

Wie ist Gewichtsreduktion erfolgreich möglich? Energiehaushalt im Fokus

Strategies for successful weight reduction – focus on energy balance

Autoren

M. Weck¹ S.R. Bornstein² A. Barthel² M. Blüher³

Institut

¹ Weißeritztal-Kliniken, Freital-Dippoldiswalde, Klinik für Diabetologie

² Universitätsklinikum „Carl Gustav Carus“ der TU Dresden, III Medizinische Klinik

³ Universität Leipzig, Klinik für Innere Medizin

Einleitung

Die Prävalenz der Adipositas nimmt in Deutschland und weltweit dramatisch zu. 23% der Deutschen sind inzwischen adipös und nur noch 47% normalgewichtig. Über 1 Mio. Bundesbürger sind mit einem BMI > 40 kg/m² „belastet“ [37]. Das Problem hat inzwischen die Aufmerksamkeit von Politik und Versicherungsträgern gefunden. Dass Adipositas eine Krankheit darstellt und per se sowie im Rahmen des metabolisch-vaskulären Syndroms zu einer Vielzahl von Folgeerkrankungen führt, die ihrerseits enorme gesundheitspolitische Bedeutung haben, ist inzwischen unbestritten. Die Therapie der Adipositas ist in evidenzbasierten Leitlinien beschrieben und wird im Allgemeinen mit dem Schlagwort der multimodalen Behandlung, bestehend aus Ernährungsumstellung i.S. kalorischer Restriktion, Bewegungstherapie und Verhaltensänderung beschrieben. Die bariatrische Chirurgie kommt für Patienten mit Adipositas 2. und 3. Grades hinzu [14, 15].

In den letzten 3 Jahrzehnten haben viele Interventionsstudien diese Strategien für Prävention und Behandlung der Adipositas untersucht. Energierestriktion und Bewegungssteigerung sind nach wie vor die Schlüsselbestandteile solcher Programme, um eine Gewichtsreduktion herbeizuführen. Viele dieser Studien belegen eine erfolgreiche Gewichtsreduktion im Gefolge von Energierestriktion und erhöhter Bewegungsaktivität, meist aber nur im Kurzzeitverlauf [24, 27, 38, 43, 51]. Dabei bleibt das Ausmaß der Gewichtsreduktion oft deutlich hinter den Erwartungen der Patienten zurück [9, 63, 64]. Außerdem ist die Mehrzahl der Betroffenen nicht in der Lage, das reduzierte Gewicht langfristig zu halten; eine erneute Gewichtszunahme ist typisch [5, 11, 38]. Die Ursachen für die sehr begrenzte Langzeiteffektivität der multimodalen Therapiekonzepte sind vielfältig. Die Unfähigkeit

der meisten Betroffenen die trainierten Änderungen des „Lebensstils“ hinsichtlich Ernährungsumstellung und regelmäßiger körperlicher Aktivität auch langfristig einzuhalten ist gut dokumentiert [26, 30]. Aber ist dies wirklich die ganze Wahrheit?

Verhaltensveränderungen sind sicherlich Eckpunkte einer Gewichtsreduktion und der Erhaltung des reduzierten Gewichts; der Abfall des Grundumsatzes der bei jeder Gewichtsreduktion eintritt, steht der Erhaltung des reduzierten Gewichts jedoch antagonistisch gegenüber. Anders ausgedrückt wird das anfänglich aufgrund einer Reduktionsdiät vorhandene Energiedefizit mit der Zeit durch Abnahme des Energieverbrauchs (des Grundumsatzes, des Gesamtenergieumsatzes usw.) immer kleiner; schließlich kann die Gewichtsabnahme stagnieren. Wer kontinuierlich und effektiv über längere Zeit Gewicht reduzieren will, muss daher immer weniger Energie zu sich nehmen. Da sich dieses Prinzip nicht unendlich ausdehnen lässt, müssen erfolgreiche Gewichtsreduktionsprogramme Strategien beinhalten, die dem Abfall des Energieverbrauchs entgegenwirken.

Komponenten des Energiehaushalts/ Ableitung eines Therapiemodells

Die wesentlichen Komponenten des Energiehaushalts sind in **Abb. 1** dargestellt. Ganz plakativ folgt ein Körper im Zustand der Gewichtskonstanz dem 1. Grundgesetz der Thermodynamik: Die Energie, die dem Körper zugeführt wird, wird in gleicher Höhe abgegeben. Gewichtsreduktion ist also „sehr einfach möglich“, indem entweder weniger Energie zugeführt oder mehr abgegeben wird oder beide Prinzipien kombiniert werden. Warum funktioniert dieses einfache Grundprinzip offenbar nicht?

Ernährungsmedizin

Schlüsselwörter

- ▶ Adipositas
- ▶ Gewichtsreduktion
- ▶ Gewichtserhaltung
- ▶ Energieumsatz
- ▶ Adaptive Thermogenese

Keywords

- ▶ obesity
- ▶ weight loss
- ▶ weight maintenance
- ▶ energy expenditure
- ▶ adaptive thermogenesis

eingereicht 07.03.2012

akzeptiert 06.09.2012

Bibliografie

DOI 10.1055/s-0032-1327232
Dtsch Med Wochenschr 2012;
137: 2223–2228 · © Georg
Thieme Verlag KG · Stuttgart ·
New York · ISSN 0012-0472

Korrespondenz

PD Dr. Matthias Weck
Weisseritztal-Kliniken
Freital/Dippoldiswalde
Bürgerstraße 7
01705 Freital
eMail diabetologie@
weisseritztal-kliniken.de

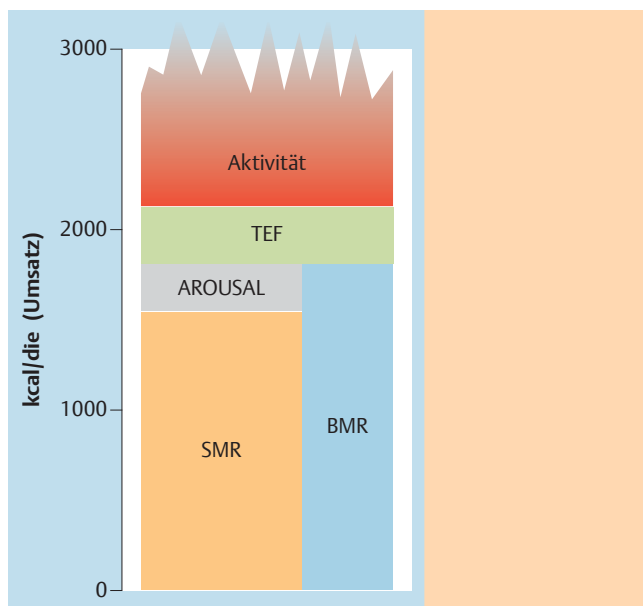


Abb. 1 Komponenten des täglichen Energieumsatzes am Beispiel eines durchschnittlichen männlichen Probanden (70 kg Körpergewicht, 15% Körperfettanteil [KF], 3000 kcal/die Energiezufuhr). Daten extrapoliert aus Respirationskammer-Messungen (modifiziert nach [45]). SMR = Sleeping Metabolic Rate; BMR = Basal Metabolic Rate (Grundumsatz); Arousal = Energieumsatz beim Aufwachen; TEF = Thermic Effect of Feeding (Nahrungs-induzierte Thermogenese).

Die Kenntnis der Grundlagen des Energiehaushalts ist für die Planung und Durchführung effektiver Gewichtsreduktions-Programme unerlässlich. Den größten Anteil am Gesamtenergieumsatz macht mit ca. 60–70% der Grundumsatz aus. Die fettfreie Masse (FFM) ist der wesentliche Faktor, der den Grundumsatz determiniert [4, 12, 42, 45, 54, 57, 58]. Die fettfreie Masse besteht hauptsächlich aus Muskulatur mit hoher metabolischer Aktivität (nahezu identisch verwendet wird der Begriff „lean body mass“ = LBM) sowie aus Geweben mit niedriger metabolischer Aktivität wie Knochen oder Bindegewebe [41]. Weitere Faktoren, die den Grundumsatz beeinflussen sind Alter, Geschlecht, Körpergröße, Schilddrüsenhormone und genetische Faktoren [4, 23]. Fettfreie Körpermasse, Fettmasse, Alter und Geschlecht erklären 60–90% der interindividuellen Variabilität des Grundumsatzes. Genetische Faktoren können bis zu 50% dieser Variabilität ausmachen.

kurzgefasst

Die lean body mass (LBM) ist der wesentliche Einflussfaktor auf den Grundumsatz. Fettfreie Körpermasse, Fettmasse, Alter, Geschlecht und genetische Faktoren beeinflussen die individuelle Variabilität des Grundumsatzes.

Es existieren verschiedene prädiktive Formeln für den Grundumsatz (basal metabolic rate = BMR) unter anderem die von Harris-Benedict (1919):

- ▶ Männer
 $BMR = 66,47 + 13,75 + 5,00 \times \text{Größe [m]} - 6,77 \times \text{Alter [Jahre]}$
- ▶ Frauen
 $BMR = 655,09 + 9,56 \times \text{Gewicht [kg]} + 1,849 \times \text{Größe [m]} - 4,67 \times \text{Alter [Jahre]}$

Weitere wesentliche Bestandteile des Gesamtenergieumsatzes (total energy expenditure = TEE) sind die Thermogenese, hauptsächlich als nahrungsinduzierte Thermogenese und durch physische Aktivität.

Der Grundumsatz kann mittels indirekter Kalorimetrie nach nächtlichem Fasten, morgens nach dem Aufwachen gemessen werden. Dies kann über zwei Methoden geschehen:

1. Der Proband liegt im Bett unter einer Haube („ventilated hood“). Bei konstantem Luftdurchfluss werden O_2 -Verbrauch und CO_2 -Produktion gemessen. Aus diesen Daten werden die Energieumsätze ermittelt. Diese Variante wäre durchaus in spezialisierten Einrichtungen machbar und ist somit als praxisnah einzustufen.
2. Auch der Gesamtenergieumsatz kann mittels indirekter Kalorimetrie gemessen werden, indem der Proband sich 24 Stunden in einem abgeschlossenen Raum aufhält, dort basale Tätigkeiten verrichtet und schläft. Sauerstoffverbrauch und CO_2 -Produktion in diesem Raum werden bestimmt. Auch dies ist eine Form der indirekten Kalorimetrie. Anhand dieser Versuchsanordnung lassen sich weitere Komponenten des Gesamtenergieumsatzes ermitteln (▶ **Abb. 1**):
 - ▶ Schlafenergieumsatz (sleeping metabolic rate = SMR)
 - ▶ Energieumsatz beim Aufwachen (metabolic cost of arousal)

Die weiteren Komponenten des Energieverbrauches (nahrungsinduzierte Thermogenese, körperliche Aktivität) sind nicht ganz einfach zu ermitteln. Die nahrungsinduzierte Thermogenese lässt sich nur über spezielle Versuchsanordnungen in Forschungslabors bestimmen. Die körperliche Aktivität ist allenfalls grob abschätzbar. Mit doppelt markiertem Wasser ließe sich der Gesamtenergieverbrauch eines Menschen exakt messen. D_2O ist aber in Deutschland für derartige Zwecke nicht zugelassen

De facto führt fast jede „Diät“ zur Gewichtsreduktion, jede kalorische Restriktion zu einem Abfall des Grundumsatzes in der Regel über eine Abnahme der LBM [8, 39]. Ziel einer Gewichtsreduktion ist der Verlust an Fettmasse bei möglichst erhaltener LBM. Allerdings gibt es nur wenige Daten insbesondere zum Verhalten des Grundumsatzes unter Gewichtsreduktion. In den letzten Jahren hat das Thema eine gewisse Renaissance erfahren, insbesondere da langfristige Erfolge von Programmen zur Gewichtsreduktion selten sind bzw. fehlen. Zudem wurde erkannt, dass die schnelle Anpassung des Energieumsatzes an gewichtsreduzierende Maßnahmen in diesem Kontext nicht vernachlässigt werden darf. Von einzelnen Arbeitsgruppen wurden sogar mathematische Modelle der Gewichtsreduktion auf der Basis des 1. Grundgesetzes der Thermodynamik entwickelt [59, 61].

kurzgefasst

Ziel einer Gewichtsreduktion ist die Reduktion der Körperfettmasse bei gleichzeitig möglichst erhaltener LBM (lean body mass).

Tab. 1 Veränderungen des Energiehaushaltes, des autonomen Nervensystems und neuroendokriner Parameter bei Probanden in der Phase der Erhaltung eines reduzierten Gewichts (nach [48]).

	Effekt eines Gewichtsverlusts um 10%
Energieumsatz	
24-h-Gesamtenergieumsatz	↓ (- 15%)
Grundumsatz	↓ = (bis - 15%)
Nahrungsinduzierte Thermogenese	=
Non-resting energy expenditure	↓ (- 30%)
Effektivität der Skelettmuskulatur	↑ (+ 20%)
Autonomes NS	
Tonus sympathisches Nervensystem	↓ (- 40%)
Tonus parasympathisches Nervensystem	↑ (+ 80%)
Neuroendokrine Parameter	
TSH	↓ (- 18%)
fT ₃	↓ (- 7%)
fT ₄	↓ (- 9%)
Gonadotropin	↓

Welche „Verteidigungsmechanismen“ stehen einer erfolgreichen Gewichtsreduktion aus Sicht des Energiehaushaltes entgegen?

Eine Reduktion des Körpergewichts um mehr als 10% (unabhängig davon, ob bei adipösen oder schlanken Personen) ist begleitet von einem Abfall des Gesamtenergieumsatzes über 24 Stunden (24-h-TEE) von ca. 20–25%. Dieser tatsächliche Abfall des 24-h-TEE ist also doppelt so hoch wie der theoretisch zu erwartende Wert, der sich aus den Veränderungen von Fettmasse und LBM ergeben würde [16, 17, 18, 25, 29, 36, 47, 49, 53, 62, 67]. Dies bedeutet, dass ein ehemals adipöser Patient bzw. ein Patient mit 10% Gewichtsreduktion ca. 300–400 kcal/Tag weniger benötigt, um das gleiche Körpergewicht bei gleicher Aktivität aufrecht zu erhalten als ein nicht Adipöser [49]. Es findet also eine Anpassung der verschiedenen Komponenten des Gesamtenergieumsatzes an die veränderte Energiezufuhr (sogenannte „adaptive Thermogenese“) statt, die den bekannten „Jojo-Effekt“ begünstigt.

In **Tab. 1** sind die Veränderungen des Energiehaushaltes, der autonomen Funktion und neuroendokriner Parameter nach bzw. während der Gewichtsreduktion dargestellt.

Wenn man erfolgreiche Therapiestrategien zur Behandlung der Adipositas entwickeln will, muss man Adipositas als Krankheit betrachten bei der der menschliche Organismus immer wieder versucht, dieser „Therapie“ entgegenzuwirken [48].

Im Rahmen der Veränderungen des Energieumsatzes fallen insbesondere die Reduktion des Grundumsatzes und noch augenfälliger die Reduktion des Umsatzes durch körperliche Aktivität (-30%) auf. Die körperliche Aktivität ist der Teil des Energieumsatzes, der am meisten von Veränderungen des Körpergewichts betroffen ist. Damit ist auch klar, dass eine Steigerung der körperlichen Aktivität der entscheidende Faktor ist, um erfolgreich Gewicht zu reduzieren und dies auch zu halten.

Von großer Bedeutung ist, dass die körperliche Aktivität in willentliche Aktivität und nicht-willentliche Aktivität unterteilt wird (NEAT= non exercise activity thermogenesis) [36, 53]. Hiermit ist gemeint, dass durch die sogenannten „kleinen Körperbewegungen“ ein nicht unbeträchtlicher Anteil des Energieumsatzes bestritten wird.

Von Redman et al. (Ravussin-Gruppe) [46] wurde in einem sehr ausgefeilten Studiendesign unter Nutzung stabiler Wasserstoffisotope zur Messung der 24-h-TEE gezeigt, dass alle Komponenten des Energieumsatzes unter kalorischer Restriktion deutlich abfallen. Da es sich hier um „frei lebende“ Probanden handelt, die nicht den Restriktionen der indirekten Kalorimetrie unterzogen waren, sind diese Daten von hoher praktisch-klinischer Relevanz. Auf die Veränderungen des autonomen Nervensystems und der neuroendokrinen Parameter soll hier nicht näher eingegangen werden. Veränderungen des Tonus des autonomen Nervensystems unter Gewichtsreduktion können aber eine Verbindung sein zu den Veränderungen des Energiehaushalts und der neuroendokrinen Homöostase unter Gewichtsreduktion.

kurzgefasst

Unter kalorischer Restriktion fallen alle Komponenten des Energiehaushalts ab, vor allem Grundumsatz und Umsatz durch körperliche Aktivität.

Die Veränderungen des Energiehaushalts unter Gewichtsreduktion sollen an einem Beispiel erläutert werden: Wir nehmen an, dass eine 50-jährige Frau mit 160 cm Körpergröße und einem Gewicht von 100 kg sich einer Gewichtsreduktion unterziehen will. Der theoretische Grundumsatz nach der Formel von Harris-Benedict ist:

$$\text{BMR} = 655,1 + 9,563 \times 100 \text{ kg} + 1,85 \times 160 \text{ cm} - 4,676 \times 50 = 1674 \text{ kcal/die}$$

Der mittels indirekter Kalorimetrie gemessene Grundumsatz beträgt 1850 kcal/die. Dies würde hinsichtlich des Gesamtenergieumsatzes einen Wert von ca. 2250 kcal/die ergeben. Unterstellen wir, dass die Patientin mit -600 kcal/ die Zufuhr abnehmen kann, müssten ihr maximal 1650 kcal/die an Kalorienzufuhr empfohlen werden. Wir betrachten hier nur den kalorischen Effekt und diskutieren noch nicht die Zusammensetzung der Kost. Wenn es der Patientin gelingt, sich an diese Vorgaben zu halten, wird sie abnehmen und parallel dazu wird eine Reduktion des Grundumsatzes eintreten. Nach 4 Wochen wird die Reduktion des Grundumsatzes ca. 200 kcal/die betragen. Der Gesamtenergieumsatz wird dann also 2050 kcal/die betragen. Nach weiteren 4 Wochen fällt der Gesamtenergieumsatz um weitere 200 kcal/die, usw. Würde die empfohlene Kalorienzufuhr zur Gewichtsreduktion konstant bleiben, käme es relativ rasch zum Ausbleiben der Gewichtsreduktion. Dies bedeutet, dass die Empfehlungen zur Kalorienzufuhr an den Abfall des Grundumsatzes angepasst werden müssen. Pro 4 Wochen sollte also die Kalorienzufuhr um weitere 200 kcal/die reduziert werden. Es ist offensichtlich, dass dies nicht dauerhaft möglich ist. Es wird also darauf ankommen, effektive Maßnahmen gegen den Abfall des Grundumsatzes zu entwickeln und in die Behandlung der Patientin einzubeziehen. Bereits hier ist ersichtlich,

dass effektive Programme zur Gewichtsreduktion Grundprinzipien des Energiehaushalts berücksichtigen müssen, ansonsten ist der Misserfolg in Form des „Jojo-Effektes“ unvermeidbar.

kurzgefasst

Programme zur Gewichtsreduktion müssen Grundprinzipien des Energiehaushalts berücksichtigen.

Welche Möglichkeiten haben wir, dem Abfall des Grundumsatzes entgegenzuwirken?

Steigerung des Gesamtenergieumsatzes über Steigerung der körperlichen Aktivität

Die Steigerung der körperlichen Aktivität muss integraler Bestandteil jedes effektiven Programms zur Gewichtsreduktion sein. Die physische Konditionierung wird einen erheblichen zeitlichen Umfang beanspruchen müssen, da ja der Abfall an Grundumsatz pro Tag aufgefangen werden muss. In unserem Rechenbeispiel wird dieser Abfall im 3. Monat der Gewichtsreduktion ca. 500–600 kcal/die betragen. Dies bedeutet, dass mit der zunehmenden Dauer der Gewichtsreduktion auch der Zeit- und Intensitätsbedarf für körperliche Aktivität zunehmen muss. Ein effektives Sportprogramm wird eine Mischung aus Ausdauer- und Krafttraining beinhalten. Das Krafttraining dient dabei der Steigerung der Muskelmasse und über diesen Weg der Steigerung des Energieverbrauchs [50].

Zusätzlich zu den bekannten Mechanismen führt eine deutliche Steigerung der körperlichen Aktivität zu einem Anstieg des Energieverbrauchs in der Phase nach dem Sport (post-exercise recovery period) und dies für mehr als 24 Stunden [6, 35]. Allerdings zeigen nicht alle Studien, dass die Kombination von Diät und Sport zu einer deutlich stärkeren Gewichtsabnahme führt als Diät allein. Hier geht es uns aber ganz besonders darum, dass durch Sport und körperliche Aktivität dem Abfall des Energieumsatzes unter Diät entgegengewirkt werden kann und Sport in ausreichender Intensität und Dauer die Gewichtserhaltung nach erfolgreicher Gewichtsreduktion unterstützen kann.

kurzgefasst

Die Steigerung der körperlichen Aktivität muss Bestandteil jedes Programmes zur Gewichtsreduktion sein, insbesondere um den Abfall des Energieumsatzes unter kalorischer Restriktion entgegenzuwirken.

Erhalt der LBM durch Muskelkräftigung und/oder diätetische Interventionen

Neben der Steigerung der körperlichen Aktivität über Ausdauertraining ist die Einbeziehung von Krafttraining in ein Gewichtsreduktionsprogramm außerordentlich wichtig, insbesondere um die Muskelmasse (LBM) zu erhalten und zu steigern (Zunahme der Muskelkraft durch Hypertrophie der Skelettmuskulatur). Diätetische Maßnahmen sollten dies unterstützen.

Welche Substrate werden während physischer Aktivität verbrannt?

Gut gesichert ist, dass Fettsäuren während niedriger und moderater Intensitäten der physischen Aktivität die dominierende Energiequelle sind (< 50% VO₂ max.). Mit zunehmender Intensität (> 50% VO₂ max.) werden Kohlenhydrate zur Hauptenergiequelle und da dies in der Regel anaerob abläuft, ist Glukose die einzige Energiequelle [1, 67]. Trotzdem nimmt mit steigender Intensität der körperlichen Aktivität die absolute Menge an oxidiertem Fett zu, so dass man den wenigen Adipösen, die zu intensiver physischer Aktivität in der Lage sind, diese intensive physische Aktivität auch aus Sicht der Utilisierung von Fett und gleichzeitig hohem Kalorienverbrauch empfehlen könnte. In der Regel wird die Empfehlung aber eine niedrig bis moderat intensive physische Aktivität sein, die aber zeitlich ausgedehnt werden sollte. Allerdings gibt es noch viele Kontroversen zu dieser Thematik.

Von der Vielzahl von Studien, die zu den Auswirkungen der Makronährstoff-Zusammensetzung einer Diät auf die Gewichtsreduktion vorliegen, beziehen sich nur wenige auf den potenziellen Effekt der Makronährstoff-Komposition einer Kost auf den Grundumsatz. Um einem Abfall des Grundumsatzes entgegenzuwirken, ist der Erhalt der LBM ein wesentliches Ziel. Eine Proteinzufuhr, die in der Lage ist, eine negative Stickstoffbilanz zu vermeiden, könnte von großer Bedeutung sein, um den Abfall der Muskelmasse gering zu halten [13].

Populär und von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung propagiert, sind Diäten mit hohem Kohlenhydratanteil (high carbohydrate/low fat) [17]. Diese Diäten führen in der Regel zu einem signifikanten Verlust an Körpergewicht, Fettmasse, LBM und Grundumsatz [3, 28, 33, 34, 52, 55, 56, 60]. Diätformen mit hohem Proteinanteil sollen in der Lage sein, den Verlust an LBM während einer Gewichtsreduktion zu minimieren [3, 28, 55, 60]. Auch der Grundumsatz-Abfall wurde unter proteinreicher Kost minimiert [60].

Diäten mit hohem Proteinanteil waren darüber hinaus in der Lage, die Insulin-Sensitivität zu verbessern [3, 22, 28, 51] und hatten keine negativen Effekte auf Blutdruck [22], Cholesterollipidprofile [3, 21, 22, 28, 51] und Knochenumsatz [21, 55]. Im Hinblick auf die hier diskutierten pathophysiologischen Prozesse des Energiehaushalts scheinen proteinreiche Diäten zur Gewichtsreduktion den Verlust an Körperfettmasse bei minimiertem Abfall an LBM und Grundumsatz zu fördern. Dabei scheint es sinnvoll zu sein, Fleisch als Eiweißquelle maßvoll bzw. reduziert einzusetzen [38] und Milcheiweißprodukte sowie pflanzliche Proteine zu bevorzugen.

kurzgefasst

Diätformen mit hohem Proteinanteil sollen in der Lage sein, den Verlust an LBM und den Abfall des Grundumsatzes unter Gewichtsreduktion zu minimieren.

Die immer wieder postulierten kohlenhydratreichen, fettarmen Kostformen müssen also letztlich unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung des „Jojo-Effektes“ hinterfragt werden. Konklusive Aussagen sind sicher erst mit weiteren Studien möglich.

Schlussfolgernd *muss* ein langfristig effektives Programm zur Gewichtsreduktion die beschriebenen Aspekte des Energiehaushalts, insbesondere den reduzierten Grundumsatz unter Gewichtsreduktion (adaptive Thermogenese) berücksichtigen und in die Planung einbeziehen.

Konsequenz für Klinik und Praxis

Ein multimodales Programm zur Gewichtsreduktion muss möglichst folgende Komponenten beinhalten:

- ▶ Ernährungsumstellung im Sinne kalorischer Restriktion mit reduziertem Fett- und hohem Proteinanteil. Die Empfehlungen zur kalorischen Restriktion müssen sich am Grundumsatz (möglichst gemessen) orientieren *und* diese Empfehlungen müssen im Verlauf der Gewichtsreduktion dem abfallenden Grundumsatz angepasst werden. Dies ist der entscheidende Punkt zur Vermeidung des sogenannten „Jojo-Effekts“.
- ▶ Steigerung der physischen Aktivität im Sinne einer Kombination aus Ausdauer- und Krafttraining. Dabei wird initial eine eher niedrige Intensität und noch geringe Zeitdauer möglich sein, die aber im Verlauf sowohl hinsichtlich Intensität und Zeitaufwand deutlich gesteigert werden muss. Ziel ist, dem Abfall der LBM entgegenzuwirken und über diesen Mechanismus auch den Abfall des Grundumsatzes in Grenzen zu halten. Nur über diesen Weg kann das notwendige Ausmaß der kalorischen Restriktion im Verlauf begrenzt und dem „Jojo-Effekt“ entgegengewirkt werden.
- ▶ Verhaltenstherapeutische Begleitung. Obwohl das Hauptaugenmerk auf den Komponenten 1 und 2 liegen muss, ist die verhaltenstherapeutische Begleitung der Patienten von enormer Bedeutung. Dies beginnt bereits mit dem Adipositas-Schulungsprogramm, mit dem die genannten Inhalte vermittelt werden und setzt sich in Krisenintervention fort.
- ▶ Die ersten beiden Komponenten wurden aus der hier dargestellten Datenlage abgeleitet und entsprechen unserer klinischen Erfahrung. Langzeitstudien über Jahre, die belegen, dass der Jojo-Effekt tatsächlich vermieden werden kann, fehlen noch.

Autorenerklärung: MW, SRB, AB und MB erklären, dass sie keine finanzielle Verbindung mit einer Firma haben, deren Produkt in diesem Beitrag eine Rolle spielt (oder mit einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt).

Literatur

- 1 *Abdel-Hamid TK*. Modeling the dynamics of human energy regulation and its implications for obesity treatment. *System Dynamics Rev* 2002; 18: 431–471
- 2 *Astrup A, Toubro S, Dalgaard LT et al*. Impact of the v/v 55 polymorphism of the uncoupling protein 2 gene on 24-h energy expenditure and substrate oxidation. *Int J Obes* 1999; 23: 1030–1034
- 3 *Baba NH, Sawaya S, Torbay N et al*. High protein vs high carbohydrate hypoenergetic diet for the treatment of obese hyperinsulinemic subjects. *Int J Obes* 1999; 23: 1202–1206
- 4 *Bitar A, Fellmann N, Vernet J et al*. Variations and determinants of energy expenditure as measured by whole-body indirect calorimetry during puberty and adolescence. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 1209–1216
- 5 *Borg P, Kukkonen-Harjula K, Fogelholm M et al*. Effects of walking or resistance training on weight loss maintenance in obese, middle-aged men: a randomized trial. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26: 676–683
- 6 *Borsheim E, Bahr R*. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med* 2003; 33: 1037–1060
- 7 *Bouchard C, Tremblay A*. Genetic effects in human energy expenditure components. *Int J Obes* 1990; 14 (01): 49–55
- 8 *Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K et al*. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 993–1001
- 9 *Brill JB, Perry AC, Parker L et al*. Dose-response effect of walking exercise on weight loss. How much is enough?. *Int J Obes* 2002; 26: 1484–1493
- 10 *Byrne HK, Wilmore JH*. The effects of a 20-week exercise training program on resting metabolic rate in previously sedentary, moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001; 11: 15–31
- 11 *Byrne NM, Weinsier RL, Hunter GR et al*. Influence of distribution of lean body mass on resting metabolic rate after weight loss and weight regain: comparison of responses in white and black women. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 1368–1373
- 12 *Deriaz O, Fournier G, Tremblay A et al*. Lean-body-mass composition and resting energy-expenditure before and after long-term overfeeding. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 840–847
- 13 *Demling RH, DeSanti L*. Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers. *Ann Nutr Metab* 2000; 44: 21–29
- 14 Deutsche Adipositas Gesellschaft, Deutsche Diabetes Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin. Evidenzbasierte Leitlinie Prävention und Therapie der Adipositas. 2007
- 15 Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie. Chirurgische Arbeitsgemeinschaft für Adipositas-therapie (CA-ADIP) in Zusammenarbeit mit Deutsche Adipositas-Gesellschaft (DAG), Deutsche Gesellschaft für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie, Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin. S3-Leitlinie Chirurgie der Adipositas. 2010
- 16 *Doucet E, St-Pierre S, Almeras N et al*. Evidence for the existence of adaptive thermogenesis during weight loss. *Br J Nutr* 2001; 85: 715–723
- 17 *Doucet E, Imbeault P, St-Pierre S et al*. Greater than predicted decrease in energy expenditure during exercise after body weight loss in obese men. *Clin Sci* 2003; 105: 89–95
- 18 *Doucet E, St-Pierre S, Almeras N et al*. Evidence for the existence of adaptive thermogenesis during weight loss. *Br J Nutr* 2011; 85: 715–723
- 19 *Ehrhart-Bornstein M, Arakelyan K, Krug AW et al*. Fat cells may be the obesity-hypertension link: human adipogenic factors stimulate aldosterone secretion from adrenocortical cells. *Endocr Res* 2004; 30: 865–70
- 20 Evidence-based guideline of the German Nutrition Society. Carbohydrate intake and prevention of nutrition-related diseases. *Ann Nutr Metab* 2012; 60(01): 1–58
- 21 *Farnsworth E, Luscombe ND, Noakes M et al*. Effect of a high-protein, energy-restricted diet on body composition, glycemic control, and lipid concentrations in overweight and obese hyperinsulinemic men and women. *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 31–39
- 22 *Foster GD, Wyatt HR, Hill JO et al*. A randomized trial of a low-carbohydrate diet for obesity. *N Engl J Med* 2003; 348: 2082–2090
- 23 *Freake HC, Oppenheimer JH*. Thermogenesis and thyroid-function. *Annu Rev Nutr* 1995; 15: 263–291
- 24 *Glass JN, Miller WC, Szymanski LM et al*. Physiological responses to weight-loss intervention in inactive obese African-American and Caucasian women. *J Sports Med Phys Fitness* 2002; 42: 56–64
- 25 *Goele K, Bosy-Westphal A, Rümcker B et al*. Influence of changes in body composition and adaptive thermogenesis on the difference between measured and predicted weight loss in obese women. *Obes Facts* 2009; 2: 105–109
- 26 *Gorin AA, Phelan S, Wing RR et al*. Promoting long-term weight control: does dieting consistency matter?. *Int J Obes* 2004; 28: 278–281
- 27 *Holzapfel C, Hauner H*. Gewichtserhaltung nach Gewichtsreduktion – wie der Körper sein Gewicht verteidigt. *Dtsch Med Wochenschr* 2011; 136: 89–94

- 28 Layman DK, Boileau RA, Erickson DJ et al. A reduced ratio of dietary carbohydrate to protein improves body and blood lipid profiles during weight loss in adult women. *J Nutr* 2003; 133: 411–417
- 29 Leibel R, Rosenbaum M, Hirsch J. Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *N Engl J Med* 1995; 332: 621–628
- 30 Leser MS, Yanovski SZ, Yanovski JA. A low-fat intake and greater activity level are associated with lower weight regain 3 years after completing a very-low-calorie diet. *J Am Diet Assoc* 2002; 102: 1252–1256
- 31 Leslie WS, Lean MEJ, Baillie HM et al. Weight management: a comparison of existing dietary approaches in a work-site setting. *Int J Obes* 2002; 26: 1469–1475
- 32 Levine JA, Eberhardt NL, Jensen MD. Role of non exercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans. *Science* 1999; 283: 212–214
- 33 Luscombe-Marsh ND, Noakes M, Wittert GA et al. Carbohydrate-restricted diets high in either monounsaturated fat or protein are equally effective at promoting fat loss and improving blood lipids. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 762–772
- 34 Luscombe ND, Clifton PM, Noakes M et al. Effect of a high-protein, energy-restricted diet on weight loss and energy expenditure after weight stabilization in hyperinsulinemic subjects. *Int J Obes* 2003; 27: 582–590
- 35 Maehlum S, Grandmontagne M, Newsholme EA et al. Magnitude and duration of excess postexercise oxygen-consumption in healthy young subjects. *Metabolism* 1986; 35: 425–429
- 36 Major GC, Doucet E, Trayhurn P et al. Clinical significance of adaptive thermogenesis. *Int J Obes* 2007; 31: 204–212
- 37 Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (Hrsg.) Nationale Verzehrstudie II Ergebnisbericht, Teil 1, Tab. A6, 2008; 129
- 38 Meckling KA, Gauthier M, Grubb R et al. Effects of a hypo caloric, low-carbohydrate diet on weight loss, blood lipids, blood pressure, glucose tolerance, and body composition in free-living overweight women. *Can J Physiol Pharmacol* 2002; 80: 1095–1105
- 39 Menozzi R, Bondi M, Baldini A et al. Resting metabolic rate, fat-free mass and catecholamine excretion during weight loss in female obese patients. *Br J Nutr* 2000; 84: 515–520
- 40 Mozaffarian D, Hao T, Rimm EB et al. Changes in Diet and Lifestyle and Long-Term Weight Gain in Women and Men. *N Engl J Med* 2011; 364: 25
- 41 Müller MJ, Bosity-Westphal A, Kutzner D et al. Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. *Obes Rev* 2002; 3: 113–122
- 42 Müller MJ, Grund A, Krause H et al. Determinants of fat mass in pre-pubertal children. *Br J Nutr* 2002; 88: 545–554
- 43 Poppitt SD, Keogh GF, Prentice AM et al. Long-term effects of ad libitum low-fat, high-carbohydrate diets on body weight and serum lipids in overweight subjects with metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* 2002; 75: 11–20
- 44 Ravussin E, Bogardus C. Relationships of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 968–975
- 45 Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC et al. Reduced rate of energy-expenditure as a risk factor for body-weight gain. *N Engl J Med* 1988; 318: 467–472
- 46 Redman LM, Heilbronn LK, Martin CK et al. Metabolic and behavioral compensations in response to caloric restriction: Implications for the maintenance of weight loss. *PLoS ONE* 2009; 4: e4377
- 47 Rosenbaum M, Hirsch J, Gallagher DA et al. Long-term persistence of adaptive thermogenesis in subjects who have maintained a reduced body weight. *Am J Clin Nutr* 2008; 88: 906–912
- 48 Rosenbaum M, Kissileff HR, Mayer LES et al. Energy intake in weight-reduced humans. *Brain Res* 2010; 1350: 95–102
- 49 Rosenbaum M, Leibel R. Adaptive thermogenesis in humans. *Int J Obes* 2010; 34: 547–555
- 50 Ryan AS. Insulin resistance with aging: effects of diet and exercise. *Sports Med* 2000; 30: 327–346
- 51 Samaha FF, Iqbal N, Seshadri P et al. A low-carbohydrate as compared with a low-fat diet in severe obesity. *N Engl J Med* 2003; 348: 2074–2081
- 52 Saris WHM, Astrup A, Prentice AM et al. Randomized controlled trial of changes in dietary carbohydrate/ fat ratio and simple vs complex carbohydrates on body weight and blood lipids: the CARMEN study. *Int J Obes* 2000; 24: 1310–1318
- 53 Schoeller DA. The energy balance equation: looking back and looking forward are two very different views. *Nutr Rev* 2009; 67: 249–254
- 54 Seidell JC, Muller DC, Sorkin JD et al. Fasting respiratory exchange ratio and resting metabolic rate as predictors of weight-gain: the Baltimore Longitudinal Study on Aging. *Int J Obes* 1992; 16: 667–674
- 55 Skov AR, Toubro S, Rønn B et al. Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int J Obes* 1999; 23: 528–536
- 56 Sloth B, Krog-Mikkelsen I, Flint A et al. No difference in body weight decrease between a low-glycemic-index and a high-glycemic-index diet but reduced LDL cholesterol after 10-wk ad libitum intake of the low-glycemic-index diet. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 337–347
- 57 Sparti A, DeLany JP, de la Bretonne JA et al. Relationship between resting metabolic rate and the composition of the fat-free mass. *Metabolism* 1997; 46: 1225–1230
- 58 Tataranni PA, Harper IT, Snitker S et al. Body weight gain in free-living Pima Indians: effect of energy intake vs expenditure. *Int J Obes* 2003; 27: 1578–1583
- 59 Thomas DM, Ciesla A, Levine JA et al. A mathematical model of weight change with adaption. *Math Biosci Eng* 2009; 6: 873–887
- 60 Torbay N, Baba NH, Sawaya S et al. High protein vs high carbohydrate hypoenergetic diet in treatment of obese normoinsulinemic and hyperinsulinemic subjects. *Nutr Res* 2002; 22: 587–598
- 61 Tremblay A, Chaput JP. Adaptive reduction in thermogenesis and resistance to lose fat in obese men. *Br J Nutr* 2009; 102: 488–492
- 62 Tremblay A, Major GC, Doucet E et al. Role of adaptive thermogenesis in unsuccessful weight-loss intervention. *Future Lipidol* 2007; 2: 651–658
- 63 Utter AC, Nieman DC, Shannonhouse EM et al. Influence of diet and/or exercise on body composition and cardiorespiratory fitness in obese women. *Int J Sport Nutr* 1998; 8: 213–222
- 64 van Aggel-Leijssen DPC, Saris WHM, Hul GB et al. Short term effects of weight loss with or without low-intensity exercise training on fat metabolism in obese men. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 523–531
- 65 van Aggel-Leijssen DP, Saris WH, Hul GB et al. Long-term effects of low-intensity exercise training on fat metabolism in weight-reduced obese men. *Metabolism* 2002; 51: 1003–1010
- 66 Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol* 2005; 98: 160–167
- 67 Virtanen KA, Lidell ME, Orava J et al. Functional brown adipose tissue in healthy adults. *N Engl J Med* 2009; 360: 1518–1525
- 68 Weigle D, Sande K, Iverius P et al. Weight loss leads to a marked decrease in nonresting energy expenditure in ambulatory human subjects. *Metabolism* 1988; 37: 930–936
- 69 Wilmore JH, Despres JP, Stanforth PR et al. Alterations in body weight and composition consequent to 20 wk of endurance training: the HERITAGE Family Study. *Am J Clin Nutr* 1999; 70: 346–352