

## **Pantothensäurekonzentrationen im Blut von Leistungssportlern in Ruhe und unter aerober Ausdauerbelastung\***

L. Rokitzki, A. Sagredos<sup>1</sup>, F. Reuß<sup>2</sup>, G. Petersen<sup>3</sup> und J. Keul

<sup>1</sup>Institut für naturwissenschaftliche, technische Dienste Hamburg

<sup>2</sup>Abt. für Physiologie und Sportmedizin der Universität Ulm

<sup>3</sup>Abt. für Endokrinologie der Medizinischen Universitätsklinik Freiburg i.Br.

### **Blood pantothenic acid levels in athletes at rest and after exercise**

*Zusammenfassung:* Für diese Untersuchung standen uns 96 Leistungssportler aus verschiedenen Sportarten zur Verfügung. Alle Athleten hatten langjährige Trainings- und Wettkampferfahrung. Die Pantothengehalte im Blut wurden mit Hilfe von mikrobiologischen Analysen bestimmt. Ergänzend wurden Messungen unter körperlicher Belastung bei 14 Marathonläufern und 9 Bodybuildern durchgeführt. Hier wurde vor (a), direkt nach (b) und 2 Stunden nach der Belastung (c) Blut zur Pantothensäurebestimmung abgenommen.

Im Vergleich zu Referenzwerten von Untrainierten ( $1.34 \pm 0.13$  nmol/ml) lagen die der Marathonläufer  $0.76$  ( $0.31$ – $0.95$ ) nmol/ml und der Fußballspieler  $1.19$  ( $0.37$ – $2.64$ ) nmol/ml niedriger. Insgesamt lagen über 30 % der Athleten unter dem o.g. Referenzbereich von  $< 1.20$  nmol/ml. Die Pantothensäurekonzentrationen der Bodybuilder/Radrennfahrer waren signifikant höher als die der Marathonläufer ( $p < 0.001$ ), wobei allerdings eine (nicht erlaubte) Supplementierung vorgenommen wurde.

Unter Belastung kam es bei den Marathonläufern direkt nach dem Lauf (b) und bei den Bodybuildern 2 Stunden nach dem Training (c) zu einem signifikanten Anstieg der Pantothensäurespiegel ( $p < 0.01$ ).

*Summary:* Ninety-six high-performance athletes of various disciplines were available for this investigation. All athletes had many years of training and competition experience. The pantothenic acid contents in the blood were determined by means of microbiological measurements. In addition to the pantothenic acid level at rest, measurements were made resp. physical exertion in 14 marathon runners and nine body builders. Blood was collected for determination of pantothenic acid before (a), after (b) and 2 h after exercise.

Compared to the reference values for untrained persons ( $1.34 \pm 0.13$  nmol/mL), the marathon runners with  $0.76$  ( $0.31$ – $0.94$ ) nmol/mL and soccer players with  $1.19$  ( $0.37$ – $2.64$ ) nmol/mL were below the reference values. According to relative frequencies, more than 30 % of all athletes were below the lower limit ( $< 1.20$  nmol/mL). The values in body builders/racing cyclists differed significantly from those in marathon racers ( $p < 0.001$ ), which is presumably due to unallowed supplementation. During exercise, there was a significant increase in the pantothenic acid level in marathon runners ( $p < 0.01$ ).

*Schlüsselwörter:* Pantothensäure – Leistungssportler – mikrobiologische Bestimmung – Versorgung – Marathonlauf

*Key words:* Pantothenic acid – high-performance athletes – microbiological determination – supply – marathon race

\* Mit Unterstützung des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft, Köln

## Einleitung

Pantothensäure gehört zu den Vitaminen des B-Komplexes, denen bisher aufgrund ihres ubiquitären Vorkommens in der Nahrung und des Fehlens von krankhaften Mangelercheinungen (15) nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde (18). Die Versorgung der Bevölkerung mit Pantothensäure wird im allgemeinen als ausreichend angesehen (3, 16). Es ist anzunehmen, daß erhöhte Leistungsanforderungen und Streß wie z.B. durch sportliche Aktivität den Pantothensäurebedarf beeinflussen (1, 3, 19), was sich aus der Funktion der Pantothensäure im Stoffwechsel erklären läßt (15). Pantothensäure ist Bestandteil von Coenzym A und hat im Intermediärstoffwechsel eine zentrale Bedeutung. Der Abbau von Fetten, Kohlehydraten und verschiedenen Aminosäuren läuft gemeinsam über Coenzym A. Von Acetyl-CoA nehmen verschiedene Biosynthesen ihren Ausgang (Fettsäuren, Cholesterin, Steroidhormone, Cortisol u.a. (15).

Über die Höhe des Pantothensäurebedarfs in Abhängigkeit von Sportart und aktuellem Training ist wenig bekannt (19). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (3) und die American Dietetic Association (ADA) (1) gehen von einem erhöhten Pantothensäurebedarf unter körperlicher Belastung aus, sehen diesen aber gleichzeitig durch die erhöhte Nahrungszufuhr der Athleten gedeckt. Wissenschaftlich bewiesen ist weder die These eines erhöhten Pantothensäurebedarfs unter körperlicher Belastung noch die These einer über die Nahrung gleichzeitig erhöhten Pantothensäureaufnahme (14, 22).

Das Ziel dieser Arbeit war es, bei Leistungssportlern mit Hilfe von Pantothensäuremessungen im Blut einen Hinweis für die Pantothensäureversorgung zu erhalten. Desweiteren wurde geprüft, ob eine Ausdauerbelastung bzw. ein Krafttraining Auswirkungen auf den Pantothensäuremetabolismus hat.

## Probanden und Methoden

Für die Untersuchung standen uns insgesamt 96 Leistungssportler (weiblich n=12; männlich n=84) aus verschiedenen Sportarten zur Verfügung (Tab. 1). Alle Athleten gaben für die Studie ihr Einverständnis im Sinne der Helsinki-Deklaration.

Die Trainings- und Wettkampferfahrung der Marathonläufer betrug  $12.8 \pm 3.2$  Jahre (Pers. Bestzeiten zwischen 2 Std. 11 Min. und 2 Std. 42 Min.), der Ringer  $8.9 \pm 4.5$  Jahre (höchste deutsche Wettkampfklasse), bei den Handballspielerinnen  $9.3 \pm 6.1$  Jahre (Regionalniveau), der Fußballspieler  $11.4 \pm 2.1$  Jahre (Profis), der Basketball-

Tab. 1. Anthropometrische Daten der untersuchten Leistungssportler

Sportart	n	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Länge (cm)
Fußball	14	$23.5 \pm 2.8$	$72.8 \pm 5.5$	$176.6 \pm 8.4$
Marathon	14	$32.5 \pm 9.5$	$71.0 \pm 6.2$	$176.6 \pm 14.1$
Bodybuilding	9	$25.3 \pm 6.4$	$96.1 \pm 16.7$	$184.2 \pm 23.7$
Radrennfahren	25	$24.5 \pm 2.9$	$76.7 \pm 7.2$	$180.7 \pm 9.3$
Handball (w)	12	$23.8 \pm 7.9$	$64.3 \pm 11.6$	$167.3 \pm 13.4$
Basketball	9	$26.1 \pm 4.7$	$83.4 \pm 6.1$	$191.2 \pm 4.3$
Ringen	13	$20.6 \pm 2.7$	$77.8 \pm 9.3$	$172.0 \pm 11.5$

spieler  $9.4 \pm 3.2$  Jahre (zweithöchste deutsche Spielklasse), der Bodybuilder  $9.1 \pm 4.9$  Jahre (Wettkampfbuilder), der Radrennfahrer  $11.4 \pm 3.9$  Jahre (Nationalkader/Olympiateilnehmer). Die Untersuchung wurde jeweils während der Wettkampfsaison durchgeführt, um nicht Gefahr zu laufen, innerhalb besonderer Diätphasen zu beobachten. Zum Zeitpunkt der Untersuchung wurden täglich 1 1/2 h – 4 h trainiert. Eine Vitaminsubstitution während der Untersuchungszeit war nicht erlaubt.

Die kubitalvenöse Blutabnahme für die Pantothenensäurebestimmung erfolgte in unserer sportmedizinischen Ambulanz morgens nach zwölfstündiger Nahrungskarenz ( $n=73$ ) ( $n=96$ ). Die Blutabnahme der Marathonläufer ( $n=14$ ) erfolgte am Wettkampfort (1000 m hoch, Temperatur am Start  $9^\circ\text{C}$ , am Ziel  $15^\circ\text{C}$ ) in einem für sportmedizinische Zwecke eingerichteten Meßwagen nach einem standardisierten Frühstück vor (a), direkt nach (b) und 2 h nach dem (c) Wettkampf. Die Untersuchung bei den Bodybuildern erfolgte in einem Fitneß-Studio vor (a), direkt nach (b) und 2 h nach einem (c) 2stündigen Training. Das Training erfolgte in Circuitform an bekannten Geräten mit Standardübungen. Die Anzahl der Übungen pro Zeitintervall sowie die Erholungspausen waren vorgegeben. Die Intensität des Trainings betrug 70–80 % der vorher ermittelten (Maximaltest) individuellen Leistungsfähigkeit. Während des Untersuchungszeitraumes durften keine vitaminhaltigen Getränke und Nahrungsmittel zugeführt werden.

Die Bestimmung der Pantothenensäure (Vollblut) erfolgte mikrobiologisch mit *Lactobacillus viridans* (21). Erythrozyten, Hämoglobin, Albumin und Cortisol wurden mit den von Thomas (23) angegebenen Routinemethoden gemessen. Sofern eine Volumenkorrektur wegen Hämokonzentration notwendig war, wurde diese nach Dill (4) durchgeführt.

### Statistik

Mit dem Kruskal-Wallis-Test (Chi-Square-Approximation) für unabhängige Stichproben wurde auf sportartspezifische Mittelwertsunterschiede bei den Vollblutkonzentrationen geprüft.

Mit dem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman wurde geprüft, ob zwischen Cortisol bzw. Hämoglobin und Pantothenensäure Korrelationen vorliegen.

Mit dem Friedman- und Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben wurde auf signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den Zeitpunkten (a), (b) und (c) geprüft.

Ein  $p < 0.05$  wurde bei allen Tests als signifikant akzeptiert.

### Ergebnisse

Unter Zugrundelegung des an Untrainierten ermittelten Referenzbereiches (Median von 1.34 nmol/ml (Minimum 1.20 nmol/ml – Maximum 1.60 nmol/ml) erreichen die Marathonläufer und die Fußballspieler den unteren Referenzwert von 1.20 nmol/ml nicht (Tab. 2). Die niedrigste Pantothenensäurekonzentration wurde mit 0.31 nmol/ml bei einem Marathonläufer, die höchste mit 7.39 nmol/ml bei einem Bodybuilder gemessen. Insgesamt lagen 33 Athleten (34 %) unter dem unteren Referenzwert von  $< 1.20$  nmol/ml. Signifikante Unterschiede liegen bei den Pantothenensäurespiegeln zwischen den Sportgruppen vor (Tab. 2).

Pantothenensäure und Hämoglobin zeigen für alle Messungen ( $n=96$ ) nur eine schwache Korrelation ( $r=0.12$ ). Nach Sportgruppen differenziert war die Korrelation zwischen Pantothenensäure und Hämoglobin bei den Marathonläufern ( $n=14$ ) mit  $r = 0.32$  am höchsten, allerdings nicht signifikant ( $p < 0.083$ ).

Cortisol wurde bei 3 Sportgruppen gemessen ( $n=35$ ). Für alle Messungen betrug die

Tab. 2. Pantothensäurekonzentrationen (Vollblut), Hämoglobin und Cortisolkonzentrationen von Athleten aus verschiedenen Sportarten

Sportart	Pantothensäure (nmol/ml)		Hämoglobin (g/dl)		Cortisol ( $\mu$ g/ml)	
	Median	(Min.–Max.)	Median	(Min.–Max.)	Median	(Min.–Max.)
Fußball	1.19	(0.37–2.65) (A)	13.1	(11.1–14.3)	239.5	(166–313)
Marathon	0.76	(0.31–0.94) (a)	14.0	(12.5–16.1)	241.4	(189–307)
Bodybuilding	3.31	(2.08–7.39) (b)	17.1	(14.0–19.2)	219.0	(164–339)
Radrennfahren	2.52	(0.68–3.94) (b)	14.5	(12.6–16.2)	–	
Ringn	1.51	(0.44–3.66) (c)	13.0	(11.2–15.1)	–	
Handball (f)	1.59	(0.55–3.65) (c)	13.1	(10.8–15.1)	–	
Basketball	1.47	(0.74–3.52) (c)	12.7	(11.5–13.5)	–	

Signifikanzen: (b) vs (A,  $p < 0.01$ ; (b) vs (a),  $p < 0.001$ ; (b) vs (c),  $p < 0.05$

Korrelation zwischen Pantothensäure und Cortisol  $r = -0.16$ , bei den Marathonläufern lag sie mit  $r = -0.30$  höher (nicht signifikant).

Die Pantothensäurekonzentration stieg direkt nach dem Marathonlauf signifikant ( $p < 0.01$ ) an und war 2 Stunden danach immer noch erhöht ( $p < 0.05$ ). Eine bedeutende Hämokonzentration während des Wettkampfes konnte ausgeschlossen werden (Tab. 3).

Nach der Krafttrainingseinheit der Bodybuilder fand sich 2 Stunden nach der Belastung ein signifikanter ( $p < 0.01$ ) Pantothensäureanstieg (Tab. 3). Aufgrund der hier aufgetretenen Hämokonzentration wurde eine Korrektur nach Dill (5) vorgenommen.

## Diskussion

Die Versorgung des Menschen mit Pantothensäure ist nach den Richtlinien der DGE von 1991 (3) dann gesichert, wenn eine tägliche Aufnahme von 6 mg/d erfolgt. Das National Research Council der USA empfiehlt in den Recommended Dietary Allowances (RDA) eine Pantothensäurezufuhr von 4–7 mg/d (16). International gibt es allerdings sehr unterschiedliche Vorstellungen darüber, wann eine ausreichende Pantothensäureversorgung vorliegt (2). Die Arbeiten, die sich mit der Frage der Pantothensäureversorgung verschiedener Bevölkerungsgruppen beschäftigt haben (5, 13), konnten keinen wesentlichen Beitrag zur Bestimmung einer einheitlicheren Richtlinie für die Pantothensäureversorgung leisten.

Über den Bedarf und die Versorgung mit Pantothensäure bei Sportlern ist nur wenig bekannt (14, 17). Die Hauptgründe dafür werden in der Annahme einer ausreichenden Pantothensäureversorgung (1, 3) und in der Tatsache liegen, daß bisher in keiner Arbeit von einem leistungssteigernden Effekt nach Pantothensäuresupplementation berichtet wurde. Hinzu kommt, daß es relativ schwierig ist, den Pantothensäurestatus im Organismus zu quantifizieren.

Die mikrobiologische Pantothensäurebestimmung im Vollblut ist für die Praxis vermutlich die zuverlässigste Methode, um einen Hinweis auf die Pantothensäureversor-

gung zu erhalten. Erhebungen mittels Verzehrsprotokoll (Wiegemethode) über eine längere Zeit können besonders bei Leistungssportlern infolge häufiger Abwesenheit von zu Hause mit erheblichen Problemen bei der Protokollierung und dem Abwiegen der Nahrungsmittel verbunden sein. Desweiteren ist der Pantothersäuregehalt der Nahrungsmittel vom Anbau, Transport, Lagerung und Zubereitung abhängig und die Bioverfügbarkeit ist nicht sicher bekannt.

Das Problem, das sich bei der Bestimmung der Pantothersäure im Blut stellt, ist in der Beurteilung der gemessenen Konzentrationen zu sehen, da keine allgemeingültigen Referenzwerte bekannt sind, die für eine ausreichende Pantothersäureversorgung sprechen. Der in den Geigy Tabellen (8) angegebene Bereich für eine ausreichende Versorgung (250–1077 ng/ml) zeigt eine sehr große Streuung. Dies ist wahrscheinlich auf unterschiedliche methodische Ansätze, insbesondere der Hydrolyseverfahren, zurückzuführen. Diese Referenzwerte waren somit für das gewählte analytische Verfahren nicht anwendbar, so daß eigene Referenzwerte, die anhand von gleichaltrigen Nicht-Sportlern erstellt wurden, für die Beurteilung der Pantothersäureversorgung zugrunde gelegt wurden (21). Danach wurden Pantothersäurewerte von generell  $> 1.20$  nmol/ml gefunden. Dieser Wert deckt sich mit den Angaben von Hatano (10) und Ishiguro (12), die eine Pantothersäurekonzentration von  $> 1.22$  nmol/ml bei ausreichender Versorgung angeben.

Bei den Ausdauerathleten, die sich auf einen Marathonlauf vorbereiteten, fällt im Vergleich mit den Referenzwerten ein insgesamt niedriger Pantothersäurespiegel auf. Als Ursache dafür wird angenommen, daß durch das intensive Ausdauertraining ein erhöhter Pantothersäureverbrauch vorlag. Der Pantothersäurebedarf kann anscheinend bei diesen Athleten, selbst bei Annahme einer erhöhten Nahrungszufuhr, nicht ausreichend gedeckt werden. Das widerspricht der Annahme der ADA (1) und DGE (3), daß der durch körperliche Aktivität bewirkte erhöhte Vitaminverbrauch durch eine erhöhte Nahrungsaufnahme kompensiert wird. Darauf hatten auch Guillard et al. (9) bei französischen Sportlern schon hingewiesen. Van Erp-Baart et al. (6) hatten für Vitamin B<sub>6</sub> bei holländischen Athleten ebenfalls zeigen können, daß die o.a. Hypothese, die sich generell auf alle Vitamine bezieht, der ADA nicht zutreffend ist.

Eine durch erhöhte Lactat- oder Pyruvatkonzentrationen zutage tretender Pantothersäuremangel kann bei den Marathonläufern nicht festgestellt werden (7, 11). Zwischen der Pantothersäurekonzentration und Cortisol bzw. Hämoglobin konnten keine signifikanten Korrelationen gefunden werden.

Unter der Ausdauerbelastung ist es zu einer signifikanten Pantothersäuremobilisation im Vollblut gekommen (Tab. 3). Die Bedeutung dieses Pantothersäureanstiegs im Blut ist unklar. Denkbar ist eine konstante Pantothersäurefreisetzung aus endogenen Quellen (wie z.B. aus der Leber) bei verringertem Bedarf (z.B. im Skelettmuskel), Zufuhr über exogene Quellen (z.B. Substitution während des Wettkampfes) oder eine Hämokonzentration. Die letzten beiden Punkte konnten ausgeschlossen werden, während ein reduzierter Bedarf unter einer extremen Ausdauerbelastung unwahrscheinlich ist. Denkbar ist, daß es im Erschöpfungszustand zur Katabolie von Enzymkomplexen kommt. Dabei könnte Pantothersäure frei werden und per Diffusion in den extrazellulären Raum gelangen. Mit fortschreitender Regeneration werden die Enzymkomplexe wieder aufgebaut bei gleichzeitiger Abnahme der Blutspiegel.

Ob diese Pantothersäuremobilisation angesichts der relativ niedrigen Basalwerte der Ausdauerathleten eine adequate Reaktion auf die Belastung ist, kann hier noch nicht abschließend beantwortet werden. Desweiteren kann nicht gesagt werden, ob die rela-

Tab. 3. Pantothersäurekonzentrationen (Vollblut) bei Marathonläufern und Bodybuildern vor, direkt nach und 2 Stunden nach einer sportsspezifischen Belastung

	Marathonläufer (nmol/ml)	Bodybuilder (nmol/ml)
Vor der Belastung	0.76 ± 0.46 (a)	3.31 ± 1.57 (d)
Direkt nach Belastung	1.08 ± 0.41 (b)	3.53 ± 2.99 (e)
2h nach Belastung	0.94 ± 0.34 (c)	5.41 ± 3.00 (f)

Signifikanz: (a) vs (b),  $p < 0.01$ ; (a) vs (c),  $p < 0.05$   
 (d) vs (f),  $p < 0.01$ ; (e) vs (f),  $p < 0.01$

tiv niedrigen Basalspiegel die aktuelle Laufleistung der Athleten nachteilig beeinflusst haben. Nice et al. (17) konnten bei 18 gut trainierten Läufern im Verum/Placebo-Vergleich über zwei Wochen keinen leistungsbeeinflussenden Effekt durch eine Pantothersäuresupplementation erzielen. In einer anderen Arbeit zeigt sich bei trainierenden Mäusen, daß die Gruppe mit dem erzeugten Pantothersäuremangel im Vergleich mit der normal ernährten Gruppe eine kürzere Laufzeit, geringeres Körpergewicht, reduzierte Leber- und Muskelglycogenspeicher und erhöhte Ketonkörper hatte (22).

Der Median der Bodybuilder und Radrennfahrer liegt signifikant höher im Vergleich zu dem Referenzwert für Nicht-Sportler (Tab. 2). Hier wurde durch Befragung retrospektiv festgestellt – bei einzelnen Sportlern waren die sehr hohen Konzentrationen besonders auffällig –, daß mehrere Athleten entgegen der Anweisung – wenn auch nicht bewußt – sportsspezifische Nahrungsmittel (meistens mit Vitaminen angereicherte Proteingemische) aufgenommen hatten. Die relativ hohen Pantothersäurespiegel bei den Bodybuildern und Radrennfahrern sind somit durch Supplementation und nicht durch die übliche Ernährung zustande gekommen, was zum großen Teil die signifikanten Unterschiede zum Referenzwert und zwischen den einzelnen Sportarten erklärt. Zwar wird damit die Vergleichbarkeit zwischen den Sportgruppen eingeschränkt, was die Zufuhr der Pantothersäure aus natürlichen Nahrungsmitteln betrifft, jedoch ist der Verzehr dieser Nahrungs-Ergänzungen bei diesen beiden Athletengruppen derzeit üblich und trägt zur Vitaminversorgung bei.

Vor der körperlichen Belastung wurden wie bei den Marathonläufern die Pyruvat- und Lactatspiegel gemessen. Auch hier konnten keine erhöhten Pyruvat- und Lactatspiegel als Ausdruck eines Pantothersäuremangels festgestellt werden. Ebenfalls nur sehr geringe Korrelationen konnten zwischen dem Pantothersäurespiegel und Cortisol bzw. Hämoglobin in Ruhe festgestellt werden, was darauf hinweist, daß die Abhängigkeit dieser Parameter untereinander sehr gering ist.

Bei den Bodybuildern findet sich direkt nach der Trainingsbelastung im Vergleich mit den Marathonläufern nur ein tendenzieller Anstieg der Pantothersäurekonzentration, der erst nach 2 Stunden signifikant wird und in der Höhe (in Prozent) etwa dem der Marathonläufer entspricht. Die Ursache dieses verzögerten Pantothersäureanstiegs ist unklar. Unter sicherem Ausschluss einer oralen Vitaminzufuhr während des Untersuchungszeitraums wird besonders der These einer verzögerten Katabolie von Enzymkomplexen die größte Bedeutung beigemessen.

Werden alle Messungen ( $n=96$ ) zusammen betrachtet und der Referenzwert für Nicht-Sportler von 1.20 nmol/ml als Richtlinie zugrunde gelegt, so erreichten alle Marathonläufer und 7 Fußballspieler diese Grenze nicht. Als Ursachen dafür kommen ein

durch körperliche Aktivität bewirkter erhöhter Pantothensäurebedarf und/oder eine zu geringe Pantothensäureaufnahme in Frage.

#### References

1. American Dietetic Association (1980) Nutrition and physical fitness: A statement by the American Dietetic Association. *J Am Diet Assoc* 76:437–43
2. Brubacher G (1988) Scientific basis for the estimation of the daily requirement for vitamins. In: Walter P et al. (eds) Elevated dosages of vitamins. *Int J Nutr Res Suppl* 30:3–11
3. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (1991) Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, 5. Auflage, Frankfurt/Main, 129–131
4. Dill DB, Costill DL (1974) Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cell in dehydration. *J Appl Physiol* 37:247–248
5. Eisenstat RB, Wyse BW, Hansen RG (1986) Pantothenic acid status of adolescents. *Am J Clin Nutr* 44:931–937
6. Van Erp-Baart AMJ, Saris WMH, Binkhorst RA, Vos JA, Elvers JWH (1989) Nationwide survey on nutritional habits in elite athlete. Part II. Mineral and vitamin intake. *Int J Sports Med* 10:11–16
7. Fry PC, Fox HM, Tao HG (1976) Metabolic response to a pantothenic acid deficient diet in humans. *J Nutr Sci Vitaminol* 22:339–346
8. Geigy AG (1985) Wissenschaftliche Tabellen. Ciba-Geigy Basel
9. Guillard JC, Penaranda T, Gallet C, Boggio V, Fuchs F, Klepping J (1989) Vitamin status of athletes including the effects of supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 21/4:441–449
10. Hatano M (1962) Microbiological assay of pantothenic acid in blood and urine. *J Vitaminol* 8:134–142
11. Hodges RE, Ohlson MA, Bean WE (1958) Pantothenic acid deficiency in man. *J Clin Invest* 37:1642–1650
12. Ishiguro K, Kobayashi S, Kaneta S (1961) Pantothenic acid content of human blood. *Tohoku J Exp Med* 74:65–75
13. Kathmann JV, Kies C (1984) Pantothenic acid status of free living adolescents and young adults. *Nutr Res* 4:245–250
14. Litoff D (1985) Effects of pantothenic acid supplementation on human exercise. *Med Sci Sports Exerc* 17:287–290
15. McCormik DB (1988) Pantothenic acid. In: Shils ME, Young VR (eds) *Modern nutrition in health and disease*. Lea & Febiger, Philadelphia
16. National Research Council (1989) *Recommended Dietary Allowances*, 10th Edition, National Academy Press, Washington, DC
17. Nice C, Reeves C, Brinck-Johnson T, Noll W (1984) The effects of pantothenic acid on human exercise capacity. *J Sports Med* 24:26–29
18. Olson E, Kaplan NO (1948) The effect of pantothenic acid deficiency upon the coenzyme. A content and pyruvate utilization of rat and duck tissues. *J Biol Chem* 175:515–529
19. Rokitzki L, Keul J (1990) Zur Bedeutung wasserlöslicher Vitamine für den Sportler. *Notwendigkeit oder Überfluß? Leistungssport* 2:41–45
20. Sagredos AN (1980) Laborvorschriften für die mikrobiologische Bestimmung von Pantothensäure. Institut für naturwissenschaftliche und technische Dienste, Hamburg
21. Sagredos AN, Leitner HJ, Rokitzki L (1991) On the normal median values of vitamins, minerals and trace elements in body fluids and their diagnostic and therapeutic significance. Fourth Intern Symposium on Clinical Nutrition, Oct 2–4, Heidelberg
22. Smith CM, Narrow CM, Kendrick RV, Steffen C (1987) The effects of pantothenate deficiency in mice on their metabolic response to rest and exercise. *Metabolism* 36:115–121
23. Thomas L (1984) Labor und Diagnose. Medizinische Verlagsgesellschaft Marburg/Lahn

Eingegangen 12. Dezember 1992  
akzeptiert 8. Mai 1993

Für die Verfasser:

Dr. L. Rokitzki, Rehabilitationszentrum für Herz- und Kreislauferkrankungen, Südring 15,  
7812 Bad Krozingen