

Proteinogene Aminosäuren, die Bausteine des Lebens

Aminosäuren spielen im Stoffwechsel eine sehr zentrale Rolle. Allgemein unterscheidet man zwei Kategorien dieser Biomolekülklasse, die „nichtproteinogenen“ und die „proteinogenen“ bzw. proteinbildenden Aminosäuren. Während die bislang über 400 bekannten Mitglieder der nichtproteinogenen Aminosäuren u. a. Aufgaben als Coenzyme oder als Antagonisten bzw. Toxine im Aminosäurerstoffwechsel und der Proteinbiosynthese begleiten, stellen die proteinogenen Vertreter die Einzelbausteine von Eiweißstoffen bzw. Proteinen dar. Dabei sind Proteine per Definition aus mindestens 100 dieser Einheiten aufgebaut. Proteinogene Aminosäuren sind folglich der Grundstoff vieler biologischer Substanzen wie z. B. Hormone und Neurotransmitter.

Diese biologischen Substanzen verleihen dem Organismus außerdem Struktur und Stabilität und ermöglichen als „molekulare Maschinen“ die Mobilität von Zellen, den Transport von Metaboliten und geladenen Ionen, die Katalyse biochemischer Reaktionen und die Identifikation von Signalstoffen. Muskeln, Herz, Hirn, Haut und Haare bestehen überwiegend aus Proteinen.

Im Hinblick auf die stoffliche Analyse ist zu beobachten, dass für die Proteinbiosynthese im menschlichen Organismus insgesamt 21 unterschiedliche Arten an L-Aminosäuren verwendet werden. Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle das Präfix „L-“ erwähnt, da bei der molekularen Struktur von Aminosäuren zwei spiegelbildliche Anordnungen bzw. zwei optische Isomere möglich sind, die sogenannte L- und D-Form. Proteinogene Aminosäuren liegen stets in der L-Form vor, daher wird bei den einzelnen Aminosäurenamen auf dieses Präfix verzichtet.

Unser Stoffwechsel kann alleine 13 der 21 proteinogenen Aminosäuren selbst aufbauen: Alanin, Arginin, Asparagin, Asparaginsäure, Cystein, Glutamin, Glutaminsäure, Glycin, Histidin, Prolin, Selenocystein, Serin, Tyrosin. Für die verbleibenden acht Aminosäurespezies – Leucin, Isoleucin, Valin,

Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin und Tryptophan – sind dagegen keine Biosynthesen im menschlichen Körper vorgesehen. Diese Bausteine müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Es sind sogenannte essentielle Aminosäuren. Im weiteren Verlauf des Textes wird ausschließlich auf die Mitglieder dieser Spezies fokussiert.

Die Bedeutung der essentiellen Aminosäuren für den menschlichen Stoffwechsel

Vielen Aktiven im Fitness-, Kraft- und Ausdauersport sind bereits drei der acht essentiellen Aminosäuren hinlänglich bekannt. **Leucin, Isoleucin** und **Valin**, werden unter dem Kürzel „**BCAAs**“ zusammengefasst. Diese Abkürzung bezieht sich auf den englischen Ausdruck „Branched Chain Amino Acids“, der in der deutschen Übersetzung „Aminosäuren mit verzweigten Seitenketten“ bezeichnet und die besondere chemische Struktur dieser drei Aminosäuren charakterisiert. Medizinisch wissenschaftlichen Studien zufolge stimulieren Valin, Leucin und Isoleucin nachweislich den Aufbau neuer Gewebe, insbesondere die Proteinsynthesen in Muskulatur und Leber. Außerdem regulieren die BCAAs den Blutzuckerspiegel, indem diese die Bauchspeicheldrüse anregen, Insulin auszuschütten. Dadurch fördern die BCAAs auch die schnelle Aufnahme von allen anderen proteinogenen Aminosäuren in die Muskel- und Leberzellen. Dies treibt den Muskelaufbau zusätzlich voran und senkt darüber hinaus die Freisetzung des Stresshormons Cortisol.

Leucin ist die prominenteste unter den drei BCAAs. Um die Muskelproteinsynthese zu stimulieren (s. o.), muss eine kritische Konzentration dieser Verbindung im Blut vorhanden sein. Außerdem hemmt Leucin den Abbau des Muskelgewebes und fördert Heilungsprozesse. Während einer Fastenkur oder bei extremer sportlicher Anstrengung, kann freies Leucin, Isoleucin und Valin rasch zur Energiegewinnung genutzt werden. Diese Bereitstellung von Energiereserven beugt einer zu star-

ken Abnahme von Glukose vor, damit dem Gehirn und den Muskeln für Notfälle weiterhin genügend Traubenzucker zur Verfügung stehen. Leucin wirkt sich – ebenso wie die beiden anderen BCAAs – positiv auf die Somatotropin (STH)-Ausschüttung aus. Dieses Wachstumshormon fördert während der körperlichen Entwicklung das Längenwachstum und hat dabei positive Wirkungen auf alle Organe, vor allem aber auf die Muskulatur und die Knochen. Auch in Zeiten nach Verletzungen, bei psychischem Stress oder in Trainingsphasen wird vermehrt Somatotropin ausgeschüttet, um den erhöhten Energieumsatz auszugleichen. Bei Erwachsenen reguliert das Wachstumshormon in der Regel das Verhältnis zwischen Muskelmasse und Fettanteil, indem es die Bereitstellung freier Fettsäuren aus den körpereigenen Depots zur Energiegewinnung fördert.

Diätbewusste Personen sollten möglichst auf eine ausreichende Aufnahme an Leucin, Isoleucin und Valin achten, da hierdurch gleichzeitig der Muskelabbau verhindert und der Fettabbau gefördert wird. Der Grundumsatz wird außerdem insgesamt gesteigert. Nehmen Betroffenen während der Diäten und Fastenkuren zu wenig BCAAs zu sich, so ist das Gegenteil der Fall: Sie verlieren an Muskelmasse, während der Fettanteil nur langsam sinkt. Wichtig ist eine ausreichende Leucin-Aufnahme darüber hinaus bei unterschiedlichsten Krankheiten, die die Muskulatur, die Leber oder die Gelenke betreffen. Hier kann eine optimal angepasste BCAA-Gabe die Heilung beschleunigen und Symptome lindern.

Leucin ist Ausgangsbaustein der nicht essentiellen Aminosäure Glutaminsäure, die ihrerseits ebenfalls an vielen lebenswichtigen Stoffwechselreaktionen beteiligt ist. Lebensmittel mit hohem Leucingehalt sind beispielsweise Sojabohnen, Linsen, Eier, Fleisch und Kürbiskerne, sowie Weizenkeime, Erdnüsse, Thunfisch und Rinderfilets. Mangelsymptome sind Muskelschwäche, Abgeschlagenheit, Antriebslosigkeit und Müdigkeit.

Die Funktion und Bedeutung des **Isoleucins** ist beinahe Deckungsgleich mit denen des Leucins. Konsequenterweise führt ein Defizit zu den gleichen Symptomen (s. o.). Isoleucin ist in vielen Proteinen mit variierenden Konzentrationen enthal-

ten. Besonders reich an Isoleucin sind, neben Fleisch- und Fischprodukten, Nüsse und Hülsenfrüchte.

Valin – die dritte BCAA – wirkt zusätzlich als wichtige Vorstufe der Botenstoffe, die Informationen und Reize zwischen Nervenzellen übertragen. So ist es beispielsweise Ausgangsstoff für die Synthese von Glutamat, dem wichtigsten erregenden Botenstoff in Gehirn und Rückenmark. Zwar ist Valin nur in geringen Mengen - etwa zu fünf bis acht Prozent - dafür aber in fast jedem Protein vorhanden. In der Muskulatur ist der Valin-Anteil aber besonders hoch. Eine Unterversorgung mit Valin kann zu Überempfindlichkeit (Hyperästhesie) und Muskelkrämpfen führen. Vor allem Hülsenfrüchte, Getreide, Geflügel und Rindfleisch sind Lebensmittel mit sehr hohem Valin-Gehalt, gleiches gilt für Lachs, Eier und Walnüsse.

Lysin ist neben den nicht-essentiellen Aminosäuren Prolin und Glycin sowie Threonin (s. u.) der wichtigste Baustein des Strukturproteins Kollagens, das einen großen Anteil der Matrix unseres Bindegewebes darstellt. In diesem Strukturprotein ist Lysin modifiziert und an speziellen Stellen mit weiteren OH-Resten ausgestattet (hydroxyliert). Diese wiederum sind über Zuckermoleküle miteinander vernetzt, wodurch die für das Kollagen charakteristischen sehr stabilen Glykoproteine entstehen. Ein Lysinmangel kann folglich zur Schwächung des Bindegewebes führen.

Aber nicht nur im Kollagen wird Lysin nach dem Einbau mit zusätzlichen funktionellen Gruppen ausgestattet. Innerhalb der Proteine, um die sich die Erbsubstanz wickelt, liegen spezifische Lysine methyliert vor. Diese zusätzlichen Methylreste sind dafür verantwortlich, dass in jedem Entwicklungsstadium der Zelle nur die in dieser Zeit gewünschten Gene abgelesen und die benötigten Proteine gebildet werden.

Der Körper kann darüber hinaus aus Lysin im Zusammenspiel mit anderen Stoffen das vitaminähnliche L-Carnitin selber herstellen. Dieses wiederum hat eine Schlüsselfunktion bei dem Energiestoffwechsel und der Fettverbrennung.

Lysin gelangt wie die nicht-essentielle Aminosäure Arginin über den gleichen Transporter vom Blut in

die Zellen. Es kann folglich als Antagonist die Aufnahme von Arginin in die Zellen hemmen. Dadurch ist es dem Organismus möglich, das frei im Plasma vorliegende Arginin bei Bedarf sehr rasch in den Botenstoff Stickstoffmonoxid umzuwandeln.

Darüber hinaus fördert Lysin die Aufnahme von Calcium in Zähne und Knochen. Eine lysinreiche Ernährung kann für Patienten mit Osteoporoserisiko von Vorteil sein. Bei der Behandlung gegen Herpes-Viren kann Lysin die Heilung der Lippenbläschen beschleunigen.

Ferner gilt Lysin als wirksames Mittel gegen Arterienverkalkung, was bereits in unterschiedlichen Studien nachgewiesen wurde. Das Lipoprotein-A transportiert wasserunlösliche Stoffe im Blut, kann aber bei zu hoher Konzentration die Gefäßwände verkleben und so zu Herz-Kreislaufproblemen führen. Lysin wirkt dem entgegen, indem es die Anheftung an die Arterienwände verhindert und bereits bestehende Lipoprotein-Plaques entfernt.

Besonders lysinreich sind tierischen Lebensmitteln. Aber auch Sojabohnen und Linsen und Avocados enthalten diese Aminosäure in ausreichenden Mengen. Eine Lysin-Mangelernährung führt verstärkt zu Infektionen, kann aber auch Haarausfall und Wachstumsstörungen zur Folge haben.

Methionin ist die schwefelhaltige unter den essentiellen Aminosäuren. Diese schützt die Leber vor übermäßiger Fetteinlagerung und ist am Aufbau von Hormonen beteiligt, die für die Gewichtsregulation notwendig sind. Methionin wirkt fettlösend und unterstützt den anabolen bzw. körperaufbauenden Stoffwechsel und ist in allen tierischen Eiweißen und Nüssen enthalten.

Methionin spielt darüber hinaus in vielen Stoffwechselprozessen eine wichtige Rolle. Dazu wird es durch eine Reaktion mit dem energiereichen Adenosintriphosphat (ATP) in S-Adenosylmethionin (SAM) umgewandelt. Anschließend können durch die Abgabe eines Methylsrestes viele körpereigene Stoffe synthetisiert werden: das Hormon Adrenalin, die vitaminähnliche Substanz L-Carnitin und das für die Kontraktion unserer Muskeln nötige Kreatin. Zur Regulierung der Proteinbiosynthese kann SAM bzw. Methionin einzelne Bereiche des Erbguts bzw. DNA-Basen durch Methylierung markieren und auf diese Weise die Genexpression bzw. die

Produktion von bestimmten Proteinen stilllegen. Dieser Mechanismus bewirkt eine differenzierte, dem Bedarf und der Funktion angepasste Proteinbiosynthese in unterschiedlichen Geweben und Organen. Die Methylierung kann enzymatisch aufgehoben werden.

In Tumorzellen weicht das Methylierungsmuster häufig sehr stark von dem der gesunden Zellen des gleichen Typs ab. Eine fehlerhafte Übersetzungsrate bestimmter Gene führt zu einer veränderten Proteinbiosynthese und damit zur Entartung der Zelle.

Auch die Produktivität von Enzymen kann durch Methylierung beeinflusst werden. Entweder werden diese aktiviert oder gehemmt. Z. B. beeinträchtigt die Methylierung das Hormon Histamin. Histamin wird natürlicherweise vom Immunsystem freigesetzt, um Krankheitserreger zu eliminieren. Jedoch bei allergischen Reaktionen wird es im Übermaß von den weißen Blutkörperchen ausgeschüttet. Daher kann Methionin bei Überempfindlichkeitsreaktionen helfen, die Histaminaktivität gering zu halten.

Weiterhin fördert Methionin die Entgiftung, indem es die Schwermetall-Ausscheidung steigert. Um das Spurenelement Selen im Körper verwerten zu können, ist ebenfalls freies Methionin nötig.

Methionin kommt besonders häufig in Fisch und grünem Gemüse, wie Brokkoli, Spinat und Erbsen, aber auch in Fleisch und Reis vor. Ein langanhaltender Mangel an Methionin kann Angstzustände und Depressionen herbeiführen.

Ein stressbedingter Mangel an **Phenylalanin** lässt sich oft damit erklären, dass diese essentielle Aminosäure Ausgangsstoff für viele Substanzen ist, die bei körperlicher und seelischer Belastung vermehrt gebildet werden (u.a. Neurotransmitter). Dazu wird in der Leber Phenylalanin in Tyrosin umgewandelt. Tyrosin wird unter anderem zur Bildung unterschiedlicher Hormone benötigt (z.B. Schilddrüsenhormone, Adrenalin), die für den Organismus wichtige Funktionen in Bezug auf Wachstum, Leistungsbereitschaft und Blutdruck haben.

Patienten, die an der Stoffwechselkrankheit Phenylketonurie (PKU) leiden, können kein Tyrosin aus der Aminosäure Phenylalanin synthetisieren, da

ihnen hierfür nötige Enzyme fehlen. Diese Stoffwechselerkrankung betrifft etwa einen von 8000 Säuglingen. Erhalten die Kinder keine besondere eiweißarme Diät, so reichern sich verschiedene Abfallprodukte der Phenylalaninsynthese im Körper an, die schwere Entwicklungsstörungen verursachen. Wird die PKU hingegen rechtzeitig diagnostiziert, so ist, bei strenger Einhaltung des Ernährungsplans, die geistige Entwicklung und Lebenserwartung nicht beeinträchtigt.

Phenylalanin enthält einen aromatischen Ring, wodurch sie äußerst energiereich ist. Phenylalanin ist Baustein sehr vieler Proteine, so dass es in fast allen eiweißhaltigen Lebensmitteln zu finden ist. Besonders häufig kommt Phenylalanin in Gemüse - allen voran Soja, Karotten und Tomaten -, in Nüssen und Weizenkeimen vor. Aber auch Milchprodukte, Fleisch und Fisch sind reich an Phenylalanin. Ein Phenylalanin-Mangel, der durch Fehlernährung oder langanhaltenden Stress ausgelöst wird, kann zu einer erhöhten Infektanfälligkeit führen.

Für einen optimalen **Threonin**-Stoffwechsel müssen Magnesium, Vitamin B3 und Vitamin B6 ebenfalls in ausreichenden Mengen im Körper vorhanden sein. Diese essentielle Aminosäure ist, wie bereits oben erwähnt, u. a. ein prominenter Baustein des Kollagens. Auch die Glykoproteingruppe der Muzine ist reich an Threonin. Diese Biopolymere sind Bestandteile des Schleims aller Schleimhäute und schützen beispielsweise vor starken Säuren - etwa im Magen die Magenschleimhaut - und vor anderen chemischen Substanzen.

Ferner ist Threonin ein wichtiger Baustein von Antikörpern. In diesen, für die Immunabwehr aktiven Proteine, ist es meist mit einem zusätzlich angehängten Zuckerrest verknüpft, das für die korrekte Funktion der Antikörper bedeutend ist.

Die Aminosäure Threonin ist sowohl in Fleisch- und Fischprodukten als auch in Erbsen, Sojabohnen und Nüssen in recht großen Mengen vorhanden. Nehmen Menschen über lange Zeit zu wenig Threonin auf, so kann das zu Müdigkeit und Abgeschlagenheit führen. In schweren Fällen kann ein Threoninmangel während der Kindheit aber auch zu einem verzögerten Knochenwachstum führen.

Tryptophan ist der biochemische Grundstoff des Gewebehormons und Botenstoffs Serotonin. Als Gewebshormon reguliert es u. a. viele Funktionen des Herz-Kreislauf-Systems, vor allem den Blutdruck. Serotonin kann aber in unterschiedlichen Geweben abweichende Wirkungen auf die Blutgefäße haben. Dies hängt mit den dort vorkommenden Rezeptoren zusammen, an die das Hormon sich bindet, um dadurch bestimmte Signalprozesse auszulösen. In Niere und Lunge fördert Serotonin auf diese Weise die Verengung der Blutgefäße, während es diese in der Muskulatur weitet. Tryptophan beschleunigt die Wundheilung und die Blutgerinnung, ebenso hat das Hormon eine positive Wirkung auf die Darmbewegung.

Überdies hat Serotonin als Botenstoff im Gehirn bzw. als Neurotransmitter vielfältige Aufgaben. Da es stimmungsaufhellend wirkt und Emotionen positiv beeinflusst, wird es auch als Glückshormon bezeichnet. Ein Serotoninmangel kann zu Depressionen, Aggressivität oder Angstzuständen führen. Da Melatonin aus Serotonin gebildet wird, ist Tryptophan ebenfalls Ausgangsstoff für dieses zentrale Hormon. Die Produktion von Melatonin wird durch Tageslicht gehemmt, so dass es nachts in etwa zehnmal höheren Konzentrationen gebildet wird. Dementsprechend ist seine wichtigste Aufgabe, unseren Schlaf-Wach-Rhythmus zu regulieren.

Tryptophan ist auch die Vorstufe (Provitamin) von Vitamin B3, der Nicotinsäure, welche sowohl am Eiweiß- und Kohlenhydrat- als auch am Fettstoffwechsel beteiligt ist. Auch bei der Neubildung von Haaren und Muskeln spielt Vitamin B3 eine wichtige Rolle. Als NAD (Nicotinsäureamid-Adenin-Dinukleotid) ist es ein wichtiges Coenzym, das im Stoffwechsel an vielen Redox-Reaktionen beteiligt ist.

Lebensmittel mit hohem Tryptophangehalt sind Fleisch, Milchprodukte, Eier und Fisch, aber auch Nüsse, Hülsenfrüchten, Samen, Haferflocken, ungeschälter Reis, dunkle Schokolade und Bananen sowie Spinat. Neben Reizbarkeit, Stimmungsschwankungen und Schlafstörungen ist ein übersteigertes Hungergefühl ebenfalls ein Symptom für einen akuten Tryptophan-Mangel.