

## Konservative Therapie

### Manuelle Medizin

Prof. Dr. Lothar Beyer 12

## Prävention, Training & Regeneration

### Gezielte Prävention im Fußball

Dr. Cornelius Müller-Rensmann,  
Christian Krabbe, Matthias Haase 40

## Operative Therapie

### Hüftarthroskopie

Dr. Christian Sobau,  
Dr. Alexander Zimmerer 58

## Sportkardiologie

### HRV-Messung

Dr. Ronald Burger 62

## Sporternährung

### Metabolische Dysfunktionen

Prof. Dr. Elmar Wienecke 68

## Sportpsychologie

### Psychische Gesundheit & Regeneration

Dr. Christian Zepp, Marion Sulprizio 78

# Wiederherstellung durch Regeneration

Masiar Sabok Sir im Gespräch mit Sebastian Weber  
44 über Training und Regeneration im Radsport

## Prävention von Knieverletzungen

Prof. Dr. Wolf Petersen,  
Dr. Thomas Stoffels,  
Dr. Andrea Achtnich

34



# Metabolische Dysfunktionen

Frühzeitige Erkennung im Energiestoffwechsel bei Leistungs-/Spitzensportlern

**Pyridinium Crosslinks sind laut Prof. Dr. Elmar Wienecke ein optimaler Parameter zur Messung der Beanspruchung körpereigener Strukturproteine. In diesem Artikel stellt er evidenzbasierte retrospektive Studien an Marathonläufern (N=144) und Profi-Fußballspielern (N=125) vor.**

## Diagnostik und Intervention

Der Traum vom Gewinn der Meisterschaft, die Sucht nach Erfolg als Anerkennung persönlicher Stärke, die finanziell lukrativen Angebote und die steigenden mentalen und physischen

Beanspruchungen führen auch bei Spitzensportlern immer häufiger zu Ermüdungszuständen, starken Leistungsschwankungen bis hin zu vielen unerklärlichen Verletzungen. Gelingt es, frühzeitig biochemische Störungen des Energiestoffwechsels zu erkennen und zu korrigieren, lassen sich nachweislich eine Vielzahl solcher Überlastungsreaktionen vermeiden. Bei der letzten Fußball-Europameisterschaft in Frankreich konnte man wieder Spieler mit zahlreichen Überlastungsreaktionen der beanspruchten Bindegewebsstrukturen (Muskeln, Sehnen, Bandapparat) sehen. Die „Non Contact“-Verletzungen von Spielern der Deutschen Nationalspieler (z. B. Boateng, Khedira, Gomez) zeigen die aktuelle Problemsituation auf. Die Experten sind sich alle einig: Die Trainings-

**Tab. 1** Referenzbereiche der Mikronährstoffkonzentrationen bei individueller Mikronährstoffrezeptur

Wirkstoff pro Tag	Vitamine	Tagesdosis	Wirkstoff pro Tag	Spurenelemente	Tagesdosis
Vitamin A (Retinol)		0,8–1,5 mg (1.000–3.600 I.E.)	Chrom		100–250 µg
Vitamin B1 (Thiamin)		10–70 mg	Mangan		5–20 mg
Vitamin B2 (Riboflavin)		10–70 mg	Molybdän		50–200 µg
Vitamin B6 (Pyridoxin)		20–80 mg	Selen		50–200 µg
Vitamin B12 (Cyanocobalamin)		30–400 µg	Zink		12–48 mg
Vitamin C (Ascorbinsäure)		0,2–2,0 g	Mineralstoffe		
Vitamin D3		5–100 µg	Kalzium		200–800 mg
Natürliches Vitamin E		150–400 mg	Kalium		200–400 mg
davon Alpha-Tocopherol		85–340 mg	Magnesium		200–600 mg
Gamma-Tocopherol		13–53 mg	Silicium		20–60 mg
Natürliche CarotinoidE		8 mg	Quasivitamine		
davon Alpha-Carotin		70 µg	Cholin		80–240 mg
Beta-Carotin		1,9 mg	Coenzym Q10		30–100 mg
Cryptoxanthin		15 µg	Inositol		60–180 mg
Lutein		6,0 mg	L-Carnitin		250–1.000 mg
Zeaxanthin		15,0 µg	PABA		
Biotin (Vitamin H)		45–150 µg	Pflanzenextrakte		
Folsäure (Vitamin B9)		0,4–1,6 mg	Grünteextrakt		
Niacin (Vitamin B3)		10–60 mg	Zitrusbioflavonoide		
Pantothensäure		20–80 mg	Rotweineextrakt		
Zusätzliche Aminosäuren in Sonderfällen			Ballaststoffe		
Arginin 1.000–3.000 mg			Guakernmehl		
Glutamin 500–3.000 mg			HPM Cellulose		
			Inulin		

**Tab. 2** Referenzbereiche der zugeführten Aminosäurenkonzentrationen bei individueller Mikronährstoffrezeptur

Aminosäuren	Angaben bei der Einnahme von 30–70 g
L-Alanin	2,4–5,6 g
L-Arginin	2,8–6,9 g
L-Asparaginsäure	1,7–4,0 g
L-Glutaminsäure	4,1–9,5 g
L-Glycin	6,0–14,0 g
L-Histidin	0,4–0,92 g
L-Isoleucin	1,4–3,3 g
L-Leucin	1,8–4,2 g
L-Lysin	1,1–2,5 g
L-Methionin	0,2–0,4 g
L-Phenylalanin	0,6–1,4 g
L-Prolin	3,84–9,0 g
L-Serin	0,5–1,2 g
L-Threonin	0,5–1,3 g
L-Thyrosin	0,6–0,7 g
L-Valin	1,9–4,4 g

und Wettkampfbelastungen haben nicht nur im Fußball – sondern in allen Sportarten – exorbitant zugenommen.

Die Verletzungen im Spitzensport werden u. a. durch metabolische Dysfunktionen im Energiehaushalt ausgelöst. Nach unseren langjährigen Untersuchungen kann die Messung spezieller Parameter des Knorpel- und Knochenstoffwechsels ein guter Indikator für die Bestimmung energetischer Defizite sein. In evidenzbasierten retrospektiven Studien haben wir 144 Läufer (Alter: 27,12 +/- 3,12 Jahre, Gewicht: 78,64 +/- 4,75 kg, Größe 179,37 +/- 6,33 cm) in der Vorbereitung zu einem Marathonlauf aus unseren „Case-Reports“ zusammengefasst. Analog zu diesen „Case-Reports“ konstatieren auch die Ergebnisse von 125 Profi-Fußballspielern (Alter: 27,23 +/- 2,94 Jahre, Gewicht: 79,11 +/- 4,72 kg, Größe: 179,67 +/- 6,25 cm) und 72 Junioren-Nationalspielern des Deutschen Handball Bundes in einem 7-jährigen ganzheitlichen Präventionskonzept die Bedeutung der Pyridinium Crosslinks im Laufe intensiver Trainings- und Wettkampfphasen.

## Evidenzbasierte retrospektive Studie Läufer und Profi-Fußballer

Die ganzheitlichen Untersuchungen umfassen bei den Läufern (N=144) einen Zeitraum von insgesamt acht Monaten bis zum Marathonlauf und drei Wochen danach. Es werden nur Läufer selektiert, die den gleichen Trainingsaufwand bis zu 20 Stunden wöchentlich aufweisen, ein ausgewogenes Ernährungsverhalten und Marathonzeiten von 2:30 bis 2:50 h erzielt haben. Die Blut- und Urinalysen erfolgen jeweils nach 2-tägiger Ruhepause. Alle Läufer führten zu Beginn eine Laufbandergometrie (mit 5-minütigen Stufendauer bis zur subjektiven Erschöpfung) durch, ermittelt wird die IAAS (individuelle aerob-anaerobe Schwelle). Drei Wochen vor dem Marathonlauf erfolgt eine erneute Laufbandergometrie. Es erfolgt eine retrospektive Differenzierung der Läufer in zwei Gruppen. Die 1. Gruppe (N=72) erhielt aufgrund der umfassenden Blut- und Urinalysen individualisierte Mikronährstoffrezepturen. Die 2. Gruppe (N=72) erhielt

keine individuellen Rezepturvorschläge. Zu Beginn, nach 8, 16 und 24 Wochen erfolgen jeweils Kontrollen. Weitere Analysen der Pyridinium Crosslinks erfolgen direkt, eine und drei Wochen nach dem Marathonlauf.

Bei den retrospektiven Studienergebnissen an Profi-Fußballspielern (N=125) während der gesamten Saison mit und ohne gezielte Mikronährstoffzufuhr werden nur Spieler eingeschlossen, die ein sehr ausgewogenes Ernährungsverhalten haben. Die Blutanalysen, biomechanische Funktionsanalysen und Urinalysen erfolgen viermal. Beginn der Vorbereitungsphase, Ende der Vorbereitung, Ende Vorbereitung Hinserie, und Ende der Rückserie, weitere Urinalysen (Pyridinium Crosslinks) Ende September und Ende der Vorbereitung Rückserie. Bei gemessenen erniedrigten Ferritinwerten und/oder erhöhten sTFR-Werten (Transferinrezeptor) erhielten alle Sportler eine gezielte Zufuhr von Eisen (z. B. ferrosanol duodenal) drei Wochen täglich, dann dreimal wöchentlich (Mo, Mi, Fr) bis zur nächsten Kontrolle. Bei beginnender Hypothyreose (Unterfunktion der Schilddrüse) erfolgt eine Gabe von Jod und/oder falls erforderlich das Medikament L-Thyroxin. Bei den Profi-Fußballspielern erfolgt zusätzlich viermal eine Laufbandergometrie mit jeweils 5-minütigen Belastungsstufen und entsprechender Ausbelastung (Beginn: Vorbereitung, Ende Vorbereitung, Ende Hinserie, Ende Rückserie). In der ersten Saison erhalten die Spieler konkrete Trainingsempfehlungen, eine regelmäßige physiotherapeutische Betreuung und trainieren nach dem Ergebnis der durchgeführten biomechanischen Funktionsanalysen individuelle Defizite auf. Nach den Angaben im Anamnesebogens, den Befindlichkeiten, den Ergebnissen der speziellen Blut- und Urinalysen sowie den Vorgaben unserer Datenbank erhält jeder Sportler eine persönliche individualisierte Mikronährstoffrezeptur. Die Dosierungen sind in Tabelle 1 dargestellt. Parallel erhalten die einzelnen Läufer Dosierungen einer Aminosäuremischung mit hochwertigen Kollagenpeptiden (Tabelle 2). Die Sportler erhalten, wenn nötig, noch Monopräparate: z. B. Magnesium in Orotat Form, Omega-3-Fettsäuren (1.500 mg bis 3.000 mg EPA/DHA) und L-Tryptophan.



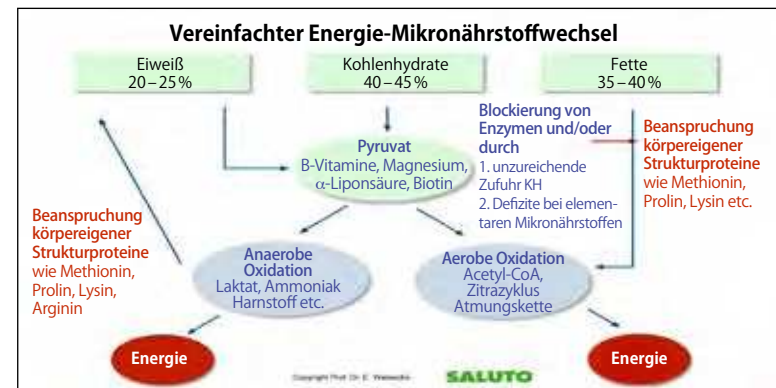


Abb. 1 Vereinfachter Energie- und Mikronährstoffwechsel

Pyridinium Crosslinks

Optimaler Parameter zur Messung der Beanspruchung körpereigener Strukturproteine am Energiestoffwechsel.

**Vorteile**

- sehr stabiler und reproduzierbarer Parameter der Belastung (Variationskoeffizient der Methode bei < 9%)
- steigt erst nach intensivem Training nach einigen Wochen kontinuierlich an
- standardisierte Messung im Laborzentrum
- guter Indikator für die Beanspruchung körpereigener Strukturproteine durch den Energiestoffwechsel
- hohe Korrelation des Parameters mit der Verletzungsanfälligkeit der Leistungssportler und den mentalen und physischen Leistungsschwankungen
- genauer Marker für die Mikronährstoffversorgung mit enger Korrelation zu den Pyridinium Crosslinks: gutes zelluläres Niveau der Mikronährstoffkonzentrationen führt nachweislich zu deutlich reduzierten Pyridinium Crosslinks

**Nachteile**

- kein direkter Biomarker zur kurzfristigen Erfassung von Überlastungszuständen
- nur langfristige Trainings- und Wettkampfbelastungen führen zu einem Anstieg
- bei Jugendlichen keine Aussage möglich (Wachstumsphase)

Charakteristika des vereinfachten Energiestoffwechsels und der Pyridinium Crosslinks

Der heutige Leistungssport fordert von den Bindegewebsstrukturen (Bänder, Sehnen, Muskel, Knorpel- und Knochenstrukturen) außergewöhnlich hohen Belastungen. Eine langfristige Überforderung des Energiestoffwechsels erfolgt, wenn es zu einer Blockierung von Enzymen im Energiestoffwechsel der Sportler kommt. Diese können ursächlich die Folgen einer unzureichenden Zufuhr von hochwertigen Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten im richtigen Verteilungsschlüssel sein und/oder Folge elementarer Defizite an Mikronährstoffen in unterschiedlichen Trainings-/Wettkampfphasen (Abb. 1). Kommt es zu einem enzymatischen Engpass greift der Sportler sowohl aerob- als auch anaerob über komplexe Stoffwechselprozesse seine körpereigenen Strukturproteine (insbesondere die des Knorpel- und Knochenstoffwechsels) an, um die intensiven Trainingsbelastungen fortsetzen zu können.

Diese Strukturproteine stehen dann für die Funktionserhaltung der beanspruchten Bindegewebsstrukturen nicht mehr ausreichend zur Verfügung und können die Elastizität dieser Strukturen reduzieren. Mit Hilfe der Messmethoden Myometrie und Elastographie und der

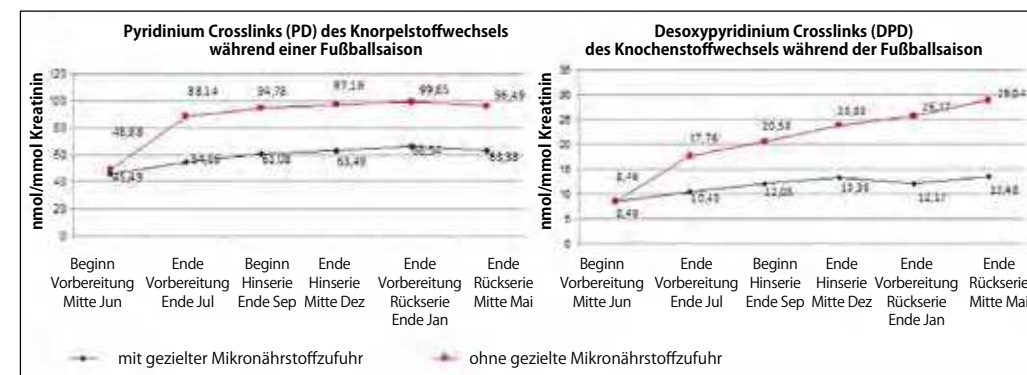


Abb. 2 Indikator für die Beanspruchung körpereigener Strukturproteine

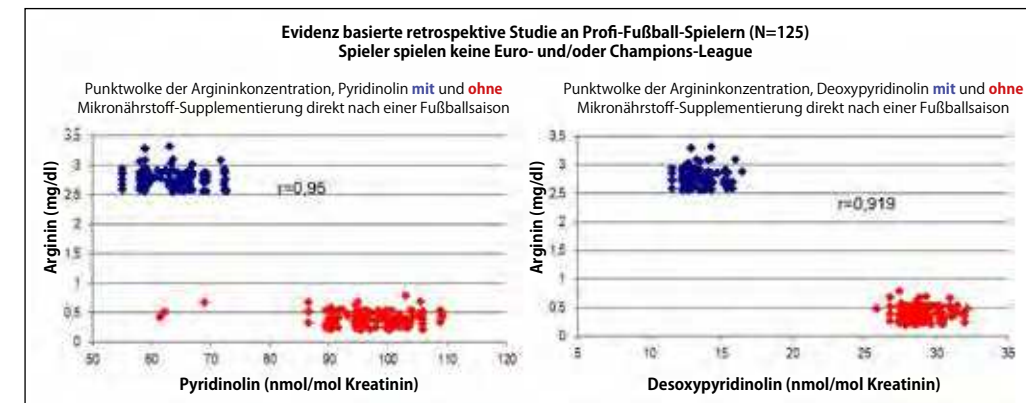


Abb. 3 Zusammenhang zwischen zellulärem Niveau der Aminosäuren und der Beanspruchung körpereigener Strukturproteine (Höhe der Pyridinium Crosslinks)

Zufuhr von individualisierten Mikronährstoffen könnte sich zukünftig ein direkter Einfluss auf die Elastizität der Bindegewebsstrukturen nachweisen lassen. Nach unserer Recherche spielen hier die Pyridinium Crosslinks eine große Rolle.

Methode der Pyridinium Messung

Als Untersuchungsmaterial wird der zweite Morgenurin (Mittelstrahlurin) verwendet. Der zweite Morgenurin liefert einen guten Tagesdurchschnittswert und wird häufig als Ersatz für die 24h Sammelurin genommen. Die Ausscheidung der Crosslinks wird dabei auf die Kreatininkonzentration bezogen, um Verdünnungseffekte zu eliminieren. Zur Bestimmung wurde ein Reagenzienkit der Firma Chromsystems GmbH, München verwendet. Die zu bestimmenden Analyten wurden nach der Hydrolyse über eine Festphasenextraktion gereinigt, konzentriert und anschließend über ein isokratisches HPLC-System mit Fluoreszenzdetektor getrennt und detektiert. Der Variationskoeffizient der Methode liegt bei < 9%.

Ergebnisse der Evidenzbasierten retrospektiven Studien

Die Datenverarbeitung und -auswertung erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS Version 19. Als Berechnungs- und Bewertungsgrundlage dienen t-Tests für unabhängige Stichproben, bei denen Signifikanzen auf dem 0,05-Niveau angegeben werden. Alle selektier-

Training & Therapie

Anzeige

Effektiv, harmonisierend und sehr innovativ

Neben dem Einsatz für Fitness, Medical Fitness, Rehabilitation, Therapie und Prävention sind die FACTUM novus II Geräte der FREI AG vor allem im Sportbereich zuhause. In der VfB Reha-Welt in Stuttgart ist die Serie beispielsweise seit deren Gründung im Einsatz. Die Sporttherapeuten der VfB Reha-Welt sind überzeugt von den vielseitigen Möglichkeiten und der speziellen Trainingsform der Geräte, die sie sowohl für die Vorbereitung eines Wettkampfes als auch für die Regeneration danach nutzen.

Die Kombinationsgeräte ermöglichen das Training von je zwei Muskelgruppen innerhalb einer Übungsausführung. Die einzigartige moderne Technik mit einem hydraulischen Widerstandssystem und konzentrisch/konzentrischer Trainingsform ist ein weiterer Pluspunkt im täglichen Einsatz. Durch den flüssigen Bewegungsablauf können Profis in einem effektiven Training von schnellem Kraftzuwachs profitieren und es gibt kein Verletzungsrisiko. Bewegungen können jederzeit beendet werden, ohne dass Gewicht auf dem Trainierenden lastet. Alle Einstellungen sind über einen Touch Screen extrem einfach durchzuführen. Die Geräte arbeiten softwaregestützt und bieten Trainingssteuerung und Analyse. Trainingsplanerstellung, Maximalkraftmessung, Auswertung der Kraftverhältnisse und Dokumentation erfolgen schnell und einfach am PC.



Kontakt & weitere Infos  
FREI AG | www.frei-ag.de |  
Tel. 07661-93360 | info@frei-ag.de

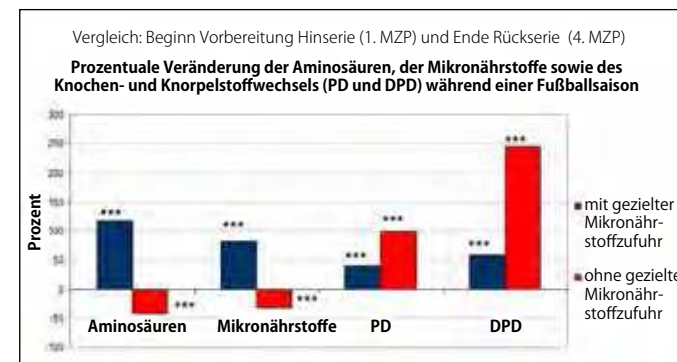
Umfassende Statistik und weitere Details beim Autor erhältlich.



**Prof. Dr. Elmar Wienecke** studierte und promovierte an der Deutschen Sporthochschule Köln (Promotionsabschluss Sportwissenschaftler im Fachbereich Sportmedizin/Kardiologie). 1989 erwarb er die Fußball-Lehrer-Lizenz (Bundesligalizenz) und war fünf Jahre hauptberuflich Fußballtrainer, u. a. kurzfristig in der 2. Fußball-Bundesliga. Nach Beendigung der Trainertätigkeit gründete Prof. Wienecke SALUTO – das Kompetenzzentrum für Gesundheit und Fitness in Halle/Westfalen. Er hat eine Stiftungsprofessur für Sport, Ernährung und Regulationsmedizin an der FHM Bielefeld und ist Leiter des Master Studiengangs Mikronährstofftherapie und Regulationsmedizin.

ten Studienteilnehmer verfügen über ein ausgewogenes Ernährungsverhalten. Dieses wird den Trainings- und Wettkampfphasen angepasst (Kohlenhydratbewusst in intensiven Trainings-/Wettkampfphasen, Protein- und Fettzufuhr werden entsprechend angepasst). Die begleitenden Ernährungsanalysen dokumentieren das entsprechende Ernährungsverhalten der Sportler. Es lassen sich innerhalb der erfassten Läufergruppe und der Profi-Fußballspieler keine signifikanten Unterschiede im Ernährungsverhalten erkennen. Erniedrigte Ferritinkonzentrationen und eine beginnende Schilddrüsenunterfunktion sind bei den erfassten Sportlern individuell kompensiert worden. Die Homogenitätsprüfung in Bezug auf die intrazellulären Mikronährstoffe (Mg, Zn, Se, B1, B2, B9) und der Holo-TC-Konzentration sowie der einzelnen Aminosäuren zeigt zu Beginn bei den 144 Läufern keine signifikanten Unterschiede. Analog lassen sich auch bei den 125 Profi-Fußballspielern vor Beginn der 1. und 2. Saison keine signifikanten Unterschiede erkennen.

Ein gutes zelluläres Niveau an Aminosäuren und Mikronährstoffen reduziert nachweislich langfristig den Anstieg der Pyridinium Crosslinks. Der Korrelationskoeffizient (Abb. 3) zwischen den Aminosäuren (hier am Beispiel der Aminosäure Arginin und den PD-Werten:  $r = 0,95$ ; DPD-Werten:  $r = 0,91$ ) zeigt: eine gute Versorgung mit Aminosäuren und Mikronährstoffen und demonstriert eine deutlich reduzierte Beanspruchung körpereigener Strukturproteine durch die Bildung von Pyridinium Crosslinks. Ein deutlich erhöhtes Verletzungsrisiko, gravierende mentale und physische Leistungsschwankungen lassen sich bei PD-Werten von  $>85$  nmol/mmol Kreatinin und DPD-Werten von  $>15$  nmol/mmol Kreatinin erkennen (Abb. 2).



**Abb. 4** Prozentuale Veränderung der Aminosäuren- und Mikronährstoffkonzentrationen im Summenscore, der Pyridinium Crosslinks (PD, DPD) ohne (1. Saison) und mit (2. Saison) gezielter Nährstoffzufuhr bei Profi-Fußballspielern (N=125)

Dies haben auch unsere Untersuchungsergebnisse im Präventionskonzept mit den 72 Junioren-Nationalspielern des DHB bestätigt.

Fazit

Ein ausgewogenes Ernährungsverhalten, die individualisierte Zufuhr von Mikronährstoffen (Tab.1 u. Tab. 2) und einiger Monopräparate führte im Summenscore zu einem hochsignifikanten Anstieg der Aminosäurenkonzentrationen (Läufer: 113,34%; Profi-Fußballspieler: 117,56%) und der Mikronährstoffversorgung (Läufer: 81,26%, Profi-Fußballspieler: 81,8%). Dies bedingt einen deutlich geringeren Anstieg der Pyridinium Crosslinks (PD: 53,29%; DPD: 114,59%) im Vergleich zu den Sportlern ohne gezielte Mikronährstoffzufuhr (Abb. 4). Aus den einzelnen Erhebungsbögen, die die Läufer (N=144) und die Profi-Fußballspieler (N=125) insgesamt sechsmal ausgefüllt haben geht hervor, dass 93,73% der Sportler mit gezielter Mikronährstoffzufuhr keine Überlastungsreaktionen der beanspruchten Bindegewebsstrukturen aufweisen. Nur 2,7% der Sportler zeigen vereinzelt leichte muskuläre Beschwerden, die aber zu keinem Trainingsausfall führten. Außerdem beschreiben diese Sportler während des Untersuchungszeitraumes keine gravierenden mentalen und physischen Leistungseinbußen. Bei den Sportlern ohne Mikronährstoffrezeptur zeigen 81,5% im Laufe der gesamten Saison und in der Vorbereitungsphase zum Marathon immer wieder vermehrt auftretende Infekte und Überlastungsreaktionen der Bindegewebsstrukturen, die zu Trainingsausfällen bis zu insgesamt vier Wochen geführt haben.

Nutrition

Carnipure®



Built on Quality. Backed by Science.™



Carnipure® is the brand name for L-Carnitine produced by ingredient manufacturer Lonza. By investing in science, Lonza has developed use areas for the Carnipure® ingredient beyond the classical application of L-Carnitine for energy metabolism. Confirmed by several independent researchers, Carnipure® L-Carnitine supplementation was found to decrease the production of free radicals and reduce tissue damage and muscle soreness after strenuous exercise, which helps with exercise recovery.

Lonza Cologne GmbH  
 Nattermannallee 1, DE-50829 Köln  
 Tel +49 (221) 99 199 254

[www.carnipure.com](http://www.carnipure.com)  
[carnipure@lonza.com](mailto:carnipure@lonza.com)

All product information corresponds to Lonza's knowledge on the subject at the date of publication, but Lonza makes no warranty as to its accuracy or completeness and Lonza assumes no obligation to update it. Product information is intended for use by recipients experienced and knowledgeable in the field, who are capable of and responsible for independently determining the suitability of ingredients for intended uses and to ensure their compliance with applicable law. All trademarks belong to Lonza or its affiliates.

© 2016 Lonza