

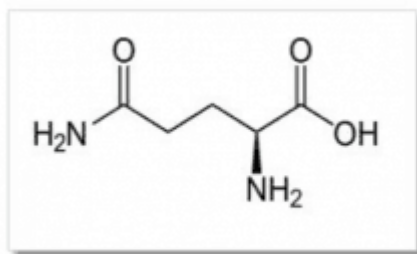
L-Glutamin ist die am häufigsten vorkommende freie Aminosäure des Körpers. Sie ist an mehr Stoffwechselprozessen beteiligt als jede andere Aminosäure. Die Konzentration in den Zellen ist ungefähr viermal höher als die im Plasma.

Die meisten Gewebearten sind in der Lage, selbst Glutamin zu produzieren, um es sodann ans Blut abzugeben. Besonders große Mengen der Aminosäure können jedoch die Skelettmuskulatur, Lungen, Gehirn und das Fettgewebe herstellen. Die Skelettmuskulatur übernimmt aufgrund ihrer großen Masse bei Weitem den größten Teil der Glutaminversorgung. Ungefähr 50 % des zirkulierenden Glutamins wird als Energiesubstrat eingesetzt und oxidiert, 10–20 % werden für die Glukoneogenese genutzt und der Rest wird für die Eiweißsynthese (wieder)verwendet.

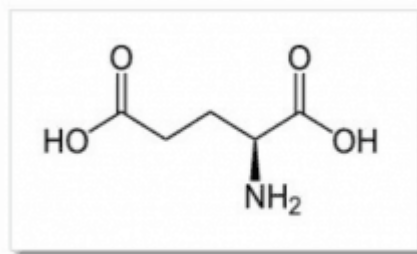
Supplementierung mit L-Glutamin

Da fast alle Zellen des Körpers (insbesondere die Muskelzellen) Glutamin selbst produzieren, galt der Stoff im Rahmen der Supplementierung lange Zeit nicht als relevant. Auch deshalb finden sich bisher zu diesem Thema nur wenige Studien. Da die Eigenproduktion unter bestimmten Umständen jedoch mangelhaft sein kann, scheint L-Glutamin semi-essentiell zu sein: So kann unter Umständen besonderer Belastung wie etwa während des Fastens, bei intensiven sportlichen Betätigungen oder im Fall von Leberzirrhose und anderen ernsthaften Erkrankungen wie zum Beispiel schweren Infektionen leicht ein Mangel entstehen. Auch auf Intensivstationen hat die mit Glutamin angereicherte parenterale Nahrung inzwischen großen Nutzen bewiesen. Studien zeigen, dass mit der Supplementierung durch L-Glutamin bei vielen Krankheitsprozessen lebensrettend interveniert werden kann.

Wirkung von L-Glutamin



L-Glutamin



L-Glutaminsäure

L-Glutamin und L-Glutaminsäure

L-Glutamin ist an einer Vielzahl Stoffwechselprozessen beteiligt, unter anderem an der Säure-Basen-Balance, am Stoffwechsel von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten, an der Regulierung des Zellvolumens, der Produktion von Glutathion und der Steuerung des Gleichgewichts zwischen Katabolismus und Anabolismus. Weiterhin ist es auch ein wichtiges Substrat für schnell teilende Zellen wie die Darmschleimhaut und die Immunzellen. Aus diesem Grund muss es als wichtiger Nährstoff bei der Wundheilung und dem Aufbau der Muskulatur gelten.

Fast alle Aminosäuren besitzen eine Aminogruppe. Glutamin stellt hier eine seltene Ausnahme dar, da es zwei Aminogruppen aufweist. Aus diesem Grund nimmt Glutamin im Aminosäure-Stoffwechsel teilweise eine zentrale Rolle ein: Über Glutaminsäure (Glutamat) können alle anderen Aminosäuren gebildet werden. Glutaminsäure und Glutamin können dabei leicht ineinander umgewandelt werden. L-Glutamin wird aus der L-Glutaminsäure durch die sogenannte Glutamin-Synthetase hergestellt. Dabei wird Adenosintriphosphat (ATP) verbraucht. Ferner können

auch Purine, Pyrimidine (Nukleinsäuren, DNA-Baustoffe), Aminoglukoseverbindungen, Hormone und Co-Enzyme aus Glutamin synthetisiert werden.

Die wichtigsten Funktionen von Glutamin

Energieversorgung

In der Leber ist das Kohlenstoffgerüst von Glutamin ein wichtiger Baustein von Glukose-Molekülen. Durch den Umbau in Alpha-Ketoglutar Säure kann Glutamin im Zitronensäurezyklus verbrannt werden. Glutamin stellt die wichtigste Energiequelle für den Dünndarm ebenso wie für die Immunzellen dar.

Immunsystem

Immunzellen (vorwiegend Lymphozyten und Makrophagen) benötigen große Mengen an Glutamin, selbst dann, wenn das Immunsystem nicht besonders gefordert ist. Zum Zeitpunkt einer Immunantwort, wenn Immunzellen sich also stark vermehren und diverse Antikörper gebildet werden müssen, nimmt der Verbrauch an Glutamin nochmals dramatisch zu. Hält der Immunstress nur kurzzeitig an, so ist die eigene Produktion, teils aus verzweigtkettigen Aminosäuren (BCAA) im Muskelgewebe, meist ausreichend, um den Bedarf zu decken. Wenn aber die Stresssituation andauert, so entsteht ein Produktionsmangel mit der Folge, dass die Muskulatur abgebaut und das Immunsystem geschwächt wird.

L-Glutamin ist besonders wichtig für das sogenannte Common Mucosal Immune System (CMIS), die Immunfunktion der Schleimschicht des Körpers sowie der Luftwege, der Geschlechtsorgane und des Magen-Darm-Kanals. In der Schleimschicht dieses Gewebes wird mit Hilfe von Glutamin das sekretorische IgA (s-IgA) produziert. Diese Art von Antikörper ist spezifisch für die Immunabwehr in den mukosalen Schichten des Körpers. Ein Mangel an Glutamin kann daher zu einer verminderten Abwehr gegen Pathogene in Darm und Luftwegen führen. Forscher haben niedrige s-IgA-Spiegel im Speichel in Zusammenhang gebracht mit der erhöhten Inzidenz von Candida und anderen Infektionen.

Diabetes und Obesitas

Die Glutaminsupplementierung fördert stärker als Glukose oder andere Aminosäuren die Abgabe des Darmhormons Gucagon-like Peptid 1 (GLP-1). Dieses hemmt Glucagon und erhöht die Glukoseempfindlichkeit der Betazellen im Pankreas, was wiederum die Abgabe von Insulin stimuliert und den Blutzuckerspiegel senkt. Dabei hemmt GLP-1 die Apoptose der Betazellen und fördert die Proliferation und Differenzierung dieser Insulin produzierenden Zellen. Außerdem schwächt GLP-1 den Appetit. Glutamin ist deshalb für die Behandlung von Diabetes und Obesitas eine interessante Substanz und ist inzwischen Forschungsgegenstand verschiedener klinischer Studien.

Säure-Basen-Gleichgewicht

Im Fall einer Azidose nimmt der Verbrauch von Glutamin durch die Nieren stark zu. Die überschüssigen Wasserstoffatome werden dann an die NH₃-Gruppe (Ammoniak) von Glutamin gekoppelt und als Ammoniumionen (NH₄⁺) ausgeschieden. Auch liefert die Verbrennung von Glutamin Bicarbonationen (HCO₃⁻), die helfen, einen zu niedrigen pH-Wert zu neutralisieren.

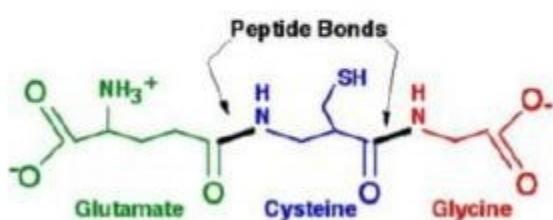
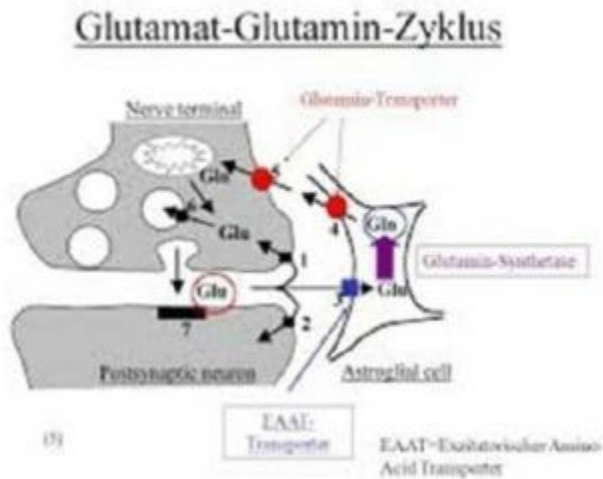
Baustoff für Protein

Als Aminosäure kann Glutamin natürlich auch als Baustein diverser Proteine fungieren.

Neurotransmittersynthese

Glutamin ist die am häufigsten vorkommende Aminosäure in der Cerebrospinalflüssigkeit. Das weist darauf hin, dass es eine wichtige Rolle im Hirnstoffwechsel einnimmt. Die dem Glutamin verwandte Glutaminsäure (Glutamat) ist selbst ein wichtiger exzitatorischer (stimulierender) Neurotransmitter. Diese Glutaminsäure kann sich (mit Hilfe

von Vitamin B6, Vitamin B12 und Mangan) auch in GABA (gamma-Amino-Buttersäure) umwandeln, was wiederum ein hemmender (sedierender) Neurotransmitter ist. Auch Beruhigungsmittel wie Valium® entwickeln ihre beruhigende Wirkung über die GABA-Rezeptoren im Gehirn. Die Beziehung zwischen GABA und Glutamat (GABA/Glutamat-Index) ist ein Maß für die Balance zwischen Stimulierung und Hemmung des Nervensystems.



Der Glutamat-Glutamin-Zyklus

Herstellung von Glutathion

Auch für die Herstellung von Glutathion, einem wichtigen Entgifter und Antioxidant, ist Glutamin wichtig. Glutathion ist ein Tripeptid, das aus Glycin, Glutamin und Cystein besteht. Normalerweise ist die Aminosäure Cystein bei der Glutathionsynthese der begrenzende Faktor. Im Fall eines Glutaminmangels (zum Beispiel durch Stress, Fasten, Intensivsport und ernsthafte Krankheit) kann jedoch auch Glutamin die Produktion von Glutathion beschränken. Eine Supplementierung sowohl von Cystein (beste Quelle: N-Acetyl-Cystein) als auch von L-Glutamin kann die Glutathionsynthese stark stimulieren.

Produktion von Purinen und Pyrimidinen

Purine und Pyrimidine sind die Bausteine von DNA und RNA. Deren Produktion durch Glutamin ist besonders für schnell teilende Zellen wie die des Immunsystems und des Darmepithels sehr wichtig.

Stickstofftransport und Eliminierung von Ammoniak

Ungefähr ein Drittel des Stickstoffs (N), der aus dem Eiweißabbau resultiert, wird als Glutamin zwischen den Organen transportiert. Wenn der Körper Glutamin verwendet, kommt Stickstoff in Form von Ammoniak frei. Dieses wird an das Blut abgegeben. Über die Leber verlässt dann das restliche Ammoniak (NH₃) über den Harnstoffzyklus den Körper, um den Stickstoffüberschuss auszugleichen. Dieses Ammoniak kann verwendet werden, um Glutaminsäure wieder in Glutamin umzubauen. Wenn die Leber nicht gut funktioniert, hilft das Muskelgewebe bei der Entgiftung von Ammoniak. Wenn hier ein Defizit an Glutamin besteht, können toxische Ammoniakkonzentrationen entstehen.

Sport

Aufgrund seiner großen Masse ist das Muskelgewebe der größte Glutaminproduzent im Körper. Außerdem ist L-Glutamin auch die treibende Kraft hinter dem Prozess des Muskelaufbaus. Glutamin ist die am häufigsten vorkommende und am meisten benötigte Aminosäure im Muskelgewebe: Ist nicht ausreichend Glutamin vorhanden, stagniert die Eiweißsynthese. Verrichtet man dann anstrengende körperliche Arbeit, kann der Spiegel von Glutamin gerade in dem Moment, wenn der Körper den größten Bedarf hat, stark abfallen.

Nach starken (sportlichen) Belastungen ist ein Zeitraum von einigen Stunden notwendig, um den Glutamin-Spiegel wieder aufzubessern. Mit gesunder Kondition unterstützt daher eine schonende Trainingseinheit nach einem intensiven Tag die Wiederherstellung des Körpers, da der entspannte Muskeleinsatz im Gegensatz zu totaler körperlicher Inaktivität die Glutaminsynthese stimuliert. Ist Glutamin nach dem Training nur reduziert verfügbar, kann dies bereits ein Anzeichen von Überanstrengung sein. Steht, wie zu Zeiten intensiven Trainings oder bei Wettkämpfen, nicht genug Zeit für die Regeneration des Körpers bereit, so kann sich die Wirkung vervielfachen: Übertrainierte Sportler können monate- oder teilweise jahrelang einen niedrigen Glutaminspiegel im Plasma aufweisen. Ein Mangel an Glutamin schränkt die Funktion des Darmepithels ein, erhöht das Risiko für Infektionen und Allergien und verlangsamt die Wundheilung. Davon betroffen sind vor allem Ausdauersportler wie zum Beispiel Marathonläufer.

Daher kann eine Supplementierung mit Glutamin bei Ausdauersportlern angebracht sein: Dies kann das Darmepithel unterstützen und das Immunsystem stimulieren, was wiederum die Gefahr von Infektionen verringert.

Medizinische Relevanz

In vielen Fällen scheint Glutamin also ein essentieller Nährstoff zu sein. Besonders während außerordentlicher Belastungen, zum Beispiel bei Infektionen oder Verwundungen, kann sich der Bedarf an Glutamin auf das bis zu Drei- oder Vierfache des normalen Verbrauchs erhöhen. Darauf reagiert die Muskulatur, indem sie das gespeicherte L-Glutamin für die Verwendung an anderer Stelle freisetzt. Wenn die Belastung nicht zu lange anhält, stellen sich die Glutaminspiegel in der Muskulatur schnell wieder her.

Bei langfristigem metabolischen Stress wie zum Beispiel bei einer chronischen Infektion ist der Bedarf an L-Glutamin aber sehr hoch – die Verfügbarkeit von L-Glutamin kann dann unzureichend sein. Dies wiederum kann eine Beschädigung der Muskulatur oder eine Immunschwäche nach sich ziehen. Hinzu kommt, dass bei Stress und Unterernährung die Aufnahme von Glutamin im Dünndarm drastisch abnimmt. Wenn dann die Darmflora dysbiotisch oder beschädigt ist, kann der Glutaminmangel drastische Formen annehmen. Bei einem Krankenhausaufenthalt oder Operationen kann dies zu ernsthaften Komplikationen führen.

Glutamin kann unter anderem bei folgenden Indikationen eingesetzt werden:

Wundgenesung

Für eine gute Wundheilung ist Glutamin sehr wichtig. Patienten mit schweren Verletzungen wie Brandwunden oder in geschwächter Verfassung nach einer Operation benötigen besonders viel Glutamin, da bei der Wundgenesung auch eine erhöhte Zellteilung sowie

DNA- und Eiweißsynthese stattfindet. Fibroblasten, Makrophagen und Lymphozyten haben einen hohen Bedarf an Glutamin.

Immundefekte

Bei Patienten mit Immundefekten ist Glutamin notwendig für ein optimales Funktionieren der Immunzellen (Monozyten, Lymphozyten und Neutrophile). Obendrein verbessert Glutamin die Barrierefunktion des Darms, was das Risiko sekundärer Infektionen verringert. In Bezug auf diverse klinische Parameter scheint das Hinzufügen von Glutamin zur parenteralen Ernährung bei Patienten auf der Intensivstation fast immer einen günstigen Effekt zu haben. Glutaminsupplementierung scheint ebenso eine nützliche Intervention zu sein, um eine Sepsis und ein Multiorganversagen zu verhindern oder zu behandeln. Eine Supplementierung mit Glutamin kann deshalb nicht nur die Dauer des Krankenhausaufenthaltes, sondern auch das Sterberisiko als Folge postoperativer infektiöser Komplikationen verringern.

Chemo- und Strahlentherapie

Glutamin scheint die Nebenwirkungen bei der Chemo- und Strahlentherapie bei Krebspatienten zu reduzieren. Diese Patienten haben häufig Symptome einer Schleimhautdestruktion: So sind Entzündungen im Mund, eine erhöhte Permeabilität im Darm und Pilzinfektionen eher die Regel als die Ausnahme. Die Einnahme von Glutamin in signifikanten Mengen (5–10 Gramm) scheint diese Symptome größtenteils verhindern zu können.

Nicht-toxische Tumorthherapie

Glutamin wird außerdem auch in der nicht-toxischen Tumorthherapie verwendet. Tumorzellen können quasi als „Glutaminfallen“ betrachtet werden: Diese Zellen sorgen immer für eine Sättigung ihres Glutaminbedarfs. Krebspatienten leiden deshalb meistens an einem Glutaminmangel. Dies kann das Immunsystem schwächen, sodass der Tumor sich diesem entziehen kann und folglich das Risiko von Metastasen zunimmt. Eine Glutaminsupplementierung scheint die zelluläre Immunfunktion zu stimulieren, ohne dass das zusätzliche Glutamin das Tumorwachstum anregen würde.

Erhöhte Permeabilität des Darms und entzündliche Darmkrankheiten

Der Darm muss Nährstoffe aufnehmen, aber auch viele belastende Substanzen und Mikroben abwehren können. Glutamin spielt hierbei eine wichtige Rolle, da es die Darmbarriere verstärkt. Glutamin ist ebenso wichtig für die kontinuierliche Rekonstruktion schnell teilender Zellen des Darmepithels, insbesondere des Dünndarms. Diese Zellen regenerieren sich vollständig alle drei bis vier Tage. Wie groß die Bedeutung von Glutamin für das Darmepithel ist, illustriert die Tatsache, dass 40 % des gesamten Glutaminverbrauchs im Darm stattfindet.

Bei einem Glutaminmangel können Darmepithelien atrophieren, was nicht nur zu einer verringerten Absorption von Nährstoffen führt, sondern möglicherweise auch zu einer erhöhten Permeabilität des Darmepithels. Die Darmepithelien nutzen Glutamin aus einem ganz bestimmten Grund als Energiequelle: Die Aufspaltung von Glutamin setzt Stickstoff und Kohlenstoff frei. Diese Stoffe kommen sodann bei der Zellteilung zum Einsatz, um exakte Kopien der DNA zu bilden. Gerade schnell teilende Zellen sind empfindlich für Fehler bei der Vervielfältigung der DNA, was Mutationen und damit Krankheitsbilder wie Krebs entstehen lassen kann. Die Einnahme von zusätzlichem Glutamin scheint deshalb auch eine wichtige präventive Funktion zu haben: Sie kann der Entwicklung von Darmkrebs und

Krankheitsbildern wie Morbus Crohn oder Colitis Ulcerosa vorbeugen. So zeigt zum Beispiel eine aktuelle Studie mit Versuchstieren mit Colitis, dass eine Supplementierung mit Glutamin die Bildung von Narbengewebe verhindert. Narbengewebe ist eine unumkehrbare Folge von Darmentzündungen und kann zu Verengungen und Funktionsverlust des Darms führen.

Bei Patienten, die enterale oder parenterale Nahrung erhalten, beschleunigt Glutamin die Genesung, was mit ziemlicher Sicherheit auf seiner positiven Wirkung auf die Darmmukosa, der Verringerung der Permeabilität des Darmepithels und/oder auf der Prävention von S-IgA-Schwund beruht.

Sicherheit

Generell gilt der Gebrauch von L-Glutamin als ausgesprochen sicher. Gesunde Erwachsene vertragen Dosierungen von 20–30 Gramm ohne Nebenwirkungen. In Untersuchungen traten auch bei Athleten, die über einen Zeitraum von 14 Tagen täglich 28 Gramm Glutamin einnahmen, keine negativen Wirkung auf. Tagesdosierungen von 0,65 Gramm/Kilo Körpergewicht werden von Patienten gut vertragen und haben keinen abweichenden Ammoniakspiegel zur Folge. Bei Menschen, die Diabetesmedikamente einnehmen, ist angesichts der Wirkung der Glutaminsupplementierung auf die Insulinsekretion jedoch Vorsicht geboten.

Manche Menschen reagieren überempfindlich auf Glutamat (MSG, D261), das Natriumsalz der Glutaminsäure, das als Geschmacksverstärker in vielen Instantgerichten zum Einsatz kommt. Wissenschaftliche Untersuchungen konnten diese vermeintliche Empfindlichkeit noch nicht klären. Unter dem Namen Ve-Tsin wird MSG in einigen Restaurants überreichlich eingesetzt. Menschen, die auf diesen Geschmacksverstärker überempfindlich reagieren, haben das sogenannte „China-Restaurant-Syndrom“: Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel, Herzklopfen, kalter Schweiß, Bauchschmerzen, Rötungen und andere Symptome können beim Verzehr solcher Speisen auftreten. Möglich ist, dass diese Menschen auch auf die Supplementierung mit L-Glutamin auf die gleiche Art reagieren.

Indikationen

- Chronische Infektionen
- Intensive Sportausübung
- Glutathionsynthese
- Immunschwäche (u. a. durch AIDS)
- Entzugserscheinungen bei Alkoholismus und Süchten im Allgemeinen
- Gastritis
- Geschwüre in Magen und Duodenum (auch Colitis ulcerosa)
- Motorische und sensorische Überreizung
- Komplementäre Therapie bei Chemo- und Radiotherapie
- Leaky-Gut-Syndrom
- Metabolische Reprogrammierung

Kontraindikationen

In der angegebenen Dosierung sind in Bezug auf L-Glutamin keine Kontraindikationen bekannt.

Nebenwirkungen

Soweit bekannt, verursacht L-Glutamin in der angegebenen Dosierung keine Nebenwirkungen.

Interaktion

Interaktionen mit schulmedizinischen oder heilkundigen Arzneien sind möglich. Konsultieren Sie diesbezüglich einen Fachmann.

Anwendung

Die übliche Tagesdosierung von L-Glutamin liegt zwischen 5–10 Gramm pro Tag. Besser ist, die Menge in mehrere kleine Portionen zu unterteilen und über den Tag verteilt einzunehmen.

Um die Konkurrenz mit anderen Aminosäuren zu vermeiden, ist anzuraten, Glutamin mindestens eine halbe Stunde vor der Mahlzeit einzunehmen. Die Dosierung kann nach Bedarf oder in Bezug auf das jeweilige Krankheitsbild angepasst werden.

Glutamin ist hitzeempfindlich. Rühren Sie es deshalb nicht in heiße Getränke.

Literatur

1. van der Hulst RR, von Meyenfeldt MF, Soeters PB: Glutamine: an essential amino acid for the gut. *Nutrition*. 1996; 12(11-12 Suppl): 578-81.
2. Ziegler TR, et al.: Glutamine: from basic science to clinical applications. *Nutrition*. 1996; 12 (11-12 Suppl): 568-70.
3. Kelly D, Wischmeyer PE: Role of L-glutamine in critical illness: new insights. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2003, 6(2): 217-22.
4. Miller AL: Therapeutic considerations of L-glutamine: a review of the literature. *Altern Med Rev*. 1999; 4(4): 239-48.
5. L-glutamine. *Altern Med Rev*. 2001; 6(4): 406-10.
6. Turton MD, et al.: A role for glucagon-like peptide-1 in the central regulation of feeding. *Nature* 379, 1996: 69-72.
7. Doyle ME, Egan MJ: Glucagon-Like Peptide-1. *Recent Progress in Hormone Research* 2001; 56:377400.
8. Reimann F, et al.: Glutamine potently stimulates glucagon-like peptide1 secretion from GLUTag cells. *Diabetologia*. 2004 Sep; 47(9): 1592-601.
9. Holst JJ: The Physiology of Glucagon-like Peptide 1. *Physiol Rev* 2007; 87(4) : 1409-39.
10. Greenfield JR, et al.: Oral glutamine increases circulating glucagon-like peptide 1, glucagon, and insulin concentrations in lean, obese, and type 2 diabetic subjects. *Am J Clin Nutr*, 2009; 89(1): 106-13.
11. Alpers DH: Glutamine: Do the data support the cause for glutamine supplementation in humans? *Gastroenterology*. 2006; 130 (2 Suppl 1): 106-16.
12. Ziegler TR, et al.: Trophic and cytoprotective nutrition for intestinal adaptation, mucosal repair, and barrier function. *Annu Rev Nutr*. 2003; 23: 229-61.
13. Santora R, Kozar RA: Molecular mechanisms of pharmaconutrients. *JSurg Res*. 2010 Jun 15; 161(2): 288-94. PMID: 20080249.
14. Nose K, et al.: Glutamine prevents total parenteral nutrition-associated changes to intraepithelial lymphocyte phenotype and function: a potential mechanism for the preservation of epithelial barrier function. *J Interferon Cytokine Res*. 2010 Feb;30(2): 67-80. PMID: 20028208.

15. Ban K, Kozar RA: Glutamine protects against apoptosis via downregulation of Sp3 in intestinal epithelial cells. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2010 Dec; 299(6): 1344-53.
16. San-Miguel B, et al.: Glutamine prevents fibrosis development in rats with colitis induced by 2,4,6- trinitrobenzene sulfonic acid. *J Nutr.* 2010 Jun; 140(6): 1065-71.
17. Newsholme P, et al.: Glutamine and glutamate as vital metabolites. *Braz J Med Biol Res.* 2003; 36(2): 153-63.
18. Andrews FJ, Griffiths RD: Glutamine: essential for immune nutrition in the critically ill. *Br J Nutr.* 2002; 87 Suppl 1: 53-8.
19. Calder PC, Newsholme P: Glutamine and the immune system. In: Calder PC, Field CJ, Gill HS, editors. *Nutrition and immune function* CAB International; 2002. 109-32.
20. Wilmore DW, Shabert JK. Role of glutamine in immunologic responses. *Nutrition.* 1998; 14(78): 618-26.
21. Rogero MM, et al.: Effects of glutamine on the nuclear factor-kappaB signaling pathway of murine peritoneal macrophages. *Amino Acids.* 2010 Jul; 39(2): 435-41. PMID: 20094742.
22. Castell LM: Can glutamine modify the apparent immunodepression observed after prolonged, exhaustive exercise? *Nutrition.* 2002; 18(5): 371-5.
23. Gleeson M: Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and Sport training. *J Nutr.* 2008 Oct; 138(10): 20455-20495. PMID: 18806122.
24. Agostini F, Biolo G: Effect of physical activity on glutamine metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010 Jan; 13(1): 58-64. PMID: 19841583.
25. Shabert JK, Wilmore DW: Glutamine deficiency as a cause of human immunodeficiency virus wasting. *Med Hypotheses.* 1996; 46(3): 252-6.
26. Weitzel LR, Wischmeyer PE: Glutamine in critical illness: the time has come, the time is now. *Crit Care Clin.* 2010 Jul; 26(3): 515-28. PMID: 20643304.
27. Weitzel LR, Wischmeyer PE: Glutamine in critical illness: the time has come, the time is now. *Crit Care Clin.* 2010 Jul; 26(3): 515-28. PMID: 20643304.
28. Wang Y, et al.: The impact of glutamine dipeptide-supplemented parenteral nutrition on outcomes of surgical patients: a meta-analysis of randomized clinical trials. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2010 Sep-Oct; 34(5):521-9.
29. van den Berg A, et al.: Glutamine-enriched enteral nutrition in very-low-birth-weight infants and effects on feeding tolerance and infectious morbidity: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2005Jun; 81(6): 1397-404. PMID: 15941893.
30. van Zwol A, Moll HA, Fetter WP, van Elburg RM: Glutamine-enriched enteral nutrition in very low birthweight infants and allergic and infectious diseases at 6 years of age. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 2011 Jan; 25(1): 60-6. PMID: 21133970.
31. He Y, Hakvoort TB, Köhler SE, et al.: Glutamine synthetase in muscle is required for glutamine production during fasting and extrahepatic ammonia detoxification. *J Biol Chem.* 2010 Mar 26; 285(13): 9516-24.
32. De-Souza DA, Greene U: Intestinal permeability and systemic infections in critically ill patients: effect of glutamine. *Crit Care Med.* 2005, 33(5): 1125-35.
33. Ziegler TR: Glutamine supplementation in cancer patients receiving bone marrow transplantation and high dose chemotherapy. *J Nutr.* 2001; 131 (9 Suppl): 25785-845; discussion 25905.
34. Medina MA.: Glutamine and cancer. *J Nutr.* 2001; 131 (9 Suppl): 25395-425; discussion 25505-15.

- 35.Ockenga J, et al.: Glutamine-enriched total parenteral nutrition in patients with inflammatory bowel disease. Eur J Clin Nutr. 2005; 59(11):1302-9.
- 36.Garlick P: Assessment of the safety of glutamine and other amino acids. J Nutr. 2001; 131 (9 Suppl): 25565-61S.

Dr.med.Friedrich R.Douwes

Facharzt für innere Medizin/Onkologisch verantwortlicher Arzt

Medikamentöse Tumortherapie/Ärztlicher Direktor