

Anhang

Möglicher Eiweiß- bzw. Muskelabbau unter Diät oder Fasten

Hier soll die Frage geklärt werden, ob es unter einer Diät oder beim Fasten zu einem unerwünschten Protein- und damit Muskelabbau kommen kann.

Diese Frage taucht auf, weil immer wieder behauptet wird, eine Diät, mit der Extremform Null-Diät, würde zu einem Abbau von Muskulatur führen.

Folgende Beispiele aus dem Internet werden dazu, ohne Angabe der Quelle, zitiert:

- Ein hungernder männlicher Erwachsener ohne Nahrungsaufnahme verbraucht etwa 1800 Kilokalorien pro Tag. Ohne Nahrungsaufnahme werden dabei etwa 75 Gramm Muskeln und etwa 160 Gramm Neutralfette abgebaut. Im Serum steigen durch den Proteinabbau die Ammoniak- und Harnsäure-Werte an.
- Nach der Mobilisierung der schnell zur Verfügung stehenden Energiereserven kommt es zu einem Proteinabbau von bis zu 75 Gramm pro Tag. Vor allem Muskelproteine werden abgebaut, aber auch Proteine in anderen Zellen. Bei längerem Fasten wird der Proteinabbau zum Schutz der Organe gedrosselt. Nach etwa zwei Wochen stellt sich der Stoffwechsel um. Der anschließend verminderte Proteinabbau (im Bereich von 20 bis 25 Gramm pro Tag) führt zu einer verminderten Harnstoffausscheidung (Harnstoff ist ein Proteinabbauprodukt) über den Urin. Der Verlust an Muskelmasse, wobei auch der Herzmuskel betroffen ist, beträgt etwa 25 Prozent des gesamten Gewichtsverlustes.
- Totales Fasten (Null-Diät): Durch den kompletten Nahrungsentzug wird der Organismus in Hinsicht auf den Proteinbedarf unterversorgt. Das körpereigene Protein (Eiweiß) wird während der Fastenzeit aus der Muskulatur fortlaufend abgebaut. Der tägliche endogene (körpereigene) Proteinabbau liegt ungefähr bei 15 bis 25 Gramm.
- Fasten stellt für den Körper eine Umstellung auf eine Hungersituation dar. Im Hungerstoffwechsel wird der Energiebedarf des Körpers in erster Linie aus dem Fettabbau, aber auch durch den Abbau von Proteinen gedeckt. Folglich ist ein Nebeneffekt des Fastens eine Abnahme des Depotfetts sowie der Muskelmasse. Nach einigen Fastentagen erfolgt die Energieversorgung des Gehirns fast vollständig über die aus dem Depotfett gebildeten Ketonkörper. Dadurch nimmt der relative Proteinabbau nach längeren Fasten wieder ab.
- Ein Problem bei langem Fasten ist der Eiweiß-Katabolismus. Dies geschieht wenn das gespeicherte Glykogen in der Leber aufgebraucht ist. Um einen gewissen Blutzuckerspiegel zu gewährleisten, wandelt der Körper Eiweiß in Glukose um. Dies geschieht allmählich und wenn kein Eiweiß von der Nahrung zugeführt wird, greift der Körper auf seine eigenen Eiweißspeicher, wie beispielsweise die Muskulatur, zurück. Herr Cahill untersuchte den Anteil von Eiweiß an der Glukoneogenese nach Zufuhr von 100 g Glukose. Nach 16 Stunden sorgte Muskeleiweiß für 50 % der Aufrechterhaltung der Glukosespiegel. Nach 28 Stunden (Leberglykogenvorräte vollständig verbraucht) sorgte Muskeleiweiß zu 100 % für die Aufrechterhaltung der Glukosespiegel.

Eine Recherche in Pubmed (Stichworte: nitrogen balance, fasting, human, adult, rest) ergibt nur wenige, meist ältere Arbeiten zum Thema, im Folgenden mit Zitaten belegt.

Ad 1 (Arnal et al.)

Die Balance zwischen Protein-Synthese und Abbau (protein turnover) kann neben anderen Methoden über die Stickstoff (N) -Ausscheidung der Endprodukte, Harnstoff und Ammoniak, gemessen werden. Während des Fastens ist die Rate der Protein-synthese niedriger als der Protein-Abbau. Das Ergebnis ist ein Protein-Verlust insbesondere den Muskel betreffend.

Ad 2 (Berg et al.), Kapitel 30.3.1.

Die metabolische Adaptation während andauernden Hungers sorgt für eine Minimierung des Protein-Abbaus.

Ein typischer, gut ernährter Mann von 70 kg verfügt über Brennstoff-Reserven von ca. 161.000 kcal, sein Energiebedarf beträgt für 24 Stunden zwischen 1.600 und 6.000 kcal abhängig von seiner Aktivität. Also reichen seine gespeicherten Brennstoff-Reserven für 1 bis 3 Monate. Aber seine Kohlenhydrat-Reserven sind nach nur einem Tag verbraucht. Proteine sind nicht gelagert, also würde jeder Abbau zu einem Funktionsverlust (des Muskels) führen. Die sekundäre Priorität des Stoffwechsels ist daher die Erhaltung von Protein, was eine Verlagerung der Energiegewinnung von der Glukose zur den Fettsäuren und Ketonkörpern verursacht. Während des Hungers nehmen die Plasma-Konzentration von Fettsäuren und Ketonkörpern zu, während die von Glukose abnimmt.

Zu den so genannten Ketonkörpern gehören die chemischen Verbindungen Acetoacetat (Acet-Essigsäure), Aceton und beta-Hydroxybutyrat (beta-Hydroxy-Buttersäure), letzteres wird zu den Ketonkörpern gerechnet, obwohl es chemisch kein Keton ist.

Am ersten Hungertag nehmen die Insulin-Sekretion ab und die Sekretion von Glukagon zu. Der dominante Stoffwechsel-Prozess ist die Mobilisierung von Triacylglycerin aus dem Fettgewebe und die Glukoneogenese aus der Leber.

Wegen der niedrigen Insulin-Konzentration nimmt der Glukose-Eintritt in den Muskel ab während die Fettsäuren frei eintreten. Das bedeutet, dass der Muskel anstelle der Glukose weitgehend auf die Fettsäuren als Energielieferant wechselt.

Nun werden Pyruvat (Brenztaubensäure), Laktat (Milchsäure) und Alanin zur Leber für die Umwandlung in Glukose exportiert, Glycerin aus Triacylglycerin ist ein weiteres Rohmaterial für die Glukose-Synthese in der Leber.

Nach etwa drei Hunger-Tagen bildet die Leber große Mengen von Acetacetat und Hydroxybutyrat (sog. Keton-Körper). Zu diesem Zeitpunkt beginnt das Gehirn große Mengen an Acetacetat statt Glucose zu verbrauchen.

Jetzt wird etwa ein Drittel des Energiebedarfs des Gehirns durch Keton-Körper gedeckt, auch das Myokard nutzt Keton-Körper als Energiequelle.

Nach mehreren Wochen Hunger werden die Keton-Körper zum Haupt-Energie-Lieferanten des Gehirns. Die effektive Umwandlung von Fettsäuren in Keton-Körper durch die Leber und der Verbrauch durch das Gehirn reduzieren den Bedarf an Glukose. Weniger Muskel wird nun abgebaut, jetzt 20 g pro Tag gegenüber 75 g zu Beginn des Hungers. Erst wenn die Triacylglycerin-Reserven verbraucht sind bleiben die Protein-Reserven übrig. Der Proteinabbau nimmt zu und der Tod tritt ein als Ergebnis des Funktionsverlustes von Herz, Leber und Nieren.

Ad 3 (Fern et al.)

Nur wenige Studien sind zum Protein-Umbau während einer Erholung nach Fehlernährung durchgeführt worden. Wie zu erwarten nimmt die Protein-Synthese linear mit der Zunahme des Körpergewichts zu. Experimentelle Studien über das Muskelwachstum belegen, dass ein schnelles Wachstum mit einem starken Protein-Abbau und einer deutlichen -Synthese assoziiert ist.

Ad 4 (Kábrt et al.)

In einer Fastengruppe wurden 38 übergewichtige Patienten mit einem BMI über 35 untersucht. Während 16 Tagen wurde die metabolische und energetische Bilanz mit der indirekten Kalorimetrie untersucht. Die Patienten zeigten einen abnehmenden Energieumsatz in Ruhe und eine negative Stickstoff-Bilanz.

Ad 6 (Owen et al.)

Während des Fastens arbeiten Fettgewebe, Muskulatur, Leber und Nieren gemeinsam zusammen, um den Organismus mit Brennstoffen zu versorgen, umzuwandeln und zu konservieren.

Während einer kurzen Anfangsperiode wird die Brennstoff-Homöostase primär über die hepatische Glykogenolyse und Lipolyse des Fettgewebes aufrechterhalten.

Danach erfolgt für eine kurze Zeit eine Muskel-Proteolyse mit glukogenen Aminosäuren zur Aufrechterhaltung der hepatischen Glukoneogenese.

Nach etwa drei Tagen Hungerperiode wird das metabolische Profil umgestellt auf die Konservierung von Protein, um alternative Brennstoffe zu gewinnen. Es werden freie Fettsäuren und Ketone verwendet um den Energiebedarf zu decken. Dieses Zusammenspiel zwischen Leber, Muskel, Niere und Fettgewebe sichert den Energiebedarf für weitere ausgedehnte Zeiträume.

Ad 7 (Schulz)

Der tägliche Protein-Umbau beim Menschen (300 bis 400 g pro Tag) ist sehr groß im Vergleich zur täglichen Protein-Aufnahme (50 bis 80 g pro Tag). Die Protein-Aufnahme hat einen wichtigen Effekt auf die postprandiale Thermogenese, deutlich mehr als Fett und Kohlenhydrate. Wenn die Protein-Aufnahme reduziert wird, dann entsteht ein physiologischer Bedarf an Aminosäuren, die auf drei Wegen zur Verfügung gestellt werden: Zunehmende Oxidation mit den terminalen Endprodukten CO₂ und Ammonium, gesteigerte Harnstoffbildung und Glukoneogenese, also de novo-Synthese von Glukose für die Glukose-Homöostase. Diese kann aus speziellen Aminosäuren erfolgen, zum Beispiel Alanin, aber auch aus Glycerin aus der Fettspaltung sowie Laktat aus dem Muskel stammend.

Dies sind vitale Prozesse für einen metabolischen Stress, wie der Hungerzustand.

Fazit zur (frakmentarischen) Literatur-Übersicht

Im Gegensatz zur weit verbreiteten Annahme, dass unter dem zeitlich limitierten Fasten bis hin zur Null-Diät ein wesentlicher Protein- und damit Muskel-Abbau stattfindet, trifft nicht zu.

Richtig ist, das belegt insbesondere die Literatur-Stelle Nr. 2, dass es in den ersten drei Hunger-Tagen zu einem vorübergehenden Protein- und damit Muskelabbau von ca. 75 g pro Tag kommen kann, der sich danach über viele Wochen auf ca. 20 g pro Tag reduziert, unterstellt dass vom ersten Tag an kein Protein zugeführt wird.

- **Ad 5 (Owen 1969) – Null-Diät**

In dieser Arbeit wurden 11 Probanden, [29,1 Jahre, 173 cm Größe, 135,8 kg KG, BMI 45,4 (Adipositas), ca. 50 % Frauen und Männer] unter Nulldiät zur Gewichtsreduktion geführt, im Mittel 20,3 kg Abnahme in 36,6 Tagen, das entspricht im Mittel 555 g/d. Der Grundumsatz dürfte 2.345 kcal/d (Mittelwert Frauen 2.213 und Männer 2.476) betragen haben, plus tägl. Walking (4 km/h) mit 1.225 kcal/d, somit dürfte der Gesamtumsatz 3.570 kcal/d betragen haben.

Für einen Probanden (F.N., 49 J., Mann 177,5 cm, 132,6 kg, Abnahme 22,8 kg in 38 Tagen = 600 g/d) wurde eine vollständige Urin-Diagnostik betrieben, im folgenden Bild dargestellt:

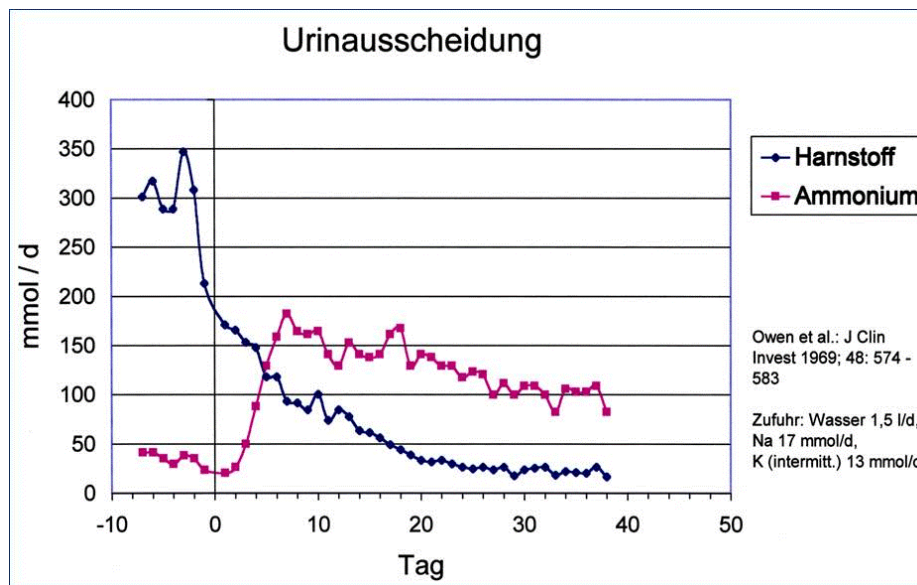


Abb. 1: Urin-Ausscheidung von Harnstoff und Ammonium bei Pat. F.N. [5]

Sein GU dürfte 2.365 kcal/d betragen haben, plus tägl. 3 h Walking (4 km/h) mit 1.197 kcal/d ergibt einen Gesamt-Umsatz von 3.562 kcal/d.

Unterstellt, es käme zu einer Energiegewinnung ausschließlich aus dem Fettabbau (physiol. Brennwert 9,3 kcal/g), so entspräche dies einem Gewichtsverlust von 383 g/d.

Zusätzlich entstehen beim Fett-Abbau pro Gramm Fett 1,1 ml flüssiges Oxidationswasser (bei Kohlenhydraten nur 0,6 ml, bei Protein nur 0,4 ml pro g), die es bei ausgeglichenem Wasserhaushalt mehr oder weniger zu eliminieren gilt, das wären zusätzlich 421 g/d, also zusammen **ein theoretischer Gewichtsverlust von ca. 800 g versus gemessener von 600 g/d.**

Man darf somit also unterstellen, dass die „bescheidenen“ 1,5 l Wasser, die die Probanden pro Tag erhalten haben, teilweise durch Oxidationswasser erhöht wurden, d. h. nicht ausgeschieden wurden.

Kamele als Durstkünstler sind auch deshalb so gut für das Leben in der Wüste geeignet, weil das in den Höckern gespeicherte Fett beim Abbau zur Energiegewinnung so viel freies Wasser zur Verfügung stellt.

Diese Bilanz der Gewichtsreduktion setzt voraus, dass kein wesentlicher Proteinabbau erfolgt ist. Dies gilt es zu prüfen anhand der o.g. Abbildung:

Normaler Protein-Umsatz

Normale Harnstoff-Elimination (HS) pro Tag:

300 mmol/d = 20 g HS/d = 600 mmol N/d = 8,4 g N/d = 52,5 g Protein pro Tag.

Plus 30 mmol/d NH_4 = 30 mmol N/d = 0,42 g N/d = 2,6 g Protein/d.

Gesamt Protein-Umsatz = 55 g/d.

Eiweiß-Minimum

Unter zeitlich begrenzter proteinfreier Ernährung kann die obligatorische Stickstoff-Ausscheidung (Stickstoff-Minimum ca. 3,5 g N/d) erfasst werden. Durch Multiplikation mit 6,25 (N hat ca. 16 % Anteil an Proteinen) errechnet sich dadurch ein **obligater Proteinabbau von ca. 22 g/d, sog. Eiweiß-Minimum.**

Nach 2,5 Tagen Nulldiät (F.N., s. Abbildung oben)

Ausscheidung von 125 mmol/d NH_4 = 125 mmol/d Stickstoff (N)

Ausscheidung von 125 mmol/d Harnstoff [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] = 250 mmol/d Stickstoff (N)

Ergo 375 mmol/d Stickstoff (Mw 14)

375 mmol/d = 5,25 g N/d = 32,8 g Protein/d.

Nach 38 Tagen Nulldiät (F.N., s. Abbildung oben)

Ausscheidung von 80 mmol/d NH_4 = 80 mmol/d Stickstoff (N)

Ausscheidung von 20 mmol/d Harnstoff = 40 mmol/d Stickstoff (N)

Ergo 120 mmol/d Stickstoff (Mw 14),

120 mmol/d = 1,68 g N/d = 10,5 g Protein/d.

Gemäß (Tab. III, n = 59) der Publikation erfolgte eine vollständige Urin-Diagnostik am Ende der Versuche (N/d):

Ammoniak 1,95

Harnstoff 1,55

Harnsäure 0,1

Kreatinin 0,65

Unidentified 0,41

Gesamt 4,66 x 6,25 = 29,1 g Protein/d.

Fazit

Unter den beschriebenen Bedingungen einer Null-Diät hat kein wesentlicher Proteinabbau stattgefunden, somit führt eine Gewichtsreduktion durch Fasten o. ä. allein zu einem Abbau von Fett, nicht der Muskulatur.

• Heilfasten

Eigene Untersuchungen zur Urin-Diagnostik bei Normalpersonen (n = 53) und Probanden unter Heilfasten (n = 69 Urinproben) belegen, dass die Harnstoff-Ausscheidung bis zum Tag 5 - 6 um etwa die Hälfte deutlich zurückgeht, während die Ammonium-Ausscheidung beginnt minimal anzusteigen.

Tägliche Ausscheidung Stoffwechsel-Endprodukte (mmol pro Tag)				
	Normal (n= 53)	F a s t e n t a g e (n = 69)		
		1 - 2	3 - 4	5 - 6
H ⁺	50	35	44	61
NH ₄ ⁺	30	25	29	35
H ₂ PO ₄ ⁻	28	19	18	15
SO ₄ ²⁻	25	27	17	17
Harnstoff	315	260	240	157
K ⁺	57	59	45	30
Na ⁺	163	163	93	61
Cl ⁻	184	162	112	75
Volumen (L)	1,6	←	3,4	→

Abb. 2: Urin-Diagnostik (eigene Untersuchungen 2003)

Fazit

Unter Nulldiät und Heilfasten findet kein wesentlicher Protein- und damit Muskelabbau statt.

Literatur

1. Arnal M, Obled C, Attaix D, Patureau-Mirand P, Bonin D
Dietary control of protein turnover
Diabete Metab 1987; 13: 630 - 642
2. Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L
Biochemistry, 5th edition
New York: W H Freeman; 2002
[online verfügbar](#) beim NCBI Bookshelf
3. Fern EB, Waterlow JC
Protein turnover, nitrogen balance and rehabilitation
Experientia Suppl. 1983; 44: 89 - 106
4. Kábrt J, Masek Z, Svacina S, Koubková H, Sonka J
A low-energy protein diet and complete fasting in obese patients. Effect on
energy metabolism. [Article in Czech]
Cas Lek Cesk 1990; 129: 558 - 561
5. Owen OE, Feling P, Morgan AP; Wahren J, Cahill GF Jr
Liver and Kidney Metabolism during prolonged starvation
J Clin Invest 1969; 48: 574 - 583
6. Owen OE, Reichard GA Jr, Patel MS, Boden G
Energy metabolism in feasting and fasting
Adv Exp Med Biol 1979; 111: 169 - 188
7. Schutz Y
Protein turnover, ureagenesis and gluconeogenesis
Int J Vitam Nutr Res 2011; 81: 101 - 107