



Stärkere Muskeln erhöhen den Grundumsatz!

Fakt oder Fiktion?

Jede(r), die/der in der Fitnessbranche arbeitet, hat schon einmal gehört oder sogar gesagt, dass Muskeln den energetischen Grundumsatz erhöhen würden. Gemeint ist, dass die erhöhte, stoffwechselaktive Muskelmasse den Grundumsatz merklich erhöht und ganztagig „Kalorien verbrennt“. Aber stimmt das tatsächlich? Lässt sich eine Erhöhung des Grundumsatzes durch mehr oder stärkere Muskeln überhaupt ermitteln? Und falls ja, wie bedeutsam ist das rechnerisch? Prof. Dr. Theodor Stemper hat für F&G recherchiert.

Abnehmen 24 Stunden am Tag durch gut trainierte Muskulatur!“ Neben dieser populären Idee finden sich zum Thema Grundumsatz, also dem Energieumsatz in Ruhe, unzählige Behauptungen – sowohl zur Energiezufuhr bzw. zum Energiebedarf als auch zum Energieabbau. Einige sind wissenschaftlich korrekt, andere umstritten, nicht wenige auch unhaltbar und falsch.

Da besonders die Aussage „Stärkere Muskeln erhöhen den Grundumsatz!“ sehr verbreitet ist, soll im Folgenden der Versuch unternommen werden, wesentliche Fakten und Formeln im Überblick darzustellen. Wir werden diese Behauptung überprüfen, um die entsprechenden Diskussionen in diesem Bereich zu verstehen, damit dann letztlich die Kunden im Fitnessbereich auf dieser Basis kompetent beraten werden können.



Physikalische Grundbegriffe

Der menschliche Organismus kann, wie jedes andere Lebewesen, nur durch ein ausgeklügeltes System von Aufnahme und Nutzung von Energie existieren. Um die Funktion des menschlichen Stoffwechsels zu verstehen, ist daher die Kenntnis energetischer Grundlagen von wesentlicher Bedeutung.

Die Berechnung des Energieumsatzes erfolgt auf der Basis von Grundbegriffen zu (mechanischer) Arbeit und Wärmeproduktion, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Die **physikalischen Faktoren sind Kraft und Weg** und die Idee, dass sich die daraus als Produkt zu errechnende Arbeit als Energie ausdrücken lässt. Gemäß der Formel für Arbeit, „Arbeit = Kraft x Weg“, ergibt sich als Grundeinheit für die Arbeit „Newton x Meter“, also Nm. Die Grundeinheit für **Kraft** ist

das **Newton (N)**, für **Weg** der **Meter (m)**. Ein Newton ist im Übrigen diejenige Kraft, die einer Masse von 1 kg eine Beschleunigung von 1 m/sec² verleiht.

Arbeit und Wärme haben die gleiche Einheit: **Joule**. Alternativ dazu gibt es noch die gute alte Kalorie, die als Einheit zwar nicht mehr SI-konform (SI: Internationales Einheitensystem, frz. Système international d'unités) ist, aber noch immer sehr populär. Eine Kalorie entspricht ¼ des Brennwertes eines Joule. Der gesamte Energieumsatz („Kalorienverbrauch“) lässt sich demnach dadurch bestimmen, dass die gesamte **Wärmeproduktion bzw. -abgabe** eines Menschen erfasst wird. Das wiederum kann durch die sogenannte direkte **Kalorimetrie** (nach Lavoisier) erfolgen, bei der sich die zu untersuchende Person in einem speziellen, hermetisch abgeschirmten Käfig (Raum) befindet. In dessen Wand wird mithilfe von Sensoren die Wärmeänderung über 24 Stunden registriert und die Aufnahme von O₂ und Abgabe von CO₂, was dann wiederum als Ausdruck der Energieproduktion bzw. des Energieumsatzes dieser Person in diesen 24 Stunden gilt.

Alternativ und ergänzend zu dieser summarischen Berechnung hat Professor Marinos Elia 1992 Faktoren ermittelt, die den Energieumsatz von unterschiedlichen Organen und Geweben differenzierter ausdrücken (siehe Tabelle 2).

Der Arbeitsumsatz

Wenn wir vom Arbeits- bzw. Aktivitätsumsatz einer Person sprechen, dann ist der Energieumsatz gemeint, der über den Ruheumsatz hinaus geht. Für Bewegungsaktivitäten kommt dann zusätzlich der Begriff Leistung ins Spiel. **Leistung** beschreibt, in welcher Zeit die Arbeit erfolgt ist (Arbeit/Zeit). Die Einheit für Leistung ist **Watt** bzw. Joule/Sekunde.

Die folgenden Überlegungen und Berechnungen basieren auf der Einheit für Arbeit, Joule bzw. Kalorie, wobei in der Praxis meistens mit der „großen Kalorie“, also der ‚kcal‘, gerechnet wird.

Energiebedarf und „-verbrauch“

Zunächst muss festgehalten werden, dass – im Sinne des ersten Satzes der Thermodynamik zur Energieerhaltung – die Energie im strengen Sinne gar nicht „verbraucht“ werden kann. Energie kann nur entweder gespeichert oder, um dadurch Arbeit zu verrichten, umgesetzt bzw. umgewandelt werden.

Aus diesem thermodynamischen Grundsatz folgt gleichzeitig, dass lebende Organismen immer dann, wenn



die Energieaufnahme den Energieverbrauch übersteigt – also bei einem Überschuss von Energie, ausgedrückt in Kalorien bzw. Joule – dazu übergehen, diese zu speichern, und zwar in Form von Fett. Im Extremfall sind dann Übergewicht und Adipositas die Konsequenz.

Dass die Energieaufnahme durch die Nahrung erfolgt, ist allgemein bekannt. Doch wodurch wird die Nutzung, also der „Verbrauch“ verursacht?

Die Antwort darauf lautet: Vier Faktoren sind für den täglichen Energieumsatz bzw. Gesamtenergiebedarf (GE) verantwortlich.

- 1. Grundumsatz (GU)**, gemessen unter definierten Ruhebedingungen. Der GU ist in der Regel für 50–75 % des GE verantwortlich.
- 2. Aktivitätsumsatz (AU)**, d.h. Arbeits- bzw. Leistungsumsatz mit bewe-

gungsabhängiger Thermogenese (Wärmebildung), der über den GU hinausgeht. Umgekehrt stellt der AU den Energiebedarf für körperliche Aktivität dar. Je nach Umfang und Intensität der Aktivität ist der AU für ca. 15–30 % des GE verantwortlich, kann aber, bei umfangreichen und (hoch-)intensiven Belastungen, auch mehr als 50 % ausmachen.

- 3. Nahrungsmittelinduzierte Thermogenese (NT)**. Abhängig von den verschiedenen Nährstoffen wird nicht die gesamte Energie aufgenommen. Die NT ist verantwortlich für bis zu 10 % des GE.
- 4. Adaptative Thermogenese (AT)**, z.B. durch Wärme- oder Kältere Regulation oder durch psychischen Stress. Die AT ist unter normalen Bedingungen nur zu geringen Anteilen für den GE relevant.

Tab. 1: Physikalische und physiologische Grundbegriffe

Dimension	Symbol	Einheit	Berechnung	Entsprechung
Arbeit ¹	W	Nm (Newton-meter)	1 N x 1 m (1 Newton x 1 Meter)	J (Joule)
Merke: Arbeit, Energie und Warmemenge haben die gleiche Einheit (Joule bzw. Nm). Um Arbeit zu verrichten, ist Energie notwendig.				
Umrechnung		cal → J 1 cal (Kalorie ³) = 4,185 J (Joule)		kcal → kJ 1 kcal (Kilokalorie) = 4,185 kJ (Kilojoule)
		J → cal 1 J = 0,239 cal		kJ → kcal 1 kJ = 0,239 kcal (bzw. 239 cal)
1 kcal = 1.000 cal (1 Kilokalorie = 1.000 Kalorien)				
Leistung ²	P	J/sek (Joule pro Sekunde)	1 J / 1 sek (1 Joule pro 1 Sekunde)	Watt

¹ Arbeit = Kraft x Weg Arbeit (W) = Kraft (F, in Newton) mal Weg (s, in Meter) W = F x s
² Leistung = Arbeit / Zeit Leistung (P) = Arbeit (W, in Joule) durch Zeit (t, in Sekunden) P = W / t
³ Eine Kalorie ist die Wärmemenge, die erforderlich ist, um ein Gramm Wasser von 14,5 auf 15,5° C zu erwärmen

In bestimmten Lebenssituationen, wie Wachstum, Schwangerschaft und Stillperiode, wird außerdem zusätzlich Energie „verbraucht“.

Damit ergibt sich als grundlegende Summenformel für den Gesamtenergieumsatz (GE):

$$GE = GU + AU + NT + AT$$

Wenn vier Faktoren für die Höhe des Gesamtenergieumsatzes („Energieverbrauch“) verantwortlich sind, dann kann prinzipiell auch jeder einzelne dieser Faktoren den Umsatz beeinflussen – vor allem der Grundumsatz (GU), an 24 Stunden pro Tag.

Energieverbrauch durch Grundumsatz

Dass in Ruhe Energie umgesetzt werden soll, ist auf den ersten Blick vielleicht verwirrend, denn es findet ja keine sichtbare Aktivität bzw. Arbeit statt. Doch auch in Ruhe ergibt sich ein Energiebedarf und zwar dadurch, dass zum Erhalt der lebensnotwendigen Körperfunktionen eine Vielzahl von Organen und Organsystemen stoffwechselaktiv sind. Wachstum, Umbau, Neubildung, Erhaltung und Speicherung von Körpersubstanz, Transport- und Informationsverarbeitungsprozesse, unwillkürliche Aktivitäten der Körperorgane: all diese Funktionen verbrauchen Energie. Auch die einzelnen Organe, wie z.B. Herz (Herzschlag), Lunge (Atmung), Darm (Peristaltik), Leber, Nieren (Stoffwechsel- und Ausscheidungsprozesse), Gehirn und Nervensystem (Denk- und Steuerungsfunktion) – ja, in geringem Maße sogar auch das Fettgewebe und natürlich auch die Skelettmuskulatur (Muskeltonus) verbrennen Energie. Anteilmäßig stellt sich das im Durchschnitt so dar, wie es in Tabelle 2 aufgelistet ist (vgl. Schek, 2002, S. 29; Wang et al., 2005, 2011).

Tab. 2. Anteil der verschiedenen Organe und Gewebe am GU (Grundenergieumsatz)

Organ, Gewebe	Anteil am GU (%) (Schek, 2002)	Anteil am GU (%) (Wang et al. 2005)	kcal/kg Gewebe/Tag (Elia, 1992)	kcal/Organ/Tag (Referenz-person 70 kg; davor anteilige kg)	
Gehirn	25	20	240	1,4 kg	336
Leber	25	21	200	1,8 kg	360
Skelettmuskeln	18	22	13	28,0 kg	364
Fettgewebe	n. a.	4	4,5	15,0 kg	68
Nieren	10	8	440	0,31 kg	136
Herz	6	9	440	0,33 kg	145
übrige Organe ¹	16	16	12	23,16 kg	278
Gesamt	100	100		70 kg	1.687

¹ Knochen, Blut, Haut, Bindegewebe, Verdauungstrakt, Lungengewebe, Milz und andere Komponenten von geringer Größe

„Große Verbraucher“

Wie man sieht, macht die Grundaktivität der Skelettmuskulatur – auch wenn sie nicht sichtbar „arbeitet“ – in absoluten Werten immerhin annähernd schon 1/5 des GU aus, die Aktivität von Gehirn und Leber ebenfalls jeweils circa 1/5 bis 1/4 insgesamt die Hälfte des GU.

In relativen Zahlen ausgedrückt, wird allerdings deutlich, dass die Gewebe in Ruhe einen sehr unterschiedlichen Energiebedarf haben. Das Muskelgewebe benötigt in Ruhe pro kg Gewebemasse nur 1/34 im Vergleich zu den „großen Verbrauchern“ (Gehirn, Leber, Herz). Wenn die Muskulatur nicht vorrangig aktiv ist, ist das biologisch nachvollziehbar und sinnvoll.

Konkret finden sich nach Elia (1992; vgl. dazu auch Wang et al., 2005) die in Tabelle 2 aufgelisteten Daten zum Kalorienumsatz pro Tag – und zwar unabhängig vom Geschlecht. In der Tabelle sind diese Daten in kcal pro kg der entsprechenden Organ- bzw. Gewebemasse dargestellt. Die Berechnung basiert auf der Erkenntnis, dass alle (!)

Organe und Gewebe aus vier Komponenten bestehen, und zwar Fett, fettfreie Masse (ffm), extrazelluläre Flüssigkeit und extrazelluläre feste Bestandteile. Nur die „ffm“ ist verantwortlich für den Energieverbrauch.

Faktor Gewicht

Bei der Kalkulation des Gesamt-GU ist natürlich das absolute Gewicht der Organe zu bedenken, das sehr unterschiedlich ist. Das Herz etwas verbraucht zwar 440kcal pro kg Herzgewebe, ein typisches Herz aber mit nur ca. 330g (0,33kg) Herzgewicht verbraucht in absoluten Zahlen nur 145 kcal/Tag (errechnet aus 0,33 x 440). Dagegen benötigt die Skelettmuskulatur, die mit 13 kcal zwar pro kg Gewebemasse relativ „genügsam“ ist, bei einer „70 kg-Normalperson“ mit etwa 28kg Muskelmasse (das entspricht ca. 40% des Körpergewichts), 28 x 13kcal = 364 kcal/Tag – also etwa das Dreifache im Vergleich zum Herzen.

Während diese Berechnungen, absolut wie relativ, aufgrund der Angaben von Schek (2002) und Wang et al. (2005, 2011) in Tabelle 2 übereinstimmen, ist das bei den übrigen Werten für die Leber (1,8 kg, d. h. 1,8 x 200kcal = 360 kcal), die Nieren (0,31 kg; d. h. 0,31 x 440 = 136kcal) und das Gehirn (1,4 kg; d. h. 1,4 x 240 = 336kcal) nicht der Fall. Hier sind die absoluten und relativen Angaben nicht kongruent, die Schätzung von Wang et al. (2005) auf Basis von Elia (1992) ergibt im Vergleich zu der von Schek (2002) einen etwas größeren Anteil (!) der Skelettmuskulatur am GU, auf Kosten der anderen Organe und Gewebe (s. Tab. 2).

Berechnung des GU in kcal/Tag

Ungeachtet dieser sehr spezifischen Angaben gibt es eine Faustregel zur Abschätzung des Grundumsatzes bei





Erwachsenen, nach der der GU überschlagsartig folgendermaßen berechnet werden kann (vgl. Schek, 2002):

GU = 1 kcal / kg KG / h
 (d. h.: 1 kcal (bzw. 4,2 kJ)
 pro kg Körpergewicht pro Stunde)
Alternativ Formel: GU (in kcal)
= 24 x kg KG bzw.
GU (in kJ) = 100 x kg KG

Das ergibt pro Tag (pro 24 Stunden), z.B. für eine männliche Referenzperson von 70 kg Körpergewicht, dann einen GU von:

$GU = 1(\text{kcal}) \times 70(\text{kg}) \times 24(\text{Std.})$
= 1.680 kcal/Tag (bzw. ca. 7.000 kJ/Tag).

Für eine Frau mit 60 kg Körpergewicht betragen die entsprechenden Werte 1.440 kcal bzw. ca. 6.000 kJ/Tag.

Es gibt eine Vielzahl von Formeln zur Berechnung des GU in kcal/Tag. Allein für übergewichtige Kinder haben Hofsteenge et al. (2010) 43 Vorschläge gefunden, davon zwölf mit Berücksichtigung der fettfreien Masse. Am weitesten verbreitet und bekannt zur Berechnung des GU in kcal/Tag ist die „klassische Formel“ für die basic metabolic rate (BMR) nach Harris und Benedict aus dem Jahre 1918 (!). Sie ist auch bekannt als HBE (Harris-Benedict-Equation), die seinerzeit aus Werten erstellt wurde, die mit indirekter Kalorimetrie ermittelt wurden. Sie kommt der oben genannten „Faustregel“ sehr nahe und lautet:

$BMR(\text{GU}) \text{ Frau} = 655.0955 + (9.5634 \times w) + (1.8496 \times h) - (4.6756 \times a)$
 $BMR(\text{GU}) \text{ Mann} = 66.473 + (13.7516 \times w) + (5.0033 \times h) - (6.7750 \times a)$

Bedeutung der Symbole: w = weight (Körpergewicht in kg), h = height (Körpergröße in cm), a = age (Alter in Jahren).

Daraus errechnet sich z.B. für eine Frau (60 kg, 165 cm, 30 Jahre) ein GU (BMR) von 1.393,85 kcal, für einen Mann (70 kg, 180 cm, 30 Jahre) 1.726,29 kcal. Das entspricht annähernd der o.g. Faustformel (1 kcal pro kg), denn der relative Wert in kcal pro kg beträgt hier 0,97 (Frau) bzw. 1,03 (Mann).

Ändert man jedoch das Alter der Personen auf 60 Jahre, dann liegen diese „alterskorrigierten Werte“ gut 10% niedriger, absolut bei 1.253,57 bzw. 1.523,04 kcal. Berücksichtigt man zudem unterschiedliche Körpergewichte oder Körpergrößen, so verändert sich ebenfalls sowohl der absolute Wert als auch der relative Wert.

Näherungswerte & Abweichungen

Die geschätzte Fehlertoleranz bei all diesen Formeln liegt zudem in einem Bereich von ca. 10–15%, bzw. bei bis zu ± 200 kcal/Tag, so dass es sich hier tatsächlich nur um Näherungswerte handeln kann.

Zu bedenken ist auch, dass die Höhe des GU nicht nur vom Geschlecht (Frauen haben i.d.R. circa 5–10% weniger), sondern auch von weiteren Faktoren abhängt. Zu nennen sind hier vor allem, wie oben angedeutet, das Alter (vor allem bei langjähriger Inaktivität), aber auch Rasse, Klima, Höhenlage, Ernährungs- und Hormonstatus – vor allem aber die Körperoberfläche (die in den Formeln oben annähernd über Gewicht und Größe berücksichtigt wird) und Magermasse (bes. Muskelmasse).

Für Übergewichtige würde mit den Faustformeln der GU außerdem i.d.R. überschätzt, so dass dort, wenn überhaupt, für die Berechnung des GU eher mit dem für deren Geschlecht und Kör-

pergröße angemessenen Normalgewicht kalkuliert werden sollte.

Erhöht Muskeltraining den Grundumsatz?

Im Fitnessbereich wird bekanntlich gerne, vor allem wenn es um die Regulation des Körpergewichts geht, mit der Bedeutung der Muskelmasse argumentiert. Stichwort: „*Abnehmen 24 Stunden am Tag*“. Der Hintergrund dafür ist die Auffassung, dass die erhöhte, stoffwechselaktive Muskelmasse den Grundumsatz merklich erhöht und damit ganztägig „Kalorien verbrennt“.

So gesehen, wäre vor allem Muskeltraining eine zielführende Strategie zur Regulierung des Körperfettanteils – was nicht zu verwechseln ist mit der Verringerung des Körpergewichts, das aufgrund des erhöhten Muskelanteils sogar konstant bleiben oder auch leicht ansteigen kann!

Ist diese Erhöhung des GU durch Muskeltraining denn überhaupt möglich? Die Antwort lautet: Ja, das ist in der Tat prinzipiell korrekt. Doch wie bedeutsam ist das auch rechnerisch?

In entsprechenden Internetforen finden sich Angaben von 50 bis 100 kcal pro kg Muskulatur, um die der GU erhöht werden soll. Das klingt verlockend, denn dann würden 2 kg mehr Muskelmasse den GU um 200 kcal/Tag erhöhen. Nach den o.g. Werten für den GU wären das beachtliche 10–15% (!) des GU. Allerdings stellt sich die Frage, woher diese Angaben stammen. Eine wissenschaftlich fundierte Quelle ist dort i.d.R. nicht zu finden.

Die in diesem Artikel präsentierte Recherche, die in Tabelle 2 gebündelt ist, beruht dagegen auf anerkannten Studien und Berechnungsmodellen von Elia (1992) und Wang et al.

(2005, 2011). Deren Ergebnisse sind aber etwas ernüchternder. Pro kg Muskelgewicht lässt sich demnach lediglich mit 13kcal Mehrverbrauch rechnen, bei 2kg Muskelmasse folglich mit 26kcal/Tag.

Effekte sind nachweisbar!

Eine Studie von Donnelly et al. (2003) gibt weitere interessante Hinweise. In einem Überblick über Studien zum Muskelaufbau unter kontrollierten Bedingungen über 8 bis 52 Wochen ergab sich in diesen Zeiträumen ein Netto-Muskel-Zuwachs von 2,2 bis 4,5 lbs. (Pfund), das entspricht ca. 1 bis 2kg. Wenn man von der genannten Tatsache ausgeht, dass 1 kg Muskelmasse den GU pro Tag (lediglich) um 13kcal erhöht, mag das auf den ersten Blick wenig erscheinen.

Doch auch dieser kleine Effekt – bei den realistischen 2kg Muskelmasse-Plus nach einem Jahr wären es 26 kcal pro Tag – rechnet sich natürlich. Denn auf ein Jahr bezogen bedeutet das nicht weniger als jeden Tag, also 365 Tage/Jahr, 26 kcal: d.h. $365 \times 26 = 9.490$ kcal/Jahr, in zehn Jahren 94.900 kcal.

Umgerechnet in Fettgewebe (bei einem Wert von schätzungsweise ca. 7.700kcal pro kg – NB: Genauere Angaben zum Brennwert von Fettgewebe fehlen, vgl. Hauner, 2012) sind das 1,2kg pro Jahr bzw. 12kg Körperfett in 10 Jahren! Realistischer Weise entspricht das ungefähr der Menge, die nicht Trainierende in dieser Zeit zunehmen würden!

Die Aussage „Fettverbrennung 24 Stunden am Tag“ ist damit wirklich nachvollziehbar.

Herz-Kreislauf-Stimulation & „Nachbrenneffekt“

Doch es ist nicht allein der unmittelbare ‚Muskel-Effekt‘, der den zu erwartenden, trainingsbedingten Energiemehrumsatz erklärt. Denn Muskeltraining führt aktuell wie chronisch auch noch, neben einer grundlegenden hormonellen Stimulation, zu mindestens zwei weiteren, bedeutsamen Effekten, die ebenfalls die Energiebilanz verbessern:

1. „Nachbrenneffekt“ (EPOC) nach jedem Training

Es lässt sich besonders nach hoch intensiven, weniger aber nach niedrig oder mittel intensiven Trainingseinheiten ein relevanter Kalorienverbrauch nach Belastungsende feststellen, der sich auch tatsächlich als erhöhter Sauerstoffmehrvverbrauch nach Belastung messen lässt (englisch: excess post exercise oxygen consumption – daher EPOC). Dieser Mehrverbrauch kann vor allem nach längeren und intensiven Trainingseinheiten im besten Fall



durchaus um 100kcal in den folgenden 24 Stunden betragen, was bei drei Trainingseinheiten pro Woche 300kcal, in einem Monat 1.200kcal und in einem Jahre 12.000kcal ausmachen kann. Nach einem Jahr entspräche das wiederum dem Brennwert von ca. 1,5 kg Körperfettgewebe!

2. Vergrößerung des Herzmuskels. Jede Form des Trainings stimuliert auch das Herz-Kreislauf-System. Und intensives Muskeltraining, so wie auch Ausdauertraining, führt nicht nur zur Hypertrophie in den Skelettmuskeln, sondern auch im Herzmuskel. Wenn somit das „normale“ Herzgewicht von etwa 330 Gramm nach einem längerfristigen Training nur um realistische 50 Gramm ansteige, dann machte das $0,05 \text{ kg} \times 440 \text{ kcal} = 22 \text{ kcal}$ Mehrverbrauch pro Tag aus, und zwar wiederum an jedem Tag, also 365 Tage im Jahr – was dann auch nochmals wieder dem Brennwert von ca. **1 kg Körperfett** entspräche.

Fazit

Muskeln sind in der Tat relevante Stoffwechsel-Aktivatoren, sowohl unmittelbar wie mittelbar. Schon eine realistische, trainingsbedingte Zunahme der Muskelmasse um 2 kg bewirkt pro Jahr einen unmittelbaren Mehrumsatz an Energie, der 1 kg Körperfett entspricht. Und es bewirkt allein im Bereich von EPOC und Herzmuskelaktivität eine zusätzliche Stimulation, die jeweils noch einmal einem Brennwert von ca. 1 bis 1,5kg Körperfett entspricht. Summa summarum wären das dann 3 kg Körperfett pro Jahr. Ein nicht Trainierender würde ungefähr diese Menge in gleicher Zeit zunehmen.

So wird verständlich, warum regelmäßiges, vor allem intensives Muskeltraining schon allein über die ‚chronische‘ Steigerung des GU den Körperfettanteil und langfristig auch das Körpergewicht stabil halten kann.

Bleibt als Ausblick: Wie relevant ist hier zusätzlich der jeweilige Arbeitsumsatz? Und wie bedeutsam ist gezieltes Muskeltraining im Vergleich zu den trainingsunabhängigen Grundaktivitäten im Alltag (NEAT = non exercise activity thermogenesis)? Mehr dazu in einer Folgeausgabe von F&G.

Prof. Dr. Theodor Stemper

Literatur

- Elia, M. (1992). *Organ and tissue contribution to metabolic rate.* In Kinney, J.M. & Tucker, H.N. (eds.). *Energy Metabolism: Tissue Determinants and Cellular Corollaries* (p. 61-80). New York: Raven Press.
- Donnelly, J.E., Jakicic, J.M., Pronk, N., Smith, B.K., Kirk, E.P., Jacobsen, D.J. & Washburn, R. (2003). *Is Resistance Training Effective for Weight Management? Evidence-Based Pre-ventive Medicine.* 1(1), 21-29.
- Harris, J.A. & Benedict, F.G. (1918). *A Biometric Study of Human Basal Metabolism.* Proc Natl Acad Sci U S A. 4(12), 370-373.
- Hauner, H. (2012). *Effektiver Brennwert von Fettgewebe.* *Internistische Praxis* 52(1), 52.
- Hofsteenge, G.H., Chinapaw, M.J.M., Delemarre-van de Waal, H.A. & Weijs, P.J.M. (2010). *Validation of predictive equations for resting energy expenditure in obese adolescents.* Am J Clin Nutr 91(5), 1244-1254.
- Schek, A. (2002). *Ernährungslehre kompakt.* (2. vollst. überarb. Aufl.). Frankfurt: Umschau-Verlag.
- Wang, Z., Heshka, S., Heymsfield, S.B., Shen, W. & Gallagher D. (2005). *A cellular-level approach to predicting resting energy expenditure across the adult years.* Am J Clin Nutr 81(4), 799-806.
- Wang, Z., Ying, Z., Bosy-Westphal, A., Zhang, J., Heller, M., Later, W., Heymsfield, S.B. & Müller, M.J. (2011). *Evaluation of specific metabolic rates of major organs and tissues: comparison between men and women.* Am J Hum Biol 23(3), 333-338. doi: 10.1002/ajhb.21137. Epub 2010 Dec 22.



Prof. Dr. Theodor Stemper
Sportwissenschaftler an der Bergischen Universität Wuppertal, 1. Stellvertretender Vorsitzender des Bundesverbandes Gesundheitsstudios Deutschland e.V. (BVGSD) und Ausbildungsdirektor des DFAV e.V.