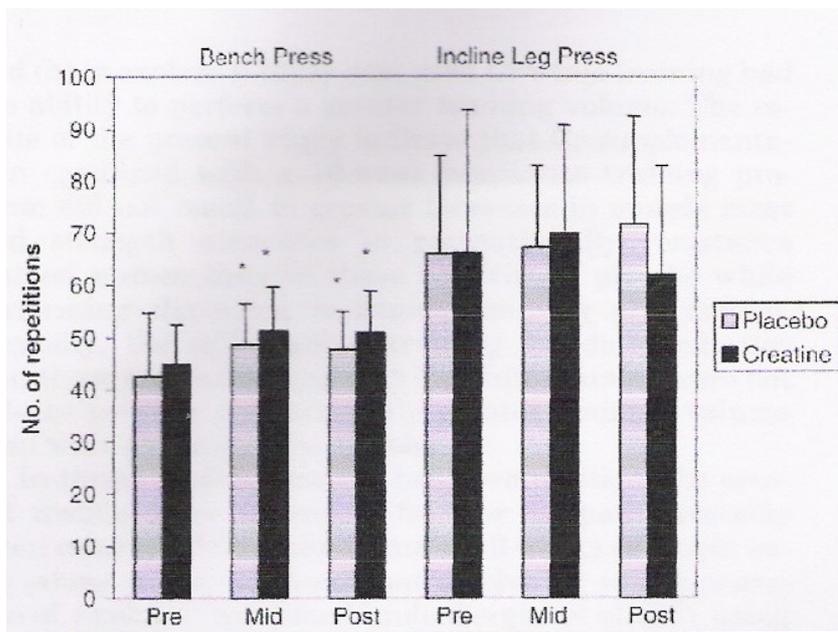


Abb. 60 Gesamtanzahl der Wiederholungen die über 5 Serien mit 70% des 1-RMs bei der Bank- und Beinpresse durchgeführt wurde bei der Placebo- und CrM Gruppe (vor der Studie, in der Mitte und nach der Studie)

Auch das Ermüdungsprofil war in beiden Gruppen gleich und die Wiederholungen pro Satz sanken von Satz 1 bis Satz 5 um 66%. Um zu ermitteln ob die Creatinegruppe mehr Leistung oder ein größeres Trainingsvolumen erbringen konnte als die Placebogruppe wurden das selbstaufgezeichnete Trainingsvolumen (Wiederholungen x Belastung x Sätze) auf wöchentlicher Basis über das 10wöchige Training kalkuliert. Es zeigte sich keine Interaktion zwischen den beiden Gruppen. Die Studie zeigte, dass eine Creatinsupplementation kombiniert mit einem 10wöchigen Krafttraining zu keinen größeren Anstieg der Kraftparameter führte als ein Placebosupplementation mit demselben Training. Auch im Trainingsvolumen der Probandinnen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

6.1.15 Metaanalyse: "Effects of Creatine Supplementation and Resistance Training on Muscle Strength and Weightlifting Performance"

(Rawson et al., 2003)

Zusammenfassung:

Die Absicht dieses Review Artikels war es die Auswirkungen einer Creatinsupplementation kombiniert mit einem Krafttraining auf die Muskelkraft und die Gewichtshebeleistung zu evaluieren. Bei 22 Studien ließ sich ein durchschnittlicher Anstieg

der Muskelkraft (1,3 oder 10 RMs) von 20% nachweisen infolge der Creatinsupplementation kombiniert mit Krafttraining. Dieser Anstieg war um 8% größer als in der Placebogruppe. Ähnliche Anstiege zeigten sich bei der Gewichthebeleistung (maximalen Wiederholungen bei vorgegebenen Prozent der Maximal Kraft). Diese war nach der Creatinsupplementation kombiniert mit Krafttraining um 14% größer als in der Placebogruppe. Es konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation während einem Krafttraining die Muskelkraft und die Gewichthebeleistung mehr steigert als Krafttraining alleine.

Studienbeschreibung: Die Inklusionskriterien für die Studien in diesen Review Article waren, dass die Probanden der Studien Creatin kombiniert mit Krafttrainings einnahmen und dass es eine Placebogruppe gab die dasselbe Krafttrainingsprogramm absolvierte. 22 Studien konnten den Inklusionskriterien standhalten (s. Tab 59). Die Studiendauer ging von 7-91 Tagen und die Dosierung lag zwischen 20-25g Creatin/Tag in der Ladephase (3-7 Tage), gefolgt von einer Erhaltungsdosis von 5g/Tag. Von den 22 Studien zeigten 17 einen signifikant größeren Zuwachs an Muskelkraft bei Probanden die Creatin einnahmen. Jedoch zeigten fünf Studien keinerlei Unterschied zwischen Creatin- und Placebogruppe. Der durchschnittliche Anstieg der Muskelkraft (1RM, 3RM und 10RM) nach der Creatinsupplementation kombiniert mit Krafttraining (KT) lag bei 20%, wohingegen der durchschnittliche Anstieg bei der Placebogruppe plus Krafttraining bei 12% lag. Der durchschnittliche Anstieg der Gewichthebeleistung (maximale Wiederholungen bei vorgegebenen Prozent der Maximalkraft) nach der Creatinsupplementation (+KT) lag bei 26%. Wohingegen der durchschnittliche Anstieg der Gewichthebeleistung nach der Placebosupplementation (+KT) wiederum nur bei 12% lag. Die Daten zeigten, dass Probanden die Creatin während des Krafttrainings einnahmen einen um 8% größeren Anstieg an Muskelkraft hatten als Probanden die nur ein Placebo während dem Training einnahmen (20 vs. 12%). Außerdem ließ sich ein um 14% höherer Anstieg der Gewichthebeleistung bei der Creatingruppe feststellen verglichen mit der Placebogruppe (26 vs. 12%). Die Metaanalyse zeigte, dass Krafttraining mit Creatineinnahme einen höheren Anstieg an Muskelkraft und Gewichthebeleistung hervorruft als Krafttraining alleine.

Subjects	Supplement duration (d)	Initial training status	Activity during supplementation	Δ Creatine group	Δ Placebo group	Reference
8 M	28	≈11 y resistance training	Maintained current resistance training program (28 d)	6% ↑ in bench press 1RM* (<i>p</i> < 0.05 from placebo) 26% ↑ in bench press repetitions (at 70% of 1RM)* * (<i>p</i> < 0.001 from placebo)	No change from baseline	(11)
14 M	7	≈6 y resistance training	Maintained current resistance training program (7 d)	30% ↑ in bench press repetitions (at 10RM) over 5 sets	No change from baseline	(56)
19 F	74	Untrained	10-wk resistance training program	43% ↑ in leg press 1RM* 45% ↑ in bench press 1RM 63% ↑ in leg curl 1RM 85% ↑ in leg extension 1RM* 46% ↑ in squat 1RM* 31% ↑ in shoulder press 1RM * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	25% ↑ in leg press 1RM 38% ↑ in bench press 1RM 39% ↑ in leg curl 57% ↑ in leg extension 25% ↑ in squat 24% ↑ in shoulder press	(54)
39 M	56	Resistance trained collegiate football players (Division II)	8-wk resistance training program	6% ↑ in bench press 1RM* * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	No change from baseline	(33)
25 M	28	Resistance trained collegiate football players (Division IA)	Undergoing winter/spring (off-season) resistance training program (28 d)	225 kg ↑ in bench press lifting volume (weightlifted × repetitions)* (<i>p</i> < 0.005 from placebo) 327 kg ↑ in squat lifting volume 1,100 kg ↑ in power clean lifting volume 1,558 kg ↑ in total lifting volume* * (<i>p</i> = 0.05 from placebo)	-5 kg ↓ in bench press lifting volume (weightlifted × repetitions) 267 kg ↑ in squat lifting volume 921 kg ↑ in power clean lifting volume 1,105 kg ↑ in total lifting volume	(27)‡
18 M	26	Minimum 2 y resistance training (competitive powerlifters)	Continued precompetition training (26 d)	8% ↑ in bench press 3RM* (<i>p</i> < 0.001 from placebo) 39% ↑ in bench press repetitions (at 85% of 1RM) * (<i>p</i> < 0.001 from placebo)	2% ↑ in bench press 3RM No change in bench press repetitions (at 85% of 1RM)	(26)
19 M	84	Resistance trained	12-wk resistance training program w/preparatory, hypertrophy, strength, and peaking phases	24% ↑ in bench press 1RM* (<i>p</i> < 0.05 from placebo) 32% ↑ in squat 1RM No change in bench press repetitions (at 80% 1RM)	16% ↑ in bench press 1RM 24% ↑ in squat 1RM No change in bench press repetitions (at 80% 1RM)	(55)
16 M	70	Resistance trained collegiate football players (Division IA)	10-wk off-season resistance training w/hypertrophy, strength, and power phases	3% ↑ in bench press 1RM* 11% ↑ in squat 1RM* 6% ↑ in power clean 1RM* (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	No change from baseline	(35)
35 M	42	Minimum 2 y of resistance training	6-wk periodization resistance training program of only bench press, leg press, and curl exercises (supplemental exercises were permitted)	10% ↑ in bench press 1RM* 12% ↑ in leg press 1RM 106% ↑ in curl repetitions (at 8–10RM) * (<i>p</i> < 0.01 from placebo)	1% ↑ in bench press 1RM 10% ↑ in leg press 1RM 96% ↑ in curl repetitions (at 8–10RM)	(36)

Tab. 59 Muskelkraft und Gewichthebeleistung nach einer Creatin- oder Placebosupplementation mit gleichzeitigem Krafttrainingsprogramm

Subjects	Supplement duration (d)	Initial training status	Activity during supplementation	Δ Creatine group	Δ Placebo group	Reference
20 M	35	Resistance trained collegiate football players (Division AA)	5-wk in-season resistance training	10% ↑ in bench press 1RM* 12% ↑ in squat 1RM* 11% ↑ in bench press plus squat 1RM* * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	4% ↑ in bench press 1RM 8% ↑ in squat 1RM 6% ↑ in bench press plus squat 1RM	(47)
24 M	56	Resistance trained collegiate football players (at least 3 y) (Division II)	8-wk resistance training program	7% ↑ in bench press 1RM (creatine group) 13% ↑ in bench press 1RM (creatine + CHO group)* * (<i>p</i> < 0.05 from CHO group)	5% ↑ in bench press 1RM (CHO group)	(48)
23 M	42	Minimum 1 y of resistance training	6-wk arm flexor training of preacher curls 2 d per week	28% ↑ in preacher curl 1RM* * (<i>p</i> < 0.01 from placebo)	16% ↑ in preacher curl 1RM	(2)
21 M	37	≈5 y resistance training	8-wk resistance training program	5 d supplementation group: 9% ↑ in bench press 1RM 17% ↑ in leg press 1RM 16% ↑ in bench press repetitions (at 80% 1RM) 31% ↑ in leg press repetitions (at 80% 1RM)	7% ↑ in bench press 1RM 8% ↑ in leg press 1RM 4% ↑ in bench press repetitions (at 80% 1RM) 16% ↑ in leg press repetitions (at 80% 1RM)	(49)
				37 d supplementation group: 9% ↑ in bench press 1RM 16% ↑ in leg press 1RM 43% ↑ in bench press repetitions (at 80% 1RM) 18% ↑ in leg press repetitions (at 80% 1RM)		(49)
16 F	35	Resistance trained collegiate lacrosse players (Division I)	4.5-wk resistance training program	17% ↑ in bench press 1RM* 3% ↑ in leg extension 1RM * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	7% ↑ in bench press 1RM 3% ↑ in leg extension 1RM	(5)
14 F	91	Resistance trained collegiate soccer players (Division IA)	13-wk off-season resistance training program	18% ↑ in bench press 1RM 24% ↑ in squat 1RM	9% ↑ in bench press 1RM 12% ↑ in squat 1RM	(12)
30 M	28	Untrained	4-wk resistance training program	Creatine alone group: 8% ↑ in bench press 1RM 16% ↑ in leg press 1RM Creatine plus training group: 18% ↑ in bench press 1RM 42% ↑ in leg press 1RM* * (<i>p</i> < 0.01 from placebo)	9% ↑ in bench press 1RM 16% ↑ in leg press 1RM	(1)
29 M 2 F	7	≈3 y resistance training	Maintained current resistance training program (7 d)	3% ↑ in leg extension 1RM 7% ↑ in leg extension repetitions (at 12–15RM) over 5 sets	1% ↑ in leg extension 1RM 4% ↑ in leg extension repetitions (at 12–15RM) over 5 sets	(46)

zu Tab. 59

Subjects	Supplement duration (d)	Initial training status	Activity during supplementation	Δ Creatine group	Δ Placebo group	Reference
17 M	63	Resistance trained collegiate football players (at least 3 y) (Division IA)	9-wk preseason periodized resistance training	5% ↑ in bench press 1RM* 4% ↑ in power clean 1RM 9% ↑ in squat 1RM* * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	No change in bench press 1RM 2% ↑ in power clean 1RM 5% ↑ in squat 1RM	(3)
16 M	84	Untrained	12-wk resistance training program of only leg press, leg extension, and leg curl	54% ↑ in relative leg press 1RM* * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	29% ↑ in relative leg press 1RM	(57)
21 M	21	Untrained	3-wk resistance training program	54% ↑ in leg press 1RM* 11% ↑ in bench press 1RM 16% ↑ in power clean 1RM* 16% ↑ in shoulder press 1RM 14% ↑ in bicep curl 1RM* 14% ↑ in squat 1RM* 17% ↑ in tricep extension 1RM* 15% ↑ in total of all 1RM* * (<i>p</i> < 0.05 from placebo)	29% ↑ in leg press 1RM 4% ↑ in bench press 1RM 6% ↑ in power clean 1RM 7% ↑ in shoulder press 1RM 5% ↑ in bicep curl 1RM 3% ↑ in squat 1RM 3% ↑ in tricep extension 1RM 5% ↑ in total of all 1RM	(24)
12 M 10 F	42	Collegiate rowers	6-wk periodized resistance training program and rowing program	5% ↑ in bench press 10RM 22% ↑ in leg press 10RM No change from baseline in mean bench press repetitions over 3 sets (at 10RM) No change from baseline in mean leg press repetitions over 3 sets (at 10RM)	6% ↑ in bench press 10RM 26% ↑ in leg press 10RM No change from baseline in mean bench press repetitions (at 10RM) over 3 sets No change from baseline in mean leg press repetitions over 3 sets (at 10RM)	(50)
36 M	42	≈5 y resistance training	6-wk resistance training program	Creatine plus whey protein group: 17% ↑ in bench press 1RM* 20% ↑ in squat 1RM * (<i>p</i> < 0.05 from whey and placebo)	Whey protein group: 7% ↑ in bench press 1RM 17% ↑ in squat 1RM Placebo group: 8% ↑ in bench press 1RM 15% ↑ in squat 1RM	(6)§

zu Tab. 59

7 Ergebnisse und Erkenntnisse der Arbeit

7.1 Auswirkungen einer Creatinsupplementation - sportartbezogen

7.1.1 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Radsprint

Sieben von 15 Studien konnten belegen, dass eine Creatinsupplementation einen positiven Einfluss auf Sprintbelastungen im Radsport hat. Besonders Studien mit einer verhältnismäßig kurzen Belastungsdauer mit $\leq 6s$, führten häufig zu positiven Resultaten (Dawson et al., 1995; Kreider et al., 1997; Balsom, et al. 1995).

Warum viele der Studien keine Wirksamkeit belegen konnten ist mir unklar. Bei gleicher Dosierung und Einnahmedauer wurde einmal eine Wirkung nachgewiesen und ein andermal nicht. Eventuell kann dies damit zusammenhängen, dass viele Personen nicht auf eine Creatinsupplementation ansprechen. Wenn in einer Studie mit wenigen Teilnehmern vermehrt Nonresponder auftreten, so kann dies eventuell zu einem nichtsignifikanten Ergebnis führen. So konnte bei einer Dosierung von 20g Creatin für 5 Tage bei Casey et al. (1996) und Dawson et al. (1995) ein positiver Effekt nachgewiesen, in den Studien von Birch et al., (1994) und Febbraio et al., (1995) konnte jedoch bei derselben Dosierung kein Effekt nachgewiesen werden. Sicherlich haben sowohl Creatin-Ausgangskonzentrationen als auch die Konzentrations-Grenzwerte einen Einfluss auf die Wirkung. Da diese unterschiedlich sind und Ausgangswerte nicht immer vorab bestimmt werden, bleibt es unklar, inwieweit gewisse Faktoren die Wirkung beeinflussen.

In mehreren Studien konnte ein positiver Effekt auf den Radsprint infolge einer Creatinsupplementation nachgewiesen werden (vgl. Dawson et al., 1995; Kreider et al., 1997; Balsom et al. 1995; Havenetidis et al., 2003; Prevost, et al., 1997; Casey et al., 1996 & Eckerson et al., 2005).

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass eine Creatinsupplementation eine positive Auswirkung auf den Radsprint haben kann und dass dadurch Wettkampfzeiten eventuell verbessert werden können.

7.1.2 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Schwimmsprint

In der Metaanalyse von Hopwood et al. (2005) konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation besonders bei wiederholten Schwimmsprints eine Leistungsverbesserung aufweist. Bei Einzelsprints war dies nicht der Fall. Teilweise zeigte sich bei Einzelsprints sogar eine Verschlechterung der Leistung, welche eventuell mit

einem Anstieg des Körpergewichts zusammenhängt. Daher scheint es, dass kurzzeitige, wiederholte sportliche Betätigungen beim Schwimmen das Creatinphosphatsystem höher beanspruchen als Einzelsprints.

Bei der Studie von Grindstaff et al. (1997) konnte bei 3 x 100 m Sprints ein positiver Effekt auf die Leistung festgestellt werden. Beim ersten und zweiten Sprint wies die Creatingruppe eine signifikante Verbesserung der Schwimmzeiten auf verglichen mit der Placebogruppe.

Bei Mujika et al. (1996) konnte hingegen bei 25, 50 und 100m Sprints kein Einfluss einer Creatinsupplementation auf die Sprintleistung festgestellt werden. Auch bei Peyrebrune et al. (2005) zeigten maximale Sprinttests keine zeitlichen Verbesserungen infolge der Creatinsupplementation. Theodorou et al. (2005) konnte wiederum eine positive Auswirkung der Creatinsupplementation auf die Schwimmgeschwindigkeit bei maximalen Intervallen nachweisen. In derselben Studie konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation mit gleichzeitiger Kohlenhydratgabe keine weiteren Verbesserungen zeigt als eine alleinige Creatingabe.

Weiters kann gesagt werden, dass die Studienlage bei Schwimmsprints derzeit nicht ausreichend ist. In den bisherigen Studien wurden nur teilweise Wirkungen auf die Leistungen festgestellt, die einen positiven Effekt von Creatin auf anaerobe Schwimmbelastungen bestätigen (wie etwa Grindstaff et al., 1997 & Theodorou et al., 2005). Gleiche Dosierungen führten zu unterschiedlichen Ergebnissen, wobei wiederum eine Diagnose für das Ausbleiben bzw. Wirken von Creatin nicht eindeutig abgegeben werden kann. Dosierungen um die 20g/Tag über einen Zeitraum von 5-7 Tagen sollten aber auch beim Schwimmsprint ausreichend sein. Wobei eine niedrige Erhaltungsdosis im Anschluss an eine Ladephase scheinbar keinen weiteren Nutzen zeigt.

7.1.3 Konklusion zu Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Lauf sprint

Die Studien die Creatinsupplementationen im Lauf sprint untersuchten, wurden alle mit den gleichen Creatindosierungen (20 g/Tag) durchgeführt (Bosco et al., 1997; Terrillion et al., 1997 & Javierre et al., 2004). Jedoch nur in einer Studie (Bosco et al., 1997) konnte eine positive Auswirkung der Creatinsupplementation auf den Lauf sprint nachgewiesen werden. In der Studie von Bosco et al. (1997) wurde ein 60sekündiger Sprint mit 20 km/h durchgeführt und es konnte gezeigt werden, dass die Zeit der maximalen Höchstleistung infolge der Creatinsupplementation verbessert werden konnte.

In der Studie von Terrillion et al. (1997) wurden zwei maximale 700m Sprints durchgeführt. Es konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass eine

Creatinsupplementation bei Laufbelastungen mit einer Dauer von 90-120 s zu keiner Leistungsverbesserung führt.

Auch Javierre et al. (2004) konnten in ihrer Studie bei der sechs 60 m Sprints durchgeführt wurden keine Verbesserung der Leistung infolge der Creatinsupplementation feststellen.

7.1.4 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Ausdauersport

Bei längeranhaltenden Belastungen entstammt die Energie primär aus der aeroben Energiebereitstellung. Der anaerobe Stoffwechsel spielt im Ausdauerbereich lediglich am Beginn einer Belastung und bei wechselnder Belastungsintensität eine Rolle.

Da es aus theoretischer Sicht kaum Hinweise darauf gibt, dass eine Creatinsupplementation positive Auswirkungen auf die Ausdauerleistung hat, ist auch die Studienlage eher begrenzt. Nach Mujika et al. (1997) gibt es keinen Hinweis darauf, dass eine Creatinsupplementation die Leistungen im Ausdauerbereich verbessert. In der Studie von Balsom et al. (1993) konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation bei aerober Belastung sogar zu einer Verschlechterung der Leistung führen kann. Grund dafür dürfte der Gewichtsanstieg infolge der Supplementation sein. Bei Balsom et al. (1993) konnte weder bei einem supramaximalen Lauf am Laufband noch bei einem Geländelauf eine positive Auswirkung von Creatin nachgewiesen werden. Auch bei Thompson et al. (1996) konnte weder eine Leistungsverbesserung noch eine Wirkung auf die Sauerstoffaufnahme infolge einer Creatinsupplementation nachgewiesen werden. Engelhardt et al. (1997) konnte nachweisen, dass zwar Intervalleleistungen von einer Creatinsupplementation profitieren (18%), jedoch konnte keine positive Wirkung auf die Ausdauerleistung nachgewiesen werden.

Aufgrund der Studienlage kann man sagen, dass es kaum Hinweise darauf gibt, dass eine Creatinsupplementation einen positiven Einfluss auf Ausdauerleistungen hat. Jedoch kann es im Bereich des Ausdauersports bei Zwischensprints und Endspurts zu Leistungsverbesserungen kommen.

7.1.5 Konklusion zur Auswirkung einer Creatinsupplementation auf den Kraftsport

Von insgesamt 14 Studien zeigten elf Studien eine positive Auswirkung von Creatinsupplementationen auf Leistungen im Kraftsportbereich. Lediglich drei Studien konnten keine signifikanten Verbesserungen feststellen. Volek et al. (2004) bestätigt, dass es infolge einer Creatinsupplementation zu höheren Zuwächsen an Muskelkraft kommt verglichen mit Placebopräparaten. Im Weiteren kam Volek et al. (2004) zu der Erkenntnis,

dass Creatin zu einer höheren Belastungsfähigkeit führt und auch die Trainingsadaptation verbessert werden kann. Da es durch eine Creatinsupplementation infolge der Wassereinlagerungen zu zellulären Schwellungen kommt, besteht die theoretische Vermutung, dass Creatin einen Einfluss auf den Kohlenhydrat- und Proteinmetabolismus hat. Außerdem konnte gezeigt werden, dass Personen mit niedrigerem Creatinausgangslevel mehr von einer Creatinsupplementation profitieren als Personen mit höherem Ausgangslevel. Mesa et al. (2001) berichtet von einem möglichen Einfluss einer Creatinsupplementation auf die Wachstumshormonlevel. Messungen zeigten, dass die höchsten Wachstumshormonlevel im Plasma 2 - 6 Stunden nach der Creatinsupplementation auftreten.

In der Metaanalyse von Nissen et al. (2002) konnte gezeigt werden, dass von 250 getesteten Präparaten lediglich Creatin und HMB einen signifikanten Einfluss auf den Zuwachs an fettfreier Körpermasse hatten. Vandebergh et al. (1997) konnte zeigen, dass eine Creatinsupplementation zu einem signifikanten Anstieg der Maximalkraft führen kann. Nach Beendigung der Supplementation erreichten die Creatinphosphatlevel in der Muskulatur innerhalb von vier Wochen wieder das Ausgangslevel. Auch Kilduff et al. (2001) konnte nach Ausschluss der Nonresponder eine Verbesserung der Kraftentwicklung nach einer Creatinsupplementation feststellen. Manganaris et al. (1998) konnte sowohl einen Anstieg bei der Maximalkraft sowie eine Erhöhung des Körpergewichtes durch Creatin belegen.

In der Studie von Francaux et al. (1999) kam es bei einer Dosierung von 21 g für fünf Tage zu keinem höheren Anstieg der isokinetischen Kraft infolge der Creatinsupplementation.

Bei Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation zu einer Verbesserung der Kraftintensitäten führen kann (Tarnopolsky et al., 1999). Auch Greenhaff et al. (1993) stellte fest, dass Creatin zu einer Verbesserung der isokinetischen Maximalkraft führen kann.

Sinclair et al. (1998) untersuchten den Einfluss des Alters auf die Creatinsupplementation und stellten fest, dass Creatin bei älteren Probanden (> 50 Jahre) einen größeren Einfluss auf die Verfügbarkeit von Creatinphosphat und auf die Resyntheserate hat als bei jüngeren Probanden. Dempsey et al. (2002) analysierten 16 Studien und kamen zu dem Erkenntnis, dass Krafttraining mit kombinierter Creatineinnahme einen größeren Einfluss auf die Maximalkraft hat als alleiniges Krafttraining. Außerdem konnte in der Studie festgestellt werden, dass eine längere Einnahmedauer (9 – 12 Wochen) zu keinen weiteren Vorteilen mehr führt. Auch Johnson et al. (2006) sowie Rawson et al. (2003)

konnten nachweisen, dass Krafttraining mit zusätzlicher Creatineinnahme zu einem signifikant höheren Anstieg des 1-RMs beim Bankdrücken führt als alleiniges Krafttraining.

Volek et al. (2003) untersuchte die Wirkung von Creatin während eines Krafttrainings mit provoziertem Übertraining. Er konnte dabei einen positiven Einfluss von Creatin auf die Explosivkraft nachweisen, sowie eine Verbesserung des 1-RM bei der Kniebeuge. Außerdem stellte er auch eine signifikant höhere Zunahme an fettfreier Körpermasse infolge der Creatinsupplementation fest, verglichen mit einem Placebopräparat. Peeters et al. (1999) zeigte, dass eine Ladephase von 20 g Creatin/Tag für drei Tage und anschließend 10 g Creatin/Tag zu signifikanten Verbesserungen des 1-RM beim Bankdrücken führt. Außerdem konnten Peeters et al. (1999) belegen, dass Creatinphosphat genauso wirkungsvoll ist wie Creatinmonohydrat.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Creatin eine sichere und legale Möglichkeit darstellt um Leistungen im Kraftsport zu verbessern.

7.2 Auswirkungen einer Creatinsupplementation – in Abhängigkeit von der Belastungsdauer

7.2.1 Konklusion zu Creatinsupplementationen bei kurzfristigen hochintensiven Belastungen (≤ 30 s)

Mehr als die Hälfte (9 von 16) der in dieser Arbeit bearbeiteten Studien konnte einen positiven Effekt einer Creatinsupplementation bei kurzfristigen hochintensiven Belastungen nachweisen. Besonders bei Radsprints zeigten viele der Studien signifikante Ergebnisse. Von zehn Studien die an einem Radergometer mit einer Belastungsdauer ≤ 30 s durchgeführt wurden, konnten sieben einen ergogenen Effekt nachweisen.

In einer Metaanalyse von Williams et al. (1998) konnten von 31 Studien mit einer Belastungsdauer von ≤ 30 s 21 Studien eine positive Wirkung von Creatin auf die Leistung nachweisen. Gezeigt werden konnte hierbei auch, dass besonders Personen mit einem geringeren Trainingsniveau von einer Creatinsupplementation profitieren. Dabei zeigten 71% der Nichtsportler eine verbesserte Leistung infolge der Supplementation, aber nur 30% der Leistungssportler wiesen eine Verbesserung bei Leistungen ≤ 30 s auf. Hiermit besteht die Überlegung und Anregung zur weiteren Recherche ob und inwieweit Leistungssportler überhaupt von einer Creatinsupplementation profitieren.

In einer weiteren Metaanalyse von Branch et al. (2003) konnten von 61 Studien mit einer Dauer ≤ 30 s mehr als die Hälfte (45 Studien) eine Leistungsverbesserung aufweisen. Es konnte eine signifikante Leistungssteigerung am Radergometer und bei der

Kraftproduktion bei Belastungen in diesem Zeitraum nachgewiesen werden. Die Metaanalyse zeigte, dass eine Creatinsupplementation einen deutlichen Einfluss auf die ATP-Regeneration hat und dass dadurch im anaerob-alaktaziden Bereich Leistungen verbessert werden können. Zahlreiche Studien konnten bei einer Belastungsdauer ≤ 30 s einen positiven Effekt nachweisen. So stellte Kreider et al. (1997) eine Verbesserung der Sprintleistung am Fahrradergometer bei sechssekündigen Sprints fest. Gezeigt werden konnte, dass die Leistungsverbesserung bei der Creatingruppe um 51 % höher war als bei der Placebogruppe. Balsomi et al. (1995) konnte bei einer Dosierung von 20 g Creatin /Tag für sechs Tage eine Leistungsverbesserung bei kurzandauernden hochintensiven Belastungen am Radergometer nachweisen. Die Probanden der Creatingruppe waren besser in der Lage die Leistung aufrechtzuerhalten. Grund dafür dürfte eine höhere Verfügbarkeit an Creatinphosphat und eine geringere Anhäufung an Laktat sein. In einer Studie von Havenetidis et al. (2003) wurden unterschiedliche Creatindosierungen (40 g, 100 g und 135 g) über vier Tage hinweg eingesetzt. Dabei wurde die Leistung bei 40 g um 0.7 %, bei 100 g um 11.8% und bei 135 g um 11.1% verbessert. Eine signifikante Verbesserung der Leistung konnte nur bei 100 und 135 g nachgewiesen werden. Jedoch konnte auch gezeigt werden, dass größere Mengen nicht unbedingt auch eine höhere Leistungsverbesserung bedeuten. Die Studie konnte zeigen, dass die Wirkung einer Creatinsupplementation in hohem Grad von der Dosierung abhängig ist. Dies kann auch als theoretische Überlegung herangezogen werden, warum manche Studien keine signifikante Leistungsverbesserung erbringen. Birch et al. (1994) konnten bei einer Creatindosierung von 4 x 5 g für fünf Tage bei maximalen Radsprints eine Steigerung der Leistung nachweisen. Prevost et al. (1997) zeigten bei einer fünftägigen Creatinsupplementation (18.75 g/Tag) eine signifikante Leistungsverbesserung bei hochintensiven Belastungen am Radergometer. Die Studie belegte dass eine Creatinsupplementation besonders bei Belastungen, die Creatinphosphat als primäre Energiequelle nutzen, eine leistungssteigernde Wirkung hat. Casey et al. (1996) kamen bei einer Studie mit 30 s maximalen Radsprint zu der Erkenntnis, dass die Verbesserung der Leistung stark mit einer verbesserten ATP-Resynthese zusammenhängt. Gezeigt werden konnte auch, dass die Verfügbarkeit an Creatinphosphat in den Typ II Muskelfasern infolge der Creatinsupplementation erhöht wird.

Theodorou et al. (2005) konnten bei 50 und 100 m Schwimmsprints einen positiven Effekt auf die Leistung durch Creatin nachweisen. Gezeigt werden konnte aber auch, dass es in dieser Studie zu keiner weiteren Leistungsverbesserung kam, wenn das Creatinpräparat gleichzeitig mit Kohlenhydraten eingenommen wird. Dies sollte im Normalfall zwar zu

einer besseren Aufnahme von Creatin führen, jedoch sind dazu die Studienergebnisse recht widersprüchlich. Bei Studien welche die Wirkung einer Creatinsupplementation auf Schwimmsprints ≤ 30 s untersuchten, konnte nur selten ein positiver Effekt festgestellt werden. So konnten weder Mujika et al (1996) noch Peyerbrune et al. (2005) eine signifikante Leistungsverbesserung nachweisen.

Es konnte gezeigt werden, dass eine Creatinsupplementation bei einer Belastungsdauer ≤ 30 s in vielen Studien zu signifikanten Leistungsverbesserungen führt. Eine Supplementation kann daher bei kurzfristigen hochintensiven Belastungen eine ergogene Wirkung haben.

7.2.3 Konklusion zu Creatinsupplementationen bei längeranhaltenden Belastungen (30 – 150 s)

Von neun bearbeiteten Studien welche die Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf Belastungen mit einer Dauer von 30 – 150 s untersuchten, wiesen weniger als die Hälfte (vier Studien) eine ergogene Wirkung auf. In einer Metaanalyse von William et al. (1998) wurden ähnliche Ergebnisse erbracht. Hier konnten von 14 Studien ebenfalls nur fünf Studien eine positive Auswirkung infolge der Creatinsupplementation nachweisen. In einer weiteren Metaanalyse von Branch et al. (2003) erbrachten von 25 Studien, die Belastungen mit einer Dauer von 30 – 150 s untersuchten, 17 ein positives Ergebnis. Theoretisch gesehen besteht laut Studienautoren die Möglichkeit, dass anhaltende anaerobe Leistungen durch eine Creatinsupplementation verbessert werden können. Dies beruht zum einen darauf, dass die Glykolyse später einsetzt und dass es zu geringeren Laktatproduktionen kommt. In einer Studie von Grindstaff et al. (1997) konnte nach einer neuntägigen Creatinsupplementation (21 g) eine signifikante Verbesserung bei 100 m Schwimmsprints nachgewiesen werden. Auch bei Theodorou et al. (2005) zeigte ein viertägige Creatinsupplementation mit 20 g/Tag eine positive Auswirkung auf die Schwimmgeschwindigkeit bei 100 m Sprints. Bosco et al. (1997) konnte nach einer fünftägigen Creatinsupplementation (20 g) bei Belastungstests am Laufband mit einer Dauer von etwa 60 s eine durchschnittliche Leistungsverbesserung von 13% nachweisen. Bosco et al. (1997) kamen zu der Erkenntnis, dass eine Creatinsupplementation bei Laufbelastungen mit einer Dauer bis zu einer Minute einen ergogenen Effekt haben kann.

Keine Leistungsverbesserung hingegen stellten Terrillion et al. (1997) bei Laufsprints fest. Hier konnte bei Laufbelastungen mit einer Dauer von 90-120 s trotz üblicher Creatindosierung (20 g/Tag für fünf Tage) kein ergogener Effekt nachgewiesen werden. Auch Febraio et al. (1995) konnte bei einem 60sekündigen Belastungstest am Radegometer keine Leistungsverbesserung feststellen. In der Studie konnte zwar gezeigt

werden, dass eine Creatinsupplementation die Gesamtcreatinkonzentration im Muskel erhöht, jedoch hatte dies keinen Einfluss auf die Leistung. Zu selbigem Ergebnis kamen Prevost et al. (1997). Hier konnte bei einer fünftägigen Creatinsupplementation (18,7 g) kein ergogener Effekt bei einer 60sekündigen Belastung am Radergometer nachgewiesen werden. In selbiger Studie konnte aber gezeigt werden, dass kürzere Belastungszeiten (10 s und 20 s) zu einer Leistungsverbesserung führten. Auch bei Eckerson et al. (2008) führte eine niedrigdosierte Creatinsupplementation (5 g für 30 Tage) zu keinem positiven Studienergebnis auf die anaerobe Leistungsfähigkeit und auch Mujika et al. (1996) konnten bei 100 m Sprints keine Leistungsverbesserung feststellen.

7.2.4 Konklusion zu Creatinsupplementationen bei aeroben Belastungen (> 150 s)

Bei keiner der bearbeiteten Studien kam es zu einem positiven Effekt bei Belastungen >150 s infolge einer Creatinsupplementation. In einer Metaanalyse von William et al. (1998) konnten ähnliche Resultate erbracht werden. Hier kam es bei insgesamt acht Studien mit einer Belastungszeit >150 nur bei zwei Studien zu einer signifikanten Leistungsverbesserung. Auch Branch et al. (2003) kam in seiner Metaanalyse zu der Erkenntnis, dass Sportarten aus dem aeroben Bereich kaum Nutzen aus einer Creatinsupplementation ziehen. Branch et al. (2003) konnten lediglich bei Studien am Fahrradergometer eine leichte Verbesserung infolge einer Creatinsupplementation feststellen. In anderen Sportarten wie Kajak, Ruder, Laufen, Schwimmen konnte in dieser Metaanalyse keine signifikante Leistungsverbesserung nach einer Creatinsupplementation nachgewiesen werden. Auch Balsom et al. (1993) kam zum Ergebnis, dass bei längeranhaltenden Belastungen, bei denen die Energie primär aus dem aeroben Energiestoffwechsel stammt, nicht von einer Creatinsupplementation profitieren. Balsom et al. (1993) konnten weder bei einem supramaximalen Laufbandlauf, noch bei einem 6 km Geländelauf eine positive Wirkung feststellen. Es kam sogar zu einem Anstieg der Laufzeit infolge der Creatinsupplementation. Auch bei der Sauerstoffaufnahme konnte keine Verbesserung festgestellt werden und auf die Herzfrequenz konnte ebenfalls keine Auswirkung gezeigt werden. Zu selbigem Ergebnis kam auch Thompsen et al. (1996). Dieser konnte keine Verbesserung der Ausdauerleistungen bei Schwimmbelastungen feststellen und es zeigte sich auch, dass Creatin keine Auswirkungen auf die Sauerstoffaufnahme hatte und auch keine Verbesserung der Creatinphosphatresynthese zur Folge hatte.

In der Studie von Engelhardt et al. (1997) konnten zwar die Intervalleleistungen um 18% verbessert werden nach einer Creatinsupplementation (2 x 6 g für fünf Tage), jedoch hatte die Supplementation keine Auswirkung auf die Ausdauerleistungen bei einem 30minütigen Belastungstest. Engelhardt et al. (1997) kamen zu der Erkenntnis, dass eine

Creatinsupplementation insbesondere auf alaktazide Belastungen, wie sie etwa beim Sprint auftreten, eine Auswirkung haben, nicht jedoch auf Ausdauerbelastungen. Im Ausdauersport kann eine Creatinsupplementation lediglich bei Zwischensprints und Endspurts eine Leistungsverbesserung zur Folge haben.

7.3 Persönliche Konklusion und Resümee

In meiner Arbeit habe ich mich zu Beginn mit den Grundlagen über die Wirkung von Creatin befasst. Für mich war es sehr wichtig vorab möglichst viele Informationen über die Wirkungsweise von Creatin zu erhalten, besonders um auch die Hintergründe über die Wirkungen von Creatin präzise beschreiben zu können.

Der Hauptteil der Arbeit galt der Bearbeitung von Studien. Mittels der Studien konnte gezeigt werden, dass der ergogene Effekt einer Creatinsupplementation mit zunehmender Dauer abnimmt. Sportarten mit aerober Belastung profitieren kaum noch von einer Creatinsupplementation. Im Ausdauersport kann eine Zunahme des Gewichtes infolge der Creatinsupplementation sogar zu einer Verschlechterung der Leistung führen.

Die beste Wirkung hat Creatin auf kurzfristige hochintensive Belastungen, wie sie etwa bei Sprints unter 30 Sekunden auftreten. Bei anaeroben Belastungen dürften höhere Creatinphosphatkonzentrationen vor den Belastungen und eine erhöhte Creatinphosphat-Resynthese während den Erholungsphasen der Grund für ein Wirken von Creatinsupplementationen sein.

Meine persönliche Konklusion zu dieser Arbeit ist, dass Creatin die größte Wirkung bei Sportarten mit kurzfristigen, hochintensiven Belastungen hat. Besondere Wirkung zeigt eine Creatinsupplementation demnach bei Sprintern und Kraftsportlern mit Belastungen \leq 30 Sekunden. Weiters kann man sagen, dass Creatin eines von wenigen Nahrungsergänzungsmitteln ist, dessen Wirkung wissenschaftlich belegt werden kann. Dies ist nicht in allen Studien der Fall, jedoch besonders bei Studien mit Belastungen \leq 30 Sekunden konnte häufig eine Leistungssteigerung nachgewiesen werden.

Nicht jeder Sportler kann von einer Creatinsupplementation profitieren, da es Nonresponder gibt, bei denen Creatin keinerlei Wirkung zeigt. Eine wesentliche Auswirkung auf die Wirkung von Creatin hat auch die Dosierung. Wobei nicht immer eine höhere Dosis mehr Nutzen bringt. Festzuhalten bleibt, dass Creatin auf alle Fälle eine sichere Alternative zu illegalen Dopingsubstanzen darstellt.

8 Literaturverzeichnis

- Arndt, K. (2001). *Handbuch Nahrungsergänzungen – Beurteilung und Anwendung leistungssteigernder Substanzen für Bodybuilding und Kraftsport*. Arnsberg: Novagenics Verlag.
- Balsom, P., Söderlund, B., Sjödín, B. & Ekblom, B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta physiologica Scandinavica*, 154(3), 303-310.
- Balsom, P., Harridge, S., Sjödín, B. & Ekblom, B. (1993). Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance. *Acta Physiol. Scand.*, 149, 521-523.
- Baron, D. (1999). *Die optimale Ernährung des Sportlers*. Hirzel Verlag.
- Benzi, G. & Ceci, A. (2001). Creatine as nutritional supplementation and medicinal product. *Journal of Sports medicine and physical Fitness*, 41, 1-10.
- Birch, R., Noble, P. & Greenhaff, P. (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Journal of Applied Physiology*, 69, 268-270.
- Boecks-Behrens, W. & Buskies, W. (2004). *Fitness-Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Bosco, C., Tihanyi, J., Kovacs, I., Gabossy, A., Colli, R., Pulvirenti, G., Tranquilli, C., Foti, C., Viru, M. & Viru, A. (1996). Effect of Oral Creatine Supplementation on Jumping and Running Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 369-372.
- Branch, D. (2003). Effects of Creatine Supplementation on Body Composition and Performance: A Meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 198-226.
- Casey, A. & Greenhaff, P. (2000). Does dietary creatine supplementation play a role in skeletal muscle metabolism and performance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 607-617.
- Casey, A., Constantin-Teodosiu, D., Howell, S., Hultman, E. & Greenhaff, P. (1996). Creatine ingestion favourably affects performance and muscle

- metabolism during maximal exercise in humans. *American Journal of Physiology*, 271(34), 38-43.
- Clasing, D. (2004). *Doping und seine Wirkstoffe. Verbotene Arzneimittel im Sport*. Balingen: Spitta Verlag.
- Cooke, W. & Barnes, W. (1997). The influence of recovery duration on high-intensity exercise performance after oral creatine supplementation. *Canadian journal of Applied Physiology*, 22(5), 454-467.
- Cooke, W., Grandjean, P. & Barnes, W. (1995). Effects of oral creatine supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry. *Journal of applied physiology*, 78(2), 670-673.
- Cordain, L. (1998). Does Creatine Supplementation Enhance Athletic Performance. *Journal of American College of Nutrition*, 17(3), 205-206.
- Dawson, B., Cutler, M., Moody, A., Lawrence, S., Goodman, C. & Randall, N. (1995). Effects of oral creatine on single and repeated maximal short sprints. *The Australian Journal of Science an Medicine in Sport*, 27(3), 56-61.
- Eckerson, J., Anthony, B. & Moore, G. (2008). Effect of thirty days of creatine supplementation with phosphat salts on anaerobic working capacity and body weight in men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 826-832.
- Eckerson, J., Jeffrey, S., Moore, G., Stone, N. Stout, J., Iwan, K., Gebrauer, A. & Ginsberg, R. (2005). Effect of creatine phosphat supplement on anaerobic working capacity and body weight after two and six days of loading in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 756-763.
- Engelhardt, M., Neumann, G., Berbalk, A. & Reuter, I. (1998). Creatine supplementation in endurance sports. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(7), 1123-1129.
- Febbraio, M., Flanagan, T., Snow, R., Zhao, S. & Carey, M. (1995). Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans. *Acta Physiol. Scand*, 155, 387-395.
- Feiden, K. & Blasius, H. (2002). *Doping im Sport: wer – womit – warum*. Stuttgart: wiss. Verl. Ges.

- Francaux, M. & Poortmans, J. (1999). Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 165-168.
- Freguson, T. & Syrotuik, D. (2006). Effects of Creatine Monohydrate Supplementattion on Body Composition and Strength Indices in Experienced Resistance Trained Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 939-946.
- Geiss, K. & Hamm, M. (2003). *Handbuch Sportler Ernährung*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag
- Gouerrero-Ontiveros, M. & Wallimann, T. (1998). Creatine supplementation in health and disease. Effects of chronic creatine ingestion in vivo: Downregulation of the expression of creatine transporter isoform in skeletal muscle. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 184, 427-437.
- Green, A., Hultman, E., Mac Donald, I., Sewell, D. & Greenhaff, P. (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *American Journal of Physiology*, 271(34), 821-826.
- Greenhaff, P., Casey, A., Short, A., Harris, R. Soderlund, K. & Hultman, E. (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clinical Science*, 84, 565-571.
- Grindstaff, P., Kreider, R., Bishop, R., Wilson, M., Wood, L., Cheri, A. & Almada, A. (1997). Effects of Creatine Supplementation on Repetitive Sprint Performance and Body Composition in Competitive Swimmers. *International Journal of Sport Nutrition*, 7, 330-346.
- Harris, R., Soderlund, K. & Hultman, E. (1992). Elevation of Creatine in resting and exercising muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83, 367-374.
- Havenetidis, K., Matsouka, O., Cooke, C. & Theodorou, A. (2003). The use of varying creatine regimens on sprint cycling. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2, 88-97.
- Hopwood, M., Graham, K. & Rooney, K. (2005). Creatine Supplementation and Swim Performance: a brief Review. *Journal of Sports and Medicine*, 5, 10-24.

- Javierre, C., Barbany, J., Bonjorn, V., Lizarraga, M. Ventura, J. & Segura, R. (2004). Creatine supplementation and performance in 6 consecutive 60 meter sprints. *Journal of Physiological Biochemistry*, 60(4), 265-272.
- Johnson, S., Knopps, D., Miller, J., Gorshe, J. & Luzinski, C. (2006). The Effects of Creatine Monohydrate on 1-RM Bench Press. *J. Undergrad. Kin. Res.*, 1(2), 8-14.
- Kilduff, L., Vidakovic, P., Cooney, G., Twycross-Lewis, R., Amuna, P., Parker, M., Paul, L. & Pitsiladis, Y. (2002). Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(7), 1176-1183.
- Klein, K. (2007). *Der geheime Kraftstoff der Muskelzellen – Kreatin*. Zugriff am 11. Oktober 2008 unter http://www.uni-koeln.de/med-fak/biochemie/biomed/wisspro/gilles_klein.pdf
- Konopka, P. (2002). *Sporternährung. Leistungsförderung durch vollwertige und bedarfsangepasste Ernährung* (9. Auflage).
- Korte, H. (2006). *Kreatinsupplementation im Kraftsport*. Zugriff am 2. September 2007 unter <http://www.bvdk.de/kreatin.pdf>
- Kreider, R., Ferreira, M. Wilson, M., Grindstaff, Pilsk, S., Reinardy, J., Cantler, E. & Almada, A. (1997). Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(1), 73-82.
- Maganaris, C. & Maughan, R. (1998). Creatine supplementation enhances maximum voluntary isometric force and endurance capacity in resistance trained men. *Acta Physiol. Scand.*, 163, 279-287.
- Marées, H. (2003). *Sportphysiologie* (korr. Nachdruck der 9. Auflage). Köln: Sport und Buch Strauss.
- Mares, F. (2004). *Die Moral im Spitzensport. Doping und mögliche Alternativen*. Wien: Ibero Verlag.
- Mesa, J., Jonatan, R., Gonzales-Gross, M., Sainz, A. & Garzon, M. (2002) Oral Creatine Supplementation and Skeletal Muscle Metabolism in Physical Exercise. *Sports Medicine*, 32(14), 933-944.
- Mujika, I., Chatard, J., Lacoste, L., Barale, F. & Geysant, A. (1996). *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, 28, 1435-1441.

- Nebel, R. (2002). *Creatin im Sport – Ergogenes Supplement*. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 53, 213-220.
- Nissen, S. & Sharp, R. (2003). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 94, 651-659.
- Odland, M., MacDougall, D., Tarnopolsky, M., Elorriaga, A. & Borgmann, A. (1996). Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 216-219.
- Peeters, B., Lantz, D. & Mayhew, J. (1999). Effect of Oral Creatine Monohydrate and Creatine Phosphate Supplementation on Maximal Strength Indices, Body Composition, and Blood Pressure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 3-9.
- Peyrebrune, M., Stokes, K., Hall, G. & Nevill, M. (2005). Effect of Creatine Supplementation on Training for Competition in Elite Swimmers. *Medicine & Sciences in Sports & Exercise*, 39(11), 2140-2146.
- Prevost, M., Nelson, A. & Morris, S. Creatine Supplementation Enhances Intermittent Work Performance. *Physical Education, Recreation and Dance*, 68(3), 233-240.
- Rawson, E. & Volek, J. (2003). Effects of Creatine Supplementation and Resistance Training on Muscle Strength and Weightlifting Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 822-831.
- Schäffer, A. & Menche, N. (1999). *Mensch Körper Krankheit. Anatomie, Physiologie, Krankheitsbilder*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Schek, A. (2002). *Topleistungen im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung*. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Schröder, U. (2002) *Gesundheitliche Risiken und Dopingverstöße durch Nahrungsergänzungsmittel und soziale Drogen*. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 53, 230-232.
- Schulte-Weber, D. (2004). *Creatin-Anwendung im Bodybuilding* (6. Auflage). Arnsberg: Novagenics Verlag
- Silbernagl, S. & Agamemnon, D. (2001). *Taschenatlas der Physiologie* (5.überarbeitete Auflage). Stuttgart: Thieme Verlag.

- Smith, S., Scott, M., Matott, R., Zientara, G., Jolesz, F. & Fielding, R. (1998). Creatin supplementation and age influence muscle metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 85(4), 1349-1356.
- Snow, R., McKenna, M., Selig, S., Kemp, J., Stathis C. & Zhao, S. (1998). Effect of oral creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1667-1673.
- Tarnopolsky, M. & Martin, J. (1999). Creatine monohydrate increases strength in patients with neuromuscular disease. *Neurology*, 52, 854-857.
- Terriolion, K., Kolkhorst, F., Dolgener, F. & Joslyn, S. (1997). The Effects of Creatine Supplementation on Two 700 m Maximal Running Bouts. *International Journal of Sports Nutrition*, 7, 138-143.
- Theodorou, A., Havenetidou, K., Zanker, C., O'Hara, J., King, R., Hood, C., Paradisis, G. & Cooke, C. (2005). Effects of acute creatine loading with or without carbohydrate on repeated bouts of maximal swimming in high performance swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 265-269.
- Thompson, C., Kemp, G., Sanderson, R., Dixon, P., Styles, P., Taylor, D. & Radda, D. (1995). Effect of creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers. *British Journal of Sports Medicine*, 30(3), 322-325.
- Vandenbergh, K., Goris, M., Van Hecke, P., Van Leemputte, M., Vangerven, L. & Hespel, P. (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 83(6), 2055-2063.
- Vandenbergh, K., Van Hecke, P., Van Leemputte, M., Vanstapel, F. & Hespel, P. (1997). Inhibition of muscle phosphocreatine resynthesis by caffeine after creatine loading. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 249-257.
- Volek, J. & Rawson, E. (2004). Scientific Basis and Practical Aspects of Creatine Supplementation for Athletes. *Nutrition*, 20, 609-614.
- Volek, J., Ratamess, N., Rubin, M., Gomez, A., French, D., McGuigan, M., Scheett, T., Sharman, M., Hakkinen, K. & Kraemer W. (2004). The effects of creatine supplementation on muscular performance and body composition

responses to short-term resistance training overreaching. *Journal of Applied Physiology*, 91, 628-637.

Williams, M., Kreider, R. & Branch, D. (1999). *Creatine. The Power Supplement*. Canada: Human Kinetics.

9 Anhang

9.1 Anhang I: Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 ATP und CP als Energiequellen im Muskel (Konopka, 2002, S. 30).....	7
Abb. 2 Verhalten von CP und ATP sowie der Laktatbildungsrate (dLa/dt) und der Laktatkonzentration im Muskel (LaM') beim Sprint (De Marees, 2003, S. 347).....	13
Abb. 3 Charakteristika der Creatinuser (William et al., 1999, S. 10).....	18
Abb. 4 Effektgröße für Leistungen < 30 s.....	43
Abb. 5 Effektgröße für Leistungen mit 30 - 150 s Dauer.....	44
Abb. 6 Effektgröße für Leistungen > 150s Dauer.....	45
Abb. 7 Kästchen = vor der Supplementation, Kreise = nach der Supplementation, Veränderungen der Leistung bei den 12 x 6 s Radergometersprints.....	53
Abb. 8 Kurve A: Leistungskurven der Creatin- (n = 6) und Placebogruppe (n = 6), Leistungsproduktion vor der Supplementation, Kurve B: Leistungskurven der Creatin- (n=6) und Placebogruppe (n=6), Leistungsproduktion nach der Supplementation.....	56
Abb. 9 Leistungskurven zweier Probanden vor der Supplementation.....	60
Abb. 10 Schematischer Aufbau des Übungsprotokolls.....	63
Abb. 11 A) Peak Power, B) Zeit bis zur Peak Power, C) durchschnittliche Leistung und D) % Leistungsabfall während des 20s Sprints (mit Creatin (CrS) und ohne Creatin (Con))....	65
Abb. 12 Durchschnittliche Leistungspotenzierung (%) unter Verwendung drei verschiedener Creatindosierungen.....	67
Abb. 13 Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe mit 40g Creatin.....	68
Abb. 14 Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe bei 100g Creatin.....	68
Abb. 15 Leistungsabfall der Placebo- und Creatingruppe bei 135g Creatin.....	68
Abb. 16 Die höchsten (a-b) und die mittleren (c-d) power outputs während einer maximalen Belastung vor und nach einer Placebo- bzw. Creatineinnahme.....	70
Abb. 17 Tage der Placebo- und Creatinsupplementation.....	73
Abb. 18 Die durchschnittliche Zeit bis zur Erschöpfung der Creatin- und Placebogruppe für alle vier Protokolle während den Phasen 1 und 2.....	74
Abb. 19 Höchstleistung und Gesamtleistungsproduktion während zwei Durchgängen mit 30 s maximalem isokinetischen Radfahren.....	76
Abb. 20 Mittlerer Leistungs Output während 30s maximalen Radfahrens nach einer Creatinsupplementation (CRE), Placebo (PLA) und Kontrolle (CON).....	78
Abb. 21 Gesamtmuskelcreatin (TCr) und PCr Konzentrationen relativ zur ATP Konzentration für jede der Testbedingungen.....	79
Abb. 22 Individuelle- und Gruppenleistungen (Zeiten in s) während Durchgang 1, 2 und 3 der Placebo- und Creatingruppe.....	82
Abb. 23 Individuelle- und Gruppenleistungen sowie Peak Power während den 3 x 20s Armergometer-Sprinttests für Placebo- und Creatingruppen.....	83
Abb. 24 schematische Illustration von Training, Wettkampf und Testprotokoll.....	88
Abb. 25 Veränderungen der Wettkampfleistung in der Studie (Cr n= 9, Kontroll n=11).....	89
Abb. 26 A: durchschnittliche Zeiten aller Probanden bei den drei 8 x 50yd Tests.....	90
Abb. 27 Prozentuelle Veränderung der durchschnittlichen Schwimmzeiten für wiederholtes, maximales Intervallschwimmen.....	93
Abb. 28 Prozentuelle Veränderungen der Schwimmgeschwindigkeiten nach einer alleinigen Creatinsupplementation und nach einer kombinierten Creatin/Kohlenhydratsupplementation.....	93

Abb. 29 Sauerstoffaufnahme (links) und Expirationsvolumen VE (rechts) nach einer 2minütigen aktiven Erholung bei 60 m Läufen in der Creatin bzw. Placebogruppe vor und nach der Supplementation.....	96
Abb. 30 Individueller intramuskulärer TCr vor (FAM 3), nach einer 5tägigen Creatinsupplementation (CREAT) und nach einer 28tägigen Periode ohne Supplementation (CON).....	99
Abb. 31 Zeit bis zur Erschöpfung vor (FAM 3), nach einer 5tägigen Creatinsupplementation (CREAT) und nach einer 28tägigen supplementationsfreien Periode (CON).....	100
Abb. 32 Tage der Placebo- und Creatinsupplementation.....	102
Abb. 33 Die durchschnittliche Zeit bis zu Erschöpfung der Creatin- und Placebogruppe für alle vier Protokolle während den Phasen 1 und 2.....	103
Abb. 34 Individuelle- und Gruppenleistungen (Zeiten in s) während Durchgang 1, 2 und 3 der Placebo- und Creatingruppe.....	112
Abb. 35 Individuelle- und Gruppenleistungen sowie Peak Power während den 3 x 20s Armergometer-Sprinttests für Placebo- und Creatingruppen.....	113
Abb. 36 Prozentuelle Veränderung der durchschnittlichen Schwimmzeiten für wiederholtes, maximales Intervallschwimmen.....	118
Abb. 37 Prozentuelle Veränderungen der Schwimmgeschwindigkeiten nach einer alleinigen Creatinsupplementation und nach einer kombinierten Creatin/Kohlenhydratsupplementation.....	119
Abb. 38 Design des Creatinsupplementationstests. A: Creatin (Plasma und Urin), Creatinin (Plasma und Urin), Laktat, Glukose. B: Herzfrequenz, VO ₂ -Aufnahme. C: Creatin (PLasma), Creatinin (Plasma), Laktat, Glukose, Herzfrequenz. D: Creatin, Creatinin (Urin).....	128
Abb. 39 Höhere Ausgangscreatinlevel sind inversiv verbunden mit einem Anstieg des Muskelcreatins nach einer Creatinsupplementation.....	131
Abb. 40 Vergleich des Nettozuwachses an fettfreier Körpermasse des Placebos und der Behandlungsgruppe für jedes Supplement. A: fettfreier Zuwachs als prozentueller Zuwachs pro Woche, B: Netto-Effektgröße für jedes Supplement.....	135
Abb. 41 Vergleich der Nettozuwächse an Kraft der Placebo- und Behandlungsgruppen für jedes Supplement. A: Kraftzuwachs als prozentueller Zuwachs pro Woche. B: Nettoeffektgröße für jedes Supplement.....	136
Abb. 42 Dynamischer Armbeuge-Drehpunkt während einer maximalen intermittierenden Übung vor und vier Tage nach einer hochdosierten Creatinsupplementation. Die Daten repräsentieren den Durchschnitt von fünf aufeinanderfolgenden Kontraktionen vor und nach einer viertägigen Supplementation mit Placebo (A) und Creatin (B).....	138
Abb. 43 Auswirkungen einer Langzeit-Creatinsupplementation auf die fettfreie Masse. 140	
Abb. 44 Untersuchungsdesign.....	143
Abb. 45 Veränderungen der Peak Kraft (oben) und Gesamtkraft (unten) in der Creatin- und Placebogruppe.....	145
Abb. 46 MVC des stärkeren und schwächeren Beines in Gruppe A und B, sowie in allen drei Versuchen. Die weißen und grauen Balken repräsentieren den ersten, zweiten und dritten Testdurchgang.....	147
Abb. 47 Ausdauerkapazität bei wiederholten Durchgängen mit dem stärkeren Bein in Gruppe A und B, sowie in allen drei Untersuchungsdurchgängen. Die weißen, grauen und schwarzen Balken repräsentieren den ersten, zweiten und dritten Untersuchungsdurchgang.....	147

Abb. 48 Ausdauerkapazität bei 10 wiederholten Durchgängen mit dem schwächeren Bein bei 80% der MVC in den Gruppe A und B, sowie in allen drei Untersuchungsdurchgängen	148
Abb. 49 Dorsiflexionskraft. A)Maximalkraft in Studie 1, B) Maximalkraft in Studie 2...	150
Abb. 50 Isometrischer Händedrucktest, A) Studie 1, B) Studie 2.....	151
Abb. 51 Charakteristika der Probanden.....	152
Abb. 52 'Peak torque' Produktion der Quadrizepsmuskulatur während fünf Durchgängen mit 30 Kontraktionen vor (T1) und nach (T2) einer 5tägigen Placebo (4 x 6 g) oder Creatin (4 x 5 g) Einnahme. Jeder Serie mit 30 Kontraktionen war mit einer 60sekündigen Erholungspause getrennt.....	154
Abb. 53 Schematische Darstellung des Übungsapparats.....	156
Abb. 54 Ergebnisse des Creatinphosphats (mmol/kg wet wt) vs. Zeit (s) in Ruhe und während der Übung, junge Probanden (leere Kugel), ältere Probanden (gefüllte Kugel).	157
Abb. 55 Mittel der Erholung 1 und 2 Anfangsresyntheserate und PCr-Zeitkonstante, repräsentiert für Placebo und Creatindurchführungen, weiße Balken: junge Probanden, schwarze Balken: ältere Probanden.....	158
Abb. 56 Individuelle PCr (mmol/kg wet wt) vs. Zeit (s) während der Erholung 1 bei den jungen (A) und älteren (B) Probanden, Kugeln: Placebo, Vierecke: Creatin.....	159
Abb. 57 Ergebnisse für Pi (mmol/kg wet wt) vs Zeit (s) in Ruhe und während der Übungsdurchführung für den Creatin und Placeboversuch, leere Kugel: junge Probanden, volle Kugel: ältere Probanden.....	159
Abb. 58 Maximalkraft bei Kniebeugen (obere Grafik) und Bankpresse (untere Grafik) während eines vierwöchigen Krafttrainings und nach einer zweiwöchigen Trainingsphase mit reduziertem Volumen.....	166
Abb. 59 'Peak Power' während dem Jumpsquat (obere Grafik) und 'Ballistic bench press' (untere Grafik) während eines vierwöchigen Krafttraining und anschließendem Training mit reduziertem Trainingsvolumen/frequenz.....	167
Abb. 60 Gesamtanzahl der Wiederholungen die über 5 Serien mit 70% des 1-RMs bei der Bank- und Beinpresse durchgeführt wurde bei der Placebo- und CrM Gruppe (vor der Studie, in der Mitte und nach der Studie).....	177

9.2 Anhang II: Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Energetische Flussrate bei unterschiedlichen Energiebereitstellungsformen (Konopka, 2002, S. 39).....	8
Tab. 2 Creatingehalt ausgewählter Lebensmittel (Williams, et al., S.15).....	21
Tab. 3 Beispiele von sportlichen Leistungen die durch eine Creatinsupplementation beeinflusst werden können (Williams et al., 1999, S. 42).....	34
Tab.4 Vergleich der Körperkompositions-Effektgröße bei unterschiedlicher Creatin-supplementationsdauer, Trainierte vs. Untrainierte, Männer vs. Frauen.....	40
Tab. 5 Auswirkung einer Creatinsupplementation auf die Effektgröße bei verschiedenen Messungen der Körperkomposition.....	40
Tab. 6 Vergleich der Leistungseffektgröße bei verschiedener Supplementationsdauer, einfach vs. wiederholt, Labor vs. Feldtest, Trainiert vs. Untrainiert, Männer vs. Frauen....	42
Tab. 7 Auswirkung der Creatinsupplementation auf unterschiedliche Messungen der anaerobe Leistung < 30 s.....	43
Tab. 8 Auswirkungen der Creatinsupplementation auf die Effektgröße bei verschiedenen Messungen der anaeroben Leistung (30 - 150 s).....	44

Tab. 9 Auswirkung der Creatinsupplementation auf die Effektgröße verschiedener Messungen der Aeroben Leistung > 150s.....	45
Tab. 10 Mittelwerte der 10 s Sprints der Basistests und der Tests nach der Supplementation, Creatin (n = 9) und Placebo (n = 9)	50
Tab. 11 Mittelwerte der 6 x 6 s Sprints, Peak Power und prozentuelle Abfallsrate der Basistests und der Tests nach der Supplementation, Creatin (n = 11) und Placebo (n = 11).....	51
Tab. 12 Ergebnisse des 15 s Leistungstests.....	57
Tab. 13 Daten der Probanden.....	58
Tab. 14 Peak Power Produktion vor und nach der Placebo/Creatin Supplementation.....	60
Tab. 15 Absolute Zeit bis zur Ermüdung vor und nach der Placebo/Creatin Einnahme.....	61
Tab. 16 Gesamtbetrag der erbrachten Leistung (J/kg Körpergewicht) während den Durchgängen.....	71
Tab. 17 Charakteristika der Probanden.....	72
Tab. 18 Power Output, prozentuelle Ermüdung und Blutlaktatkonzentrationen nach einer 30s Durchführung mit maximalem Radfahren für jede der drei Bedingungen.....	78
Tab. 19 Charakteristiken der Probanden.....	84
Tab. 20 Individuelle- und Gruppenleistungsergebnisse vor und nach der Supplementation	86
Tab. 21 Individuelle mittlere Werte der Schwimmgeschwindigkeiten vor und zu unterschiedlichen Zeiten nach der Creatinsupplementation oder nach einer kombinierten Creatin- und Kohlenhydratsupplementation.....	92
Tab. 22 Anthropometrische Werte, metabolische Parameter und Squat- und Countermovementjump Werte in der Creatin- und Placebogruppe (vor der Supplementation und danach).....	95
Tab. 23 Charakteristika der Probanden.....	101
Tab. 24 Unterschiede zwischen und innerhalb der Behandlungsgruppen.....	105
Tab. 25 Veränderungen des Körpergewichtes und der anaeroben Kapazität.....	106
Tab. 26 Deskriptive Charakteristika zu den Probanden.....	108
Tab. 27 Vergleich des Körpergewichtes und der AWC innerhalb der Behandlungsgruppen	109
Tab. 28 Charakteristiken der Probanden.....	114
Tab. 29 Individuelle- und Gruppenleistungsergebnisse vor und nach der Supplementation	116
Tab. 30 Individuelle mittlere Werte der Schwimmgeschwindigkeiten vor und zu unterschiedlichen Zeiten nach der Creatinsupplementation oder nach einer kombinierten Creatin- und Kohlenhydratsupplementation.....	118
Tab. 31 Mittlere Werte der Übungsleistung, Blutlaktatlevel nach dem Test für die Creatin- und Placebogruppen vor und nach der 5tägigen Supplementation.....	120
Tab. 32 Ergebnisse der maximalen 700m Läufe.....	122
Tab. 33 Leistung und physiologische Messungen der Creatin- und Placebogruppe vor und nach der Supplementation.....	124
Tab. 34 Leistung vor und nach einer sechswöchigen Supplementation (Creatin und Placebo).....	126
Tab. 35 Ergebnisse der Magnetresonanz und Infrarotspektroskopie bei placebo- bzw. creatinbehandelten Probanden.....	126
Tab. 36 Studien mit Auswirkung einer Creatinsupplementation auf die Muskelglykogenlevel.....	130
Tab. 37 Zusammenfassung der Eigenschaften aller Studien, welche die Inklusionskriterien erfüllten.....	133

Tab. 38 Muskel ATP und PCr Konzentrationen und PCr/ATP Ratio in Ruhe vor und nach einer hochdosierten viertägigen Supplementation sowie 5 und 10 Tage nach einer niedrigdosierten Supplementation mit Creatin bzw. Placebo in Kombination mit Krafttraining.....	138
Tab. 39 Maximale Muskelkraft vor und nach 5 und 10 Wochen mit einer niedrigdosierten Creatin- bzw. Placebosupplementation in Kombination mit Krafttraining.....	139
Tab. 40 Auswirkungen einer Creatinsupplementation auf die isokinetische Kraft, gemessen während einer Single-Kniebeuge.....	142
Tab. 41 Charakteristika der Probanden.....	143
Tab. 42 Gemessene Körpermasse in Gruppe A und B nach Abschluss jedes Untersuchungsdurchgangs.....	148
Tab. 43 Charakteristika der Probanden.....	155
Tab. 44 Muskelleistung und PCr-Ergebnisse.....	158
Tab. 45 Charakteristika der inkludierten Studien.....	160
Tab. 46 Studien welche das 1-3 RM bei der Bankpresse untersuchten.....	162
Tab. 47 Studien welche das 1-RM der Armbeuger untersuchten.....	162
Tab. 48 Studien welche das 1-RM bei der Kniebeuge untersuchten.....	163
Tab. 49 Krafttrainingsprogramm.....	165
Tab. 50 Charakteristika der Probanden.....	168
Tab. 51 Pre/Post Daten der Probanden.....	169
Tab. 52 Demographische Charakteristika der Probanden.....	170
Tab. 53 Krafttrainingsprogramm.....	171
Tab. 54 Deskriptive Statistiken für Pre-, 3 Wochen und 6 Wochen Posttestbedingungen	172
Tab. 55 One-way ANOVA der Placebo-, Creatinphosphat- und Creatinmonohydratgruppe in der 3. und 6. Woche.....	173
Tab. 56 One-way ANOVA der Veränderungen zwischen Pre, 3. und 4. Woche.....	173
Tab. 57 Trainingsbeschreibung für die CrM- und Placebogruppe.....	175
Tab. 58 1-RM Bank- und Beinpresse. Vor, in der Mitte (5 Wochen) und nach der Studie (10 Wochen) für die Placebo- und Creatinmonohydratgruppe.....	176
Tab. 59 Muskelkraft und Gewichthebeleistung nach einer Creatin- oder Placebosupplementation mit gleichzeitigem Krafttrainingsprogramm.....	179

9.2 Anhang III: Lebenslauf

PERSÖNLICHE DATEN

Geburtsdatum: 29.3.1982

Geburtsort: 1100 Wien

Staatsbürgerschaft: Österreich

Familienstand: ledig

Sprachen: Deutsch, Englisch, Spanisch

AUSBILDUNGSDATEN

- 1988-1992 Öffentliche Volksschule, Hyrtlplatz 2, 2340 Mödling
- 1992-2000 **wirtschaftliches Realgymnasium**, Untere Bachgasse 8, 2340 Mödling
Abschluss mit **Matura**
- seit 2001 **Aerobictrainerin**
- seit 24.10.2002 **staatlich geprüfte Heilmasseurin und Heilbademeisterin**
- seit Mai 2004 **diplomierte Ernährungsberaterin** (Dauer 1 ½ Jahre)-
berufsbegleitender Abendkurs
- seit Oktober 2002 **Studium Sportwissenschaften** – Gesundheitssport

BERUFSPRAXIS

- 1. Juni 2000 **Praxisausbildung** in einem Café
Barista, Brühlerstrasse 12, 2340 Mödling, s. Anhang
- 1. Juni 2001 - 28. Februar 2002 **Angestellte einer Werbeagentur**
Tätigkeitsbereiche: Organisation und Mitwirkung bei Veranstaltungen, Betreuung von Kunden und interne Organisation
Cataluna Consulting, Währingerstrasse 26, 1090 Wien, s. Anhang
- Jänner - Mai 2002 **Arztassistentin**
Tätigkeitsbereiche: Organisation, Betreuung
Dr. Ralf Kleef, Windmühlgasse, 1040 Wien
- 11. 10. 2003 - 20. 11. 2004 **Angestellte im Verkauf von Nahrungsergänzungsmitteln**
Tätigkeitsbereiche: Beraterin und Verkäuferin

Vitaminexpress, Favoritenstrasse 4-6, 1040 Wien