

## **Parenterale Ernährung**

Eine künstliche Ernährung ist dann notwendig, wenn ein Mensch oral nicht mehr ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden kann. Erfahrungen zeigen, dass mit der künstlichen Ernährung begonnen werden sollte, wenn der tägliche Energiebedarf nur noch zu 75-80% gedeckt werden kann. Dies entspricht im Mittel einem Defizit von ca. 500kcal täglich, das nicht dauerhaft behoben werden kann. Bei extremer Kachexie (BMI <16) kann auch bei möglicher oraler Ernährung eine Indikation zur künstlichen Ernährung bestehen.

Die Entscheidung, ob eine Ernährungstherapie notwendig ist, hängt vom Ernährungszustand des Betroffenen ab. Dieser lässt sich nach M. J. Müller (1993) durch statische und dynamische Kenngrößen charakterisieren: Statische Kenngrößen sind z. B. Körpergewicht, Körperzusammensetzung und klinisch-chemische Parameter; dynamische sind z. B. Gewichtsverlust, Stickstoffbilanz und Vitalkapazität. Für die klinische Diagnostik einer Mangelernährung können orientierend einfach messbare Formeln verwendet werden:

- Body mass index BMI = Gewicht / (Körpergröße<sup>2</sup>) in kg / m<sup>2</sup>
- Trizephshautfalte und Oberarmumfang
- Kreatinin-Höhen-Index (g Kreatininausscheidung / 24h x kg ideales Körpergewicht/cm Körpergröße)
- Serumalbumin und -transferrin
- Lymphozytenzahl im Differenzialblutbild

Eine gezielte Ernährungstherapie kann dazu beitragen, die Gesamtsituation des Organismus zu verbessern, die Regenerationskräfte zu stärken und den Wiederausbruch möglichst verhindern. Die Ausgangssituation zur medizinischen Therapie kann verbessert, Nebenwirkungen von toxischen Therapien können gemindert werden.

## **Klinische Folgen der Mangelernährung**

Eine Mangelernährung hat, unabhängig von ihrer Ursache, tiefgreifende metabolische und immunologische Beeinträchtigungen zur Folge. Diese verschlechtern die Prognose, vermindern ein Ansprechen auf eine spezifische Therapie, vermehren Komplikationen (z. B. bei Operationen), erhöhen Morbidität und Mortalität, reduzieren die Lebenserwartung und vermindern vor allem auch die Lebensqualität des Patienten. Die Tumorkachexie ist neben der Sepsis die zweithäufigste und bei ca. 20% der Krebspatienten die unmittelbare Todesursache.

Durch die erhöhte individuelle Komplikationsrate bei Mangelernährung wird die Dauer des stationären Aufenthaltes verlängert. Nach Reilly et al. liegen die Mehrkosten für den verlängerten Aufenthalt zwischen 2000 und 6000 € pro Patient. Die Autoren fordern daher eine frühzeitige Diagnostik und eine konsequente Therapie der Mangelernährung, um Komplikationen, Liegedauer und Kosten zu reduzieren.

## Indikationen zur künstlichen Ernährung

Die Indikation zur parenteralen Ernährung ist nur dann gegeben, wenn der Magen-Darm-Trakt nicht oder nur teilweise genutzt werden kann oder soll. In allen anderen Fällen ist grundsätzlich die enterale Ernährung vorzuziehen. Neben einer geringeren Komplikationsrate spricht für eine enterale Ernährung, dass die Nahrungspassage physiologisch verläuft.

Indikationen zur parenteralen Ernährung

|           | primäre Therapie   | supportive Therapie   |
|-----------|--|---|
| gesichert | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kurzdarmsyndrom</li><li>▪ akutes Nierenversagen</li><li>▪ Leberversagen</li><li>▪ enterokutane Fisteln</li><li>▪ Obstruktionen des Verdauungstraktes</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ akute Strahlenenteritis</li><li>▪ Enteritis durch Chemotherapie</li><li>▪ perioperativ</li><li>▪ schwere Traumen</li><li>▪ schwere Verbrennungen</li><li>▪ Tumor</li><li>▪ Sepsis</li><li>▪ Stoffwechselentgleisungen</li></ul> |
| fraglich  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ chronisch entzündliche Darmerkrankungen</li><li>▪ akute Pankreatitis</li><li>▪ Anorexia nervosa</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ chronische Pankreatitis</li><li>▪ exzessiver Proteinverlust</li><li>▪ Langzeitbeatmung mit Atonie</li></ul>   |

Tab. 1: nach Weimann, Bischoff, 2001

Die Indikation zur parenteralen Ernährung muss regelmässig überprüft werden, damit der Zeitraum der parenteralen Ernährung möglichst kurz gehalten werden kann. Häufig ist eine Kombination von enteraler und parenteraler Ernährung sinnvoll.

## Formen der parenteralen Ernährung

### 1. Partielle, nicht bedarfsdeckende parenterale Ernährung

Die partielle parenterale Ernährung wird bei vorübergehend unmöglicher oder insgesamt ungenügender, aber vorhandener enteraler Ernährung angewendet. Diese Form der künstlichen Ernährung kann auch indiziert sein, wenn der Gastrointestinaltrakt nur vermindert funktionsfähig ist. Bei Patienten mit Kurzdarmsyndrom können Fette und fettlösliche Vitamine parenteral gegeben werden. Für die partielle parenterale Ernährung kann für kurze Zeit (Tage bis zu 3 Wochen) ein periphervenöser Zugang oder (bei längerer Dauer) ein zentralvenöser Zugang benutzt werden. Bei periphervenösem Zugang sollte die Osmolarität der Nährlösung den Wert von 800 mosmol/Liter nicht wesentlich überschreiten.

### 2. Totale parenterale Ernährung (TPE)

Die totale parenterale Ernährung hat zum Ziel, den Patienten bedarfsdeckend mit Kohlenhydraten, Protein, Fett, Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen zu versorgen. Diese Form der künstlichen Ernährung ist über Jahre möglich.

Ist eine enterale Ernährung auch langfristig nicht möglich, sollte neben der parenteralen Ernährung zumindest versucht werden, die Darmzotten mit bis zu 250ml in 24 Stunden enteral zu ernähren, um die Mucosa-Struktur zu erhalten.

Gastraler Bolus: 5 x 50ml / 24 h = ca. 240 ml in 24 h

Kontinuierlich, gastral oder jejunal: ca. 10 ml / h = ca. 240 ml in 24 h

### 3. Keine Ernährungstherapie möglich

Patienten können Nährstoffe nur verwerten, wenn der Kreislauf stabil ist und ein Gleichgewicht im Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt vorliegt. Ansonsten müssen zunächst vorliegende Störungen und ihre Ursachen therapiert werden.

Kontraindikationen für eine Ernährungstherapie

- Akutphase einer Erkrankung
- Unmittelbar nach Operation oder Trauma
- Schock, Störungen der Mikrozirkulation
- Hypoxie;  $pO_2 < 50\text{mmHg}$
- Störungen des Säure-Basen-Haushaltes
  - Serum-Laktat  $> 3\text{-}4\text{ mmol}$
  - Azidose;  $pH < 7,2$ ;  $pCO_2 > 80\text{ mmHg}$
- Akute Stoffwechsellentgleisungen
- Ethische Aspekte

Tab. 2: nach Schmitt, 2002

### Standardregimes oder individuelle Rezepturen?

Bei der parenteralen Ernährung können Standardrezepturen, die an einen durchschnittlichen Bedarf adaptiert sind, oder individuelle Rezepturen, die den Bedarf des einzelnen Patienten berücksichtigen und im Therapieverlauf angepasst werden können, angewendet werden. Standardrezepturen werden in Fertigbeuteln von der Industrie angeboten (z. B. von medinal). In Deutschland werden Zwei- und Dreikammerbeutel angeboten. Sie enthalten zunächst getrennt Kohlenhydrate und Aminosäuren (Dreikammerbeutel zusätzlich Fette), denen unterschiedliche Mengen an Elektrolyten zugemischt werden können. Vor Gebrauch werden die Kammern miteinander verbunden und gemischt. Werden Einzelkomponenten verwendet – eher selten, da erheblicher Materialaufwand – wird die Mischung in einem „All-in-one-Beutel“ empfohlen. Bei korrekter Anwendung sind Standardbeutel durchaus sinnvoll einzusetzen, insbesondere bei kurzfristiger parenteraler Ernährung von eher unkomplizierten, z. B. postoperativen Patienten ohne primäre Stoffwechselerkrankungen. Es ist aber stets vom Anwender darauf zu achten, dass fehlende Komponenten, wie Vitamine, Mineralstoffe oder Spurenelemente nicht vergessen werden.

Gerade bei internistischen Patienten, bei denen eine künstliche Ernährung über Wochen bis Monate durchgeführt wird, ist eine individuell erstellte Rezeptur zu bevorzugen. Die Mischung sollte dabei stets durch einen Hersteller erfolgen (Fa. medinal), der höchsten Qualitätsanforderungen entspricht (z. B. sterile Werkbänke).

**Die wichtigsten Indikationen zur Erstellung einer individuellen Rezeptur sind:**

- Langzeiternährung (mehr als 7 Tage)
- ausgeprägte Kachexie (BMI < 17)
- schwere Stoffwechsellentgleisung (z. B. Diabetes mellitus)
- schwere Leberinsuffizienz
- Kurzdarmsyndrom
- dialysepflichtige Niereninsuffizienz
- chronisch-entzündliche Darmerkrankung im akuten Schub
- Mukoviszidose
- Sepsis / Multiorganversagen (wenn möglich mit enteraler Versorgung kombinieren)
- pädiatrische Patienten

Neben der klinischen Erfahrung lassen auch verschiedene Studien vermuten, dass Patienten mit obigen Indikationen von den Vorteilen einer individuellen Rezeptur profitieren. Bei der Auswahl müssen Pro und Contra den Standardrezepturen gegenüber individuellen Rezepturen gründlich abgewogen werden.

**Pro und Contra der Verwendung von Standardrezepturen**

| <b>Pro</b>  | <b>Contra</b>   |
|---|---|
| steril, lange Haltbarkeit                                   | individuelle Anpassung stark eingeschränkt  |
| einfache Zubereitung  | fehlende Komponenten (Fette, Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente) werden häufig vergessen |
| kostengünstig   | Risiko der Fehlernährung erhöht   |
| adäquat für Kurzzeiternährung von unkomplizierten Patienten | Möglichkeit der Stoffwechsellentgleisung bei Risikopatienten                                  |

Tab. 3: nach Weimann, Bischoff, 2001.

## Substrate der parenteralen Ernährung

### Hauptnährstoffe

|                      | Anteil an der Gesamtenergie | Zufuhr   |   |
|----------------------|-----------------------------|--|---|
|                      |                             | enteral  | parenteral  |
| Eiweiss, Aminosäuren | 15 – 20%                    | Eiweiss, Oligopeptide  | Aminosäuren, Dipeptide  |
| Kohlenhydrate        | 40 – 60%                    | Polysaccharide, Oligosaccharide, Disaccharide  | Glucose, Xylit, Glucose / Xylit-Mischungen  |
| Lipide               | 30 – 50%                    | langkettige Triglyceride (LCT) und Mischungen aus mittel- und langkettigen Triglyceriden (LCT / MCT) | langkettige Triglyceride, physikalische Mischungen aus lang- und mittelkettigen Triglyceriden, strukturierte Lipide |

Tab. 4: nach Schmitt, 2002.

### Proteine / Aminosäuren

Die Proteine werden im Gastrointestinaltrakt in Peptide und Aminosäuren gespalten und dort über die Mucosa resorbiert. Dieser Verdauungsvorgang ist bei der parenteralen Ernährung nicht möglich, so dass Eiweiss in Form von Aminosäuren infundiert werden muss. Aminosäuren sind in katabolen Stoffwechselsituationen unabdingbar für die Synthese visceraler Strukturproteine. Sie sind Vorläufer für Hormone, bilden Akute-Phase-Proteine, Transportproteine und Enzyme. Der Tagesbedarf beträgt 1 – 1,5 g/kg KG.

Die „klassische“ Unterteilung der Aminosäuren in essentielle und nicht essentielle Aminosäuren gilt als veraltet. Gerade beim katabolen Patienten besteht ein zusätzlicher Bedarf an Aminosäuren, deren Verbrauch im Stoffwechsel die endogene Neusynthese übersteigt. Diese Aminosäuren werden als konditional essentiell bezeichnet.

- Für den katabolen Patienten hat vor allem die Aminosäure Glutamin an Bedeutung gewonnen, da die Nachfrage die Neusynthese übersteigt. Glutaminverarmung kann unter anderem zu einer verstärkten Atrophie der Darmmucosa, zur Beeinträchtigung des zellulären Immunsystems, zur Einschränkung der intrazellulären Proteinsynthese, zur Einschränkung der Entsorgung von Säureüberschuss durch die Niere und zu einem verminderten Zellschutz durch Glutathion kommen.
- Patienten mit Niereninsuffizienz benötigen aufgrund der besonderen Stickstoffbelastung Aminosäuregemische mit einem hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren, v.a. an Histidin.
- Für Patienten mit Leberinsuffizienz gibt es spezielle Lösungen (Hepar-Lösungen) mit einem hohen Anteil (bis zu 45%) an verzweigt-kettigen Aminosäuren. Da sie sowohl die bei Leberinsuffizienz vermehrt anfallenden aromatischen Aminosäuren als auch das Methionin von der Blut-Hirn-Schranke verdrängen wird ein

hirnprotektiver Effekt angenommen. Es besteht Konsens darin, dass Hepar-Lösungen nur bei manifesten hepatischen Enzephalopathien angewendet werden.

- Für Patienten mit Lebenkoma stehen sogenannte „Komalösungen“ zur Verfügung. Sie enthalten nur verzweigt-kettige Aminosäuren und Ammoniak-senkende Substanzen wie Arginin oder Malat. Da alle restlichen Aminosäuren fehlen, setzt man sie nur kurzfristig (1-2 Tage) bei akutem Leberversagen ein.

## **Kohlenhydrate**

Die wichtigste Aufgabe der Kohlenhydrate im Stoffwechsel ist die Bereitstellung von Energie. Für das ZNS, die blut-bildenden Zellen und die Tubuluszellen der Niere ist Glucose der obligate Energielieferant. Alle anderen Gewebe können auch aus Fettsäuren und Ketonkörpern Energie gewinnen.

Die Gabe von maximal 5 g / kg KG sollte möglichst nicht überschritten werden. Ansonsten besteht die Gefahr der Entwicklung einer Fettleber.

Neben der Glucose steht der Zuckeralkohol Xylit als geeignetes Substrat zur Verfügung. Xylit wird insulinunabhängig von der Leber entweder zu Glucose umgewandelt oder als Glykogen gespeichert. Beim Abbau zu Glucose muss die Leber keine Energie investieren – sie gewinnt sogar ATP. Somit stellt der Xylitabbau eine energetisch attraktive Alternative zum energieverbrauchenden Umbau von Aminosäuren zu Glucose dar. Stehen der Leber Aminosäuren und Xylit oder ein Gemisch aus Glucose und Xylit zur Verfügung, wird sie zunächst Xylit zur Gluconeogenese verwenden – die Aminosäuren können dann anabol genutzt werden. Man nennt dies den „Stickstoff sparenden Effekt“ des Xylit.

Es besteht in Fachkreisen Einigkeit darüber, dass eine unter parenteraler Ernährung auftretende Erhöhung der Serumglukose zunächst zu einer Reduktion der Glukosezufuhr führen sollte. Ein Spiegel bis etwa 14 mmol/l (250 mg%) kann vorübergehend toleriert werden. Eine parallele Zufuhr von Insulin sollte möglichst vermieden werden, da sie zwar zur Normalisierung des Blutzuckerspiegels führt, energetisch jedoch keine Vorteile bietet.

## **Fette**

Fette liefern nicht nur Energie, ihnen kommt auch eine Rolle als Träger fettlöslicher Vitamine zu. Lange wurde den Fetten im Bereich der parenteralen Ernährung keine Bedeutung beigemessen, da auch im Kataboliestoffwechsel von ausreichenden Fettdepots ausgegangen wurde. Heute weiss man, dass gerade in pathologischen Stoffwechselsituationen vermehrt Fette zur Energiegewinnung herangezogen werden. Vor allem bei langfristiger künstlicher Ernährung sind die Fette ein notwendiger Bestandteil. Der Tagesbedarf liegt bei 1-1,5g/kg KG.

Bei den Fetten unterscheidet man je nach Anzahl der Kohlenstoffatome kurz- und mittelkettige, sowie langkettige Fettsäuren. Die Auswahl der langkettigen Fettsäuren ist in letzter Zeit vermehrt in die Diskussion gekommen. In den letzten Jahrzehnten waren die Lipidemulsionen meist reich an mehrfach ungesättigten n-6 Fettsäuren. Diese scheinen allerdings aufgrund ihrer vielen Doppelbindungen stark zur Peroxidation zu neigen, was sich suppressiv auf das Immunsystem auswirken und Entzündungsreaktionen fördern kann. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, dass die Hersteller Fettemulsionen mit einem hohen Anteil an einfach ungesättigten n-9-Fettsäuren entwickelt haben. Die Ölsäure wirkt sich neutral auf den Stoffwechsel aus, das heisst, sie wirkt weder immunsuppressiv noch proinflammatorisch.

Der Vorteil von mittelkettigen Fettsäuren (MCT) im Vergleich zu den LCT liegt in der erleichterten Resorption und der günstigeren energetischen Verfügbarkeit. Allerdings fand sich in klinischen Studien bisher noch kein energetischer Vorteil für den Patienten. Eine abschliessende Bewertung der MCT/LCT-Gemische bleibt noch offen, wobei ihnen in der klinischen Praxis häufig der Vorzug gegeben wird.

Unter strukturierten Lipiden versteht man speziell angereicherte Fettemulsionen. Hier finden auch MCT und Omega-3-Fettsäuren ihren Einsatz. Die Omega-3-Fettsäuren, die normalerweise hauptsächlich in Fischöl vorkommen, sind Ausgangssubstanz für die Bildung von Eicosanoiden (Gewebehormonen), wie z. B. Prostaglandin E3 und Leukotrien B5. Diese Gewebehormone hemmen die Aggregation der Thrombozyten, vermindern die Blutviskosität und unterdrücken entzündliche Prozesse. Sie stellen die Gegenspieler zu den Eicosanoiden dar, die aus den Omega-6-Fettsäuren gebildet werden und eher gegenläufige Wirkung haben. Deshalb ist ein Verhältnis von n-3 : n-6 = 1 : 5 anzustreben.

Auch scheinen die Omega-3-Fettsäuren wichtige Abwehrprozesse zu fördern, wie z. B. eine verbesserte T-Zellfunktion, die Aktivität der NK-Zellen und die IL-1-Produktion durch Makrophagen.

Auch bei den strukturierten Lipiden steht eine abschliessende Bewertung noch aus. Die genauen Indikationen, insbesondere unter dem Aspekt der höheren Kosten, bedürfen noch weitere Klärung.

### „Neue“ Substrate mit speziellen Funktionen (Immunonutrition)

Die Ergebnisse interdisziplinärer Forschung haben gezeigt, dass bestimmte Substrate Wirkungen haben, die über rein nutritive Aspekte hinausgehen. Die Bestrebungen gehen dahin, die Wirkungen noch besser zu erforschen, um sie gezielt therapeutisch einsetzen zu können.

Mit einer Supplementierung werden folgende Ziele verfolgt:

- Eingreifen in die Entzündungskaskade
- Beeinflussung metabolischer Abläufe
- Stimulation des Immunsystems

| Substrat | Stoffklasse                    | Funktion  | Wirkung   |
|----------|--------------------------------|---|---|
| Glutamin | bedingt essentielle Aminosäure | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stickstofflieferant</li> <li>▪ Energiesubstrat für Zellen mit hoher mitotischer Aktivität</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigerung der Proteinsynthese</li> <li>▪ Steigerung / Erhalt der Immunantwort</li> <li>▪ Stabilisierung der Mukosabarriere</li> </ul> |
| Arginin  | bedingt essentielle Aminosäure | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stickstofflieferant</li> <li>▪ Steigerung der zytolytischen Aktivität der Killerzellen</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigerung der Proteinsynthese</li> <li>▪ Aktivierung der natürlichen Killerzellen</li> </ul>  |
| Glyzin   | bedingt essentielle Aminosäure | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ verhindert u.a. den Kalziumeinstrom in die Zellen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ antiinflammatorische Zellprotektion</li> </ul>   |

|                    |   |  |   |
|--------------------|---|--|---|
| Omega-3-Fettsäuren | langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäure | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ vermehrte Bildung von weniger inflammatorisch wirksamen Prostaglandinen und Leukotrienen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beeinflussung der inflammatorischen Reaktion</li> <li>▪ Verbesserung der T-Zell-Funktion</li> <li>▪ Aktivierung natürlicher Killerzellen</li> <li>▪ Aktivierung von Makrophagen</li> </ul> |
| Omega-9-Fettsäuren | langkettige einfach ungesättigte Fettsäure  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ immunologisch und inflammatorisch neutral</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kaum Einfluss auf Immunsystem oder inflammatorische Prozesse</li> </ul>  |
| Nukleotide         | wichtige Bestandteile von DNS und RNS       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stimulation der Zellproliferation und -differenzierung</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verbesserung der T-Zell-abhängigen Immunantwort</li> </ul>   |
| Vitamine C und E   | Vitamine                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antioxidanzien</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ antiinflammatorisch</li> <li>▪ Radikalfänger</li> </ul>  |

Tab. 5: nach Schmitt, 2002.

## Elektrolyte

Insbesondere bei längerfristiger künstlicher Ernährung sind Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Phosphat kontroll- und substituitionsbedürftig. Bei der Zusammenstellung des Infusionsschemas ist zu beachten, ob Kohlenhydratlösungen mit oder ohne Elektrolytzusatz zur Anwendung kommen. Auch Aminosäurelösungen können bereits Elektrolytlösungen enthalten, weshalb der Bedarf an Zusätzen dann reduziert werden kann. Besondere Elektrolytdysbalancen der jeweiligen Grunderkrankung sollten berücksichtigt und regelmässig kontrolliert werden, z. B. eine Hyperkaliämie bei chronischer Niereninsuffizienz.

| Elektrolyt | täglicher Bedarf pro kg Körpergewicht |                      |
|------------|---------------------------------------|----------------------|
|            | stoffwechselstabiler Patient          | akut kranker Patient |
| Natrium    | 0,5 – 1,5 mmol                        | 1,0 – 1,5 mmol       |
| Kalium     | 0,3 – 1,0 mmol                        | 0,5 – 1,0 mmol       |
| Phosphat   | 0,2 – 0,6 mmol                        | 0,5 – 1,0 mmol       |
| Magnesium  | 0,1 – 0,3 mmol                        | 0,1 – 0,3 mmol       |
| Calcium    | 0,1 – 0,3 mmol                        | 0,1 – 0,3 mmol       |

Tab. 6: nach Schmitt, 2002.

Die tatsächliche Elektrolytzufuhr richtet sich nach dem Standardbedarf und den aktuellen Laborwerten. Dabei ist zu beachten, dass nicht nur Natrium und Kalium im Serum bestimmt werden, sondern auch Calcium, Magnesium und Phosphat.

## Vitamine

Früher glaubte man, dass eine Vitaminsupplementierung aufgrund der vorhandenen Körperspeicher nur bei längerfristig durchgeführter parenteraler Ernährung erforderlich ist, wobei Mangelercheinungen häufig nur sehr schwer zu diagnostizieren sind. Heute wird eine frühzeitige Supplementierung gefordert, davor allem die Vitamine A, C und E mit ihrer antioxidativen Wirkung bei der Behandlung von SIRS und Sepsis an Bedeutung gewonnen haben. Da bisher nur wenige klinische Daten über den Vitaminspiegel bei SIRS und Sepsis vorliegen, kann über einen erhöhten Bedarf nur spekuliert werden.

Im Gegensatz zu den Elektrolyten wird die parenterale Zufuhr von Vitaminen in der Regel standardisiert durchgeführt, weil geeignete Methoden zur laborchemischen Kontrolle von Serumkonzentrationen nicht zur Verfügung stehen oder sehr aufwendig sind. Zur Zeit gelten die Standardempfehlungen, wie in Tabelle 7 dargestellt. Bei Patienten mit Niereninsuffizienz wird die Zufuhr gegenüber der empfohlenen Standarddosierung halbiert.

| Vitamin                             | DGEM / AKE *          | AMA / FDA **     |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------|
| wasserlösliche Vitamine             |                       |                  |
| Vitamin B <sub>1</sub> (Thiamin)    | 3 – 4 mg              | 2,70 – 3,75 mg   |
| Vitamin B <sub>2</sub> (Riboflavin) | 3 – 5 mg              | 3,24 – 4,50 mg   |
| Vitamin B <sub>6</sub> (Pyridoxin)  | 4 – 6 mg              | 3,6 – 5,0 mg     |
| Niacin                              | 40 – 50 mg            | 36 – 50 mg       |
| Pantothensäure                      | 10 – 20 mg            | 13,50 – 18,75 mg |
| Biotin                              | 60 – 120 µg           | 54 – 75 µg       |
| Folsäure                            | 160 – 400 µg          | 360 – 500 µg     |
| Vitamin C (Ascorbinsäure)           | 100 – 300 µg          | 90 – 125 µg      |
| Vitamin B <sub>12</sub> (Cobalamin) | 1000 µg alle 3 Monate | 4,50 – 6,25 µg   |
| fettlösliche Vitamine               |                       |                  |
| Vitamin A (Retinolpalmitat)         | 1800 µg               | 2970 – 4125 I.E. |
| Vitamin E (α-Tocopheroläquivalente) | 20 – 40 mg            | 9,0 – 12,5 I.E.  |
| Vitamin D (Cholecalciferol)         | 5 µg                  | 180 – 250 I.E.   |
| Vitamin K (Phytomenadion)           | 100 – 150 µg          | Nicht empfohlen  |

Tab. 7: nach Schmitt, 2002.

\* Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM),  
Arbeitsgemeinschaft für klinische Ernährung Österreich (AKE)

\*\* American Medical Association (AMA)  
Food and Drug Administration (FDA)

## Spurenelemente

Bei den Spurenelementen kommt vor allem der Substitution von Zink (Wundheilung, Immunsystem) und in letzter Zeit Selen (Antioxidans) eine besondere Bedeutung zu. Auch für die tägliche Zufuhr von Spurenelementen gelten derzeit die Standardempfehlungen der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für klinische Ernährung (DAKE). Eine Zufuhr gemäss dieser Empfehlung garantiert die Vermeidung von Mangelerscheinungen, die zu irreversiblen und schweren Störungen führen können. Katabole Patienten benötigen von Anfang an ausreichend Spurenelemente.

| Spurenelement | empfohlene Zufuhr |              |
|---------------|-------------------|--------------|
|               | µmol              | mg           |
| Eisen         | 10 – 75           | 0,55 – 4,0   |
| Zink          | 21 – 75           | 1,4 – 4,9    |
| Kupfer        | 7 – 23            | 0,5 – 1,5    |
| Jod           | 0,8 – 1,2         | 0,1 – 0,15   |
| Mangan        | 3 – 14            | 0,15 – 0,8   |
| Fluor         | 49                | 0,9          |
| Chrom         | 0,2 – 0,3         | 0,01 – 0,015 |
| Selen         | 0,25 – 0,8        | 0,02 – 0,06  |
| Molybdän      | 0,2               | 0,02         |

Tab. 8: nach Schmitt, 2002.

## Energie- und Substratbedarf

Beim stoffwechselstabilen Patienten ist die Verwertung der Nährstoffe normal, so dass der Energiebedarf in Ruhe nach der Harris-Benedict-Formel berechnet werden kann. (REE = Resting Energy Expenditure)

Frauen: REE (kcal / d):  $665 + 9,46 \times (\text{KG}) + 1,86 \times (\text{KL}) - 4,68 \times (\text{Alter})$

Männer: REE (kcal / d) :  $66,47 + 13,75 \times (\text{KG}) + 5 \times (\text{KL}) - 6,76 \times (\text{Alter})$

Tab. 9: nach Schmitt, 2002. (KG = Körpergewicht, KL = Körperlänge)

Der nach dieser Formel ermittelten REE muss mit einem individuell festzulegenden Aktivitätsfaktor bzw. Stressfaktor multipliziert werden, um den tatsächlichen gesamten Energieverbrauch zu ermitteln. Dieser Faktor variiert bei der totalen parenteralen Ernährung zwischen 1,0 und 1,8. Der Richtwert für Patienten mit durchschnittlicher Stoffwechselaktivität ohne Fieber und bei leichter körperlicher Arbeit liegt bei 1,5. Werte grösser als 1,5 werden selten angesetzt. Bei Fieber oder Sepsis steigt der Energieumsatz aufgrund der erhöhten Stoffwechselaktivität (Aggressionsstoffwechsel), gleichzeitig sinkt aber in der Regel die Stoffwechselkapazität, weshalb dann meist eine reduzierte Energiezufuhr (Faktor = 1,2 oder 1,3) empfohlen wird. Bei eingeschränkter körperlicher Tätigkeit (z. B. Bettlägerigkeit, Sedierung, künstliche Beatmung) sollte der Wert ebenfalls unter 1,5 reduziert werden. Werte < 1,0 führen zwangsläufig zur Katabolie und sollten deshalb

nach Möglichkeit vermieden werden. Je nach Laborwerten und anthropometrischen Daten muss der Faktor regelmässig angepasst werden.

Einfache alternative Faustregel:

|                    |   |
|--------------------|---|
| mobile Patienten   | 30 – 35 kcal / kg Körpergewicht und Tag |
| immobile Patienten | 25 kcal / kg Körpergewicht und Tag      |

Tab. 10: nach Schmitt, 2002.

(Angaben beziehen sich auf das Ist-Gewicht bei normalem Hydratationsstatus)

### Substratzufuhr – Zusammenfassung

| Substrat       | Menge pro kg Körpergewicht   |                      |
|----------------|------------------------------|----------------------|
|                | Stoffwechselstabiler Patient | akut kranker Patient |
| Energie        | 15 – 35 kcal                 | 25 – 30 kcal         |
| Glucose        | 4 – 5 g                      | 3 – 5 g              |
| Fett           | 0,5 – 2 g                    | 0,5 – 1,5 g          |
| Aminosäuren    | 0,5 – 1,5 g                  | 0,5 – 2,0 g          |
| Flüssigkeit    | 20 – 40 ml                   | 20 – 40 ml           |
|                |                              |                      |
| Natrium        | 0,5 – 1,5 mmol               | 1,0 – 1,5 mmol       |
| Kalium         | 0,3 – 1,0 mmol               | 0,5 – 1,0 mmol       |
| Phosphat       | 0,2 – 0,6 mmol               | 0,5 – 1,0 mmol       |
| Magnesium      | 0,1 – 0,3 mmol               | 0,1 – 0,3 mmol       |
| Calcium        | 0,1 – 0,3 mmol               | 0,1 – 0,3 mmol       |
|                |                              |                      |
| Vitamine       | bedarfsdeckend               |                      |
| Spurenelemente | bedarfsdeckend               |                      |

Tab. 11: nach Schmitt, 2002.

Der Stoffwechsel des akut kranken Patienten wird von Stresshormonen und entsprechenden Stoffwechselmediatoren beherrscht. In der Akutphase (Ebbphase), die bis zu 24 Stunden dauern kann, benötigt der Patient nur Flüssigkeit und Elektrolyte. An die Akutphase schliesst sich die mehrere Tage dauernde Übergangsphase (Flowphase) an. In dieser Zeit oxidiert der Mensch hormonell bedingt Lipide besser als Glucose, d.h. mit der Zufuhr von Fett sollte so früh wie möglich begonnen werden.

Die Menge der zugeführten Nährstoffe darf die Kapazität des Patienten zur Verwertung und Oxidation nicht überschreiten. Um dies sicherzustellen hat v.a. beim

schwerkranken Patienten ein regelmässiges Monitoring zu erfolgen. Die folgende Tabelle 12 gibt Grenzwerte an für die Blutwerte der Makronährstoffe oder ihrer Stoffwechselmetaboliten.

| <b>Makronährstoff</b>                          | <b>Grenzwert</b>             | <b>Massnahmen bei Überschreiten des Grenzwertes</b>   |
|--|------------------------------|---|
| Blutglucose                                    | < 120 mg / dl = 6,7 mmol / l | Glucosezufuhr reduzieren; Insulin sparsam einsetzen: beim Nichtdiabetiker bis 4 IE / Stunde |
| Triglyceride                                   | < 350 mg / dl = 4,2 mmol / l | Energiezufuhr reduzieren  |
| Anstieg des BUN (Blut-Harnstoff-Stickstoff) um | < 30 mg / dl                 | Aminosäurezufuhr reduzieren   |

Tab. 12: nach Schmitt, 2002.

#### Antioxidantien

Von Mette Berger (Lausanne) wird empfohlen, während der Zeit der akuten Erkrankung zusätzlich zu der Standardmenge an Vitaminen und Spurenelementen über 5 Tage einen so genannten antioxidativen Cocktail zu verabreichen. Eine abschliessende Bewertung zum Thema Antioxidantien ist allerdings noch nicht möglich, da die bisherige wissenschaftliche Datenlage eine allgemeine Empfehlung noch nicht erlaubt.

|           |               |
|-----------|---------------|
| Vitamin C | 500 – 1000 mg |
| Vitamin E | 100 – 500 mg  |
| Thiamin   | 100 – 500 mg  |
| Selen     | 10 – 30 µg    |
| Zink      | 100 – 200 mg  |

Tab. 13: nach Schmitt, 2002.

## Literaturhinweis

---



Das Kompendium der Firma [Baxter](#) "**Empfehlungen für die parenterale Ernährung**" informiert u.a. umfassend zu Grundlagen, Nährsubstraten, Energie- und Substratbedarf, Infusionsplänen und Bedarfswerten.

Zum Besuch der entsprechenden Seiten ist ein DocCheck® oder multimedica Passwort erforderlich.



A. Weimann, S.C. Bischoff  
**Künstliche Ernährung, enteral - parenteral**

Das Buch bietet dem Leser eingehende Beschreibungen zur Indikationen der künstlichen Ernährung und der Zugangswege, Hilfe bei der Erstellung von Infusions- und Ernährungsplänen sowie Besonderheiten ausgewählter Krankheitsbilder.

Urban & Fischer Verlag, 80333 München  
1. Auflage, 2001  
ISBN 3-437-21756-9