

Sport, weißes braunes & beiges Fettgewebe

Henning Wackerhage

Podcast-Sript

Mein Name ist Henning Wackerhage. Ich bin Professor für Sportbiologie an der TU München und ich bin einer der Sportbiologen.

Wir haben drei Arten von Fettgewebe in unserem Körper, das weiße, braune und beige Fettgewebe. Heute möchte ich das Fettgewebe insbesondere in Bezug auf Sport vorstellen.

1 Was ist eigentlich Fett?

Fett ist ein Molekül, das aus einem Glycerin besteht und drei Fettsäuren, die daran gebunden sind. Fettsäuren sind Kohlenstoffketten, die ein Brennstoff für den Energiestoffwechsel sind. Fett hat eine große Energiedichte.

- Fett hat eine Energiedichte von 9,3 kcal (also grob 10 kcal; 39 kJ) Energie pro Gramm Fett.
- Kohlenhydrate haben eine Energiedichte von 4,1 kcal/g (17,2 kJ/g) liegt.

Wenn Fett abgebaut wird, dann schneidet das Enzym **Lipase** vom Glycerin die Fettsäuren ab und die Fettsäuren werden dann vom Energiestoffwechsel genutzt.

2 Was für Fettgewebe gibt es?

Was ist eigentlich das Fettgewebe? Die meisten denken vor allem an das weiße Fettgewebe, doch es gibt das **weiße, braune und beige Fettgewebe**. Die Fettzellen werden in der wissenschaftlichen Literatur auch Adipozyten genannt.

Das weiße Fettgewebe ist vor allem an zwei Orten:

- 1) (subkutanes Fettgewebe) unter der Haut. Man kann die Menge schätzen, indem man mit einem Kaliper die Hautfaldendicke misst.
- 2) Bauchinnenraum (viszerales Fettgewebe), Bierbauch.

Während das **Muskelglykogen** der Arbeitsmuskulatur nicht für einen Marathon reicht, so haben selbst dünne Athletinnen und Athleten eine hohe Menge an Fettenergie. Selbst eine schlanke Athletin oder ein schlanker Athlet mit 10% Körperfett bei 75 kg hat damit 7.5 kg Fett. Dies sind:

- 7500 g Fett x 10 kcal = 75.000 kcal Energie.

Die zweite Art des Fettgewebes ist das braune Fettgewebe. Das braune Fettgewebe produziert Wärme, indem es Fettsäuren verbrennt. Die Mitochondrien im braunen Fettgewebe haben dabei ein

Protein, das **uncoupling Protein 1 (UCP1)** genannt wird. Wenn UCP1 hochreguliert und aktiviert ist, dann wird kein ATP produziert sondern es kommt zu einem Kurzschluss und die Mitochondrien produzieren Wärme. Dies geschieht nicht immer, sondern vor allem als Kälteanpassung. Als positiver Effekt erhöht sich dann auch der Grundumsatz, d.h. wir verbrennen mehr Energie pro Minute. Man wußte lange nicht ob Erwachsene überhaupt braunes Fettgewebe haben, doch um 2010 hat man mit PET-Untersuchungen gezeigt, dass Erwachsene ein durch Kälte aktivierbares, braunes Fettgewebe haben. Das braune Fettgewebe sitzt in der Nähe des **Schulterblatts** und an der **Wirbelsäule**.

Zusätzlich zum weißen und braunen Fettgewebe gibt es auch noch das **beige Fettgewebe**. Das beige Fettgewebe ist weißes Fettgewebe mit Fettzellen, die durch Botenstoffe aktiviert werden können und dann wie braune Fettzellen Wärme generieren.

Zusätzlich zum weißen, braunen und beigen Fettgewebe gibt es auch Fett in Organen, wie z.B. im Knochenmark oder im Gehirn. Dazu gibt es auch noch Fetttropfchen in der Muskulatur.

Zusammenfassend ist das Fettgewebe ein fast unerschöpflicher Energiespeicher. Es gibt weißes, braunes und beiges Fettgewebe wobei braunes und beiges Fettgewebe Hitze produzieren können, wenn Sie z.B. durch Adrenalin oder Noradrenalin oder Hormone wie Sekretin stimuliert werden.

2 Wie wichtig ist der Fettstoffwechsel bei körperlicher Belastung?

Hier gibt es mehrere Mißverständnisse wie z.B.:

- Man muss erst eine bestimmte Zeit trainieren bevor sich der Fettstoffwechsel anschaltet.
- Für einen Marathon ist es entscheidend den Fettstoffwechsel zu trainieren.
- Zum Gewichtabnehmen muss man die Fettverbrennung anschalten.

Ich möchte jetzt den Fettstoffwechsel erklären und dann diese Mißverständnisse diskutieren. Zunächst erst einmal zum Ablauf des Fettstoffwechsels:

- Bei körperlicher Belastung erhöht sich die Konzentration von den Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin.
- Adrenalin und Noradrenalin binden sich im Fettgewebe an sogenannte Adrenorezeptoren. Die schalten dann die Hormon-sensitive Lipase an, die die Fettsäuren vom Glycerin abschneidet. Dadurch erhöht sich die Konzentration der freien Fettsäuren im Blut.
- Skelettmuskeln nehmen dann diese Fettsäuren aus dem Blut auf oder Fettsäuren, die von intramuskulären Fetttropfchen stammen.
- Die Fettsäuren werden dann in der sogenannten β -Oxidation verstoffwechselt. Dabei wird Acetyl-Coenzym A gebildet.

- Das Acetyl Conenzym A wird dann über Krebszyklus, Atmungskette und die F0F1-ATP-Synthase zu ATP verstoffwechselt.

Zu den Mißverständnissen:

Mißverständnis 1. Man muss erst eine bestimmte Zeit trainieren bevor sich der Fettstoffwechsel anschaltet. Der Fettstoffwechsel hängt vor allem von der Acetyl-CoA-Produktion durch die Glykolyse ab. In Ruhe und bei niedriger bis mittlerer Belastungsintensität ist die Glykolyse wenig aktiv und produziert nur wenig Acetyl-CoA. Hierbei, also in Ruhe und bei mittelintensiver Belastung, wird dann vor allem das von der β -Oxidation produzierte Acetyl-CoA genutzt und stellt 50-60% der Energiemenge. Dies erhöht sich zusätzlich, wenn man lange nichts gegessen hat, wenn die Glykogenspeicher niedrig sind und wenn man bei einer längerer Belastung ohne Kohlenhydratzufuhr die Glykogenspeicher reduziert.

Bei intensiveren Belastungen liefert dann die die Glykolyse immer mehr Acetyl-CoA, so dass immer weniger Acetyl-CoA von der β -Oxidation in den Krebszyklus eingeht. Als Konsequenz geht der Anteil des Fettstoffwechsels an der Energiebereitstellung immer mehr zurück. Bei anaeroben Belastungen, wie z.B. 400 m Intervallen, werden fast ausschließlich Kohlenhydrate benutzt.

Mißverständnis 2 Für einen Marathon ist es entscheidend den Fettstoffwechsel zu trainieren.

Hierzu hat George Brooks 1993 ein Experiment durchgeführt, bei dem Marathonläufer auf dem Laufband im Labor einen Marathon entweder in 2 h 45 min oder 3 h 45 min gelaufen. Er hat dann den Respiratorischen Quotienten (RQ) gemessen, bei dem die Kohlendioxidproduktion in l/min durch die Sauerstoffaufnahme in l/min geteilt wird. Ein RQ von 1 bedeutet 100% Kohlenhydratoxidation, eine RQ von 0.7 100% Fettoxidation (O'Brien et al., 1993).

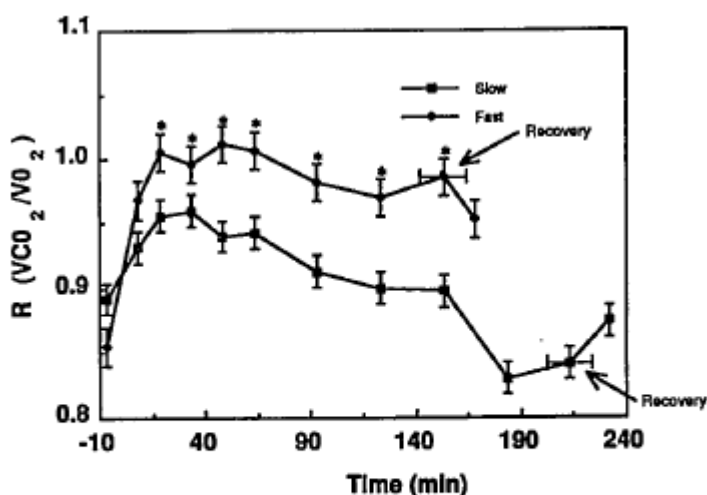


Figure 1—Respiratory exchange ratio ($R = \dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$) for fast (F) and slow (S) groups during a treadmill marathon. Values are means \pm SEM; $N = 6$ per group; asterisks indicate significant differences between groups.

Überraschenderweise fanden Brooks und Mitarbeiter, dass der RQ beim 2:45 h Marathon fast bei 1 lag, d.h. die Läufer haben fast nur Kohlenhydrate verbrannt. Beim 3:45 h Marathon lag der RQ zwischen 30-40 min bei 0.95, fiel dann aber bis auf 0,85 ab, also erst am Ende 50% Fettstoffwechsel und 50% Kohlenhydratstoffwechsel. Beim 4 h, 5 h und 6 h Marathon werden dann aber immer mehr Fette oxidiert einfach weil die Belastungen länger dauern.

Fazit: Wenn man mit hohen Glykogenkonzentrationen einen 3 h Marathon läuft und Kohlenhydrate zu sich nimmt, dann verbrennt man dabei sehr wenig Fett. Je länger man für einen Marathon braucht, desto mehr Fett verbraucht man, insbesondere ohne Carboloadung und ohne Kohlenhydratzufuhr. Bei längeren Wettbewerben wie Ironman-Triathlons werden dann zunehmend mehr Fette oxidiert. Der maximal aktive Kohlenhydratstoffwechsel kann auch mehr ATP pro Minute generieren als der maximal aktive Fettstoffwechsel. Daher können Carboloadung und Kohlenhydratzufuhr z.B. bei einem Marathon einen maximal hohen Kohlenhydratstoffwechsel und damit eine hohe Leistungsfähigkeit sicherstellen.

Mißverständnis 3. Für das Gewichtabnehmen muss man die Fettverbrennung anschalten. Für das Gewichtabnehmen ist es fast egal, ob man Fette oder Kohlenhydrate verbrennt. Es ist entscheidend, dass man eine negative Energiebilanz hat, d.h. es muss pro Tag mehr Energie verbrannt werden als in den Körper rein geht. Zum Gewichtabnehmen wird konkret ein Energiedefizit von ungefähr 500 kcal pro Tag empfohlen.

Zur Begründung: Nehmen wir an ich mache ein High Intensity Intervall Training (HIIT), bei dem ich fast nur Kohlenhydrate verbrenne. Nach der „man muss den Fettstoffwechsel anstellen, um Gewicht zu verlieren“ würde das beim Gewichtabnehmen nichts bringen, was aber falsch ist. Beim HIIT Training erniedrige ich nämlich die Glykogenkonzentration. Wenn ich dann Kohlenhydrate esse, dann werden die nach einem HIIT Training genutzt, um die Glykogenkonzentration wieder zu erhöhen. Wenn ich jetzt aber statt dem HIIT-Training ein Training gemacht habe, bei dem ich nur Fett verbrannt habe und kein Glykogen, dann werden die Kohlenhydrate, die ich mit der Ernährung zuführe, zu Fett, denn das Glykogen ist ja hoch. Am Ende ist es also gleich ob ich beim Sport Fette oder Kohlenhydrate verbrauche und damit ein Energiedefizit herstelle. Das wichtigste ist das Energiedefizit. Und insgesamt kann man am allerbesten ein Energiedefizit herstellen in dem ich weniger esse. Beim Sport ist das Problem oft, dass ich danach beim Essen mehr zu mir nehme als ich beim Sport verbraucht habe.

3 Kann ich durch Sport die Wärmeproduktion im braunen und beigen Fettgewebe anschalten?

Nach Sport gibt es ein Nachbrennen, d.h. die Wärmeproduktion und der Energieumsatz sind erhöht. Dies ist aber ein eher kleiner Energieverlust, d.h. ich verliere beim Sport selbst deutlich mehr Energie. Trotzdem auch in der Energiebilanz macht Kleinvieh Mist und kann beim Abnehmen helfen.

Zu diesem Thema gab es 2012 ein Paper in Nature von der Forschungsgruppe von Bruce Spiegelman, in dem berichtet wurde, dass ein Irisin genanntes Muskelhormon (Myokine) bei körperlicher Belastung produziert wird, das dann im beigen Fettgewebe die Wärmeproduktion stimuliert (Boström et al., 2012). Dies war eine hochinteressante Entdeckung, denn das würde bedeuten, dass man Menschen mit Adipositas oder Diabetes Irisin geben und damit den Energieumsatz erhöhen könnte. Leider gibt es Zweifel daran, ob Irisin eine Rolle beim Energieumsatz beim Menschen spielt.

Trotzdem haben andere Studien aber gezeigt, dass die Wärmeproduktion im braunen und beigen Fettgewebe aktivierbar ist. Z.B. haben Yongguo Li, Katharina Schnabl und Martin Klingenspor von der TUM 2018 in einem Cell Paper gezeigt, dass das Darmhormon Sekretin nach einer Mahlzeit das braune Fettgewebe aktiviert und den Energieumsatz erhöht. Wir selbst haben in einer Kooperation mit Thorsten Gnad und Alexander Pfeifer von der Uni Bonn menschliche Seren vor und nach Belastung und menschliche Fettzellen geben und fanden, dass die Belastungsseren von einigen Probanden stark die Produktion des Kurzschlussproteins UCP1 erhöhen. Bei anderen Probanden hatte das Belastungserum keinen Effekt. Dies suggeriert, dass es starke, inter-individuelle Effekte bei der Regulation des Fettstoffwechsels gibt

Zusammenfassend ist das Fett im Körper eine riesige Energiequelle, die in Ruhe und bei mittelintensiver Belastung für die ATP-Produktion genutzt wird. Das braune und beige Fettgewebe kann darüber hinaus bei Kälteexposition oder bei anderen Stimuli auch Wärme produzieren und dies erhöht den Grundumsatz. Das Fettgewebe ist auch nicht nur ein Energiespeicherorgan sondern produziert auch Botenstoffe, die u.a. den Stoffwechsel des gesamten Körpers regulieren. Hier gibt es noch viel zu erforschen und die Sportbiologen haben jetzt auch Projekte zum Fettstoffwechsel gestartet.

Literatur

Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M.P., Korde, A., Ye, L., Lo, J.C., Rasbach, K.A., Boström, E.A., Choi, J.H., Long, J.Z., *et al.* (2012). A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature* 481, 463-468.

O'Brien, M.J., Viguie, C.A., Mazzeo, R.S., and Brooks, G.A. (1993). Carbohydrate dependence during marathon running. *Medicine and science in sports and exercise* 25, 1009-1017.