

A.E. Jeukendrup

Fettverbrennung und körperliche Aktivität

School of Sport and Exercise Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham (GB)

Zusammenfassung

Eine verstärkte Lipidoxidation während sportlicher Aktivität spiegelt einen guten Trainingszustand wider, während eine geringere Fettstoffwechselaktivität mit Übergewicht und Insulinresistenz assoziiert ist. Die Fettverbrennung erreicht ihre höchsten Werte in Abhängigkeit vom Trainingszustand durchschnittlich bei moderaten Intensitäten um 50-65 % der maximalen Sauerstoffaufnahme (2, 8). Sie steigt mit zunehmender Belastungsdauer an und wird durch Kohlenhydrataufnahme gehemmt. Männer verbrennen für eine gegebene Belastungsintensität weniger Fett als Frauen. Darüber hinaus können Höhenexposition und hohe Umgebungstemperaturen den Kohlenhydratstoffwechsel verstärken und die Fettoxidation reduzieren. Körperliches Training ist der einzige wissenschaftlich belegte Weg, um die Fettverbrennung zu verbessern. Diverse Nahrungsergänzungen können einen solchen Effekt nicht reproduzierbar hervorrufen. Inwiefern eine erhöhte Kapazität des Fettstoffwechsels unterstützend bei der Gewichtsreduktion wirken kann, ist bislang nicht geklärt. Insgesamt ist eine sehr große interindividuelle Variabilität der Fettverbrennung zu beobachten, die nur teilweise durch die genannten Faktoren zu erklären ist. Eine genetische Prädisposition scheint relevant zu sein und sollte im Blickpunkt zukünftiger Studien stehen, zumal die Fettstoffwechselkapazität offensichtlich eine Beziehung zu Risikofaktoren für kardiovaskuläre und metabolische Erkrankungen aufweist.

Einleitung

Zunehmend wird anerkannt, dass die Fähigkeit, effektiv Fett zu verstoffwechseln, sowohl für die Ausdauerleistungsfähigkeit als auch für die Gesundheit wertvoll ist. Es ist mittlerweile gesichert, dass ausdauertrainierte Sportler eine besonders ausgeprägte Kapazität zur Oxidation von Fettsäuren besitzen. Dies versetzt sie in die Lage, Fett als Substrat zu verwenden, wenn die Glykogenspeicher nicht mehr hinreichend gefüllt sind. Im Gegensatz dazu besitzen Übergewichtige sowie Patienten mit Insulinresistenz und Diabetes mellitus II eine eingeschränkte Fettstoffwechselkapazität. Daraus resultiert eine vermehrte Speicherung von Fettsäuren im Muskel und anderen Geweben. Eine solche Anhäufung von Lipiden und ihren Metaboliten in der Muskulatur kann die Insulin-Signalkaskade stören und eine Insulinresistenz hervorrufen. Obwohl kein experimenteller Beweis vorliegt, erscheint die Annahme begründet, dass eine erhöhte Kapazität zur Fettverbrennung Übergewichtigen helfen kann, ihr Gewicht und insbesondere ihr Körperfett zu reduzieren.

Faktoren, die das Ausmaß der Fettverbrennung beeinflussen

Belastungsintensität

Einer der wichtigsten Faktoren, die den Fettumsatz während körperlicher Aktivität beeinflussen, ist die Belastungsintensität. Obwohl in

mehreren Untersuchungen das Verhältnis zwischen einzelnen Belastungsintensitäten und der Lipidoxidation beschrieben wurde, konnte dies erst kürzlich für ein größeres Intensitätsspektrum dargestellt werden (2). Insgesamt steigt der Anteil des Kohlenhydratstoffwechsels an der Gesamtenergiebereitstellung proportional zur Intensität, während die Fettverbrennung zunächst ansteigt, aber bei höheren Intensitäten wieder abfällt (Abb. 1). In mehreren Studien wurde jene Belastungsintensität definiert, bei der die höchste Fettstoffwechselrate zu beobachten ist (Fatmax). Diese Intensität kann sowohl für Gewichtsreduktionsprogramme und den Gesundheitssport als auch für das Ausdauertraining Bedeutung besitzen. Bei Trainierten fand sich das Optimum für den Fettstoffwechsel bei mittleren Intensitäten (65 %VO₂max; Abb. 1), während sie für Untrainierte bei 50 %VO₂max lag (2, 7). Eine erhebliche interindividuelle Streubreite ist allerdings zu beachten.

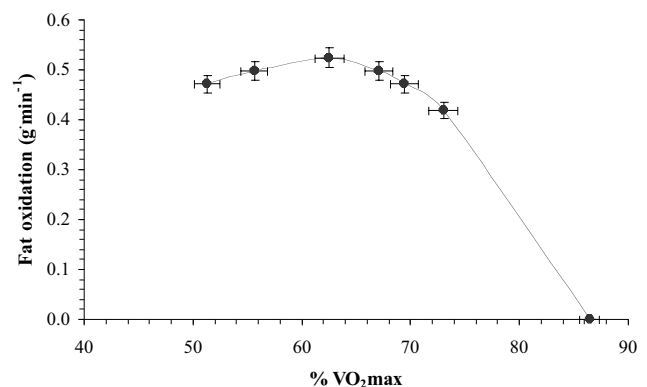


Abbildung 1: Fettoxidation in Relation zur Belastungsintensität bei trainierten Probanden (n= 55), ausgedrückt als Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme (1)

Ernährung

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die Ernährung. Eine kohlenhydratreiche Diät hemmt die Fettoxidation, während eine kohlenhydratarme Kost in hohen Fettstoffwechselraten resultiert. Die Aufnahme von Kohlenhydraten in den Stunden vor einer Belastung führt zu einem Insulinanstieg und somit zu einer um bis zu 35 % verringerten Fettverbrennung (1). Dieser Effekt des Insulins auf den Fettstoffwechsel kann postprandial 6-8 Std. anhalten. Dies wiederum bedeutet, dass die höchsten Lipidoxidationsraten im Nüchternzustand nach nächtlicher Nahrungskarenz zu erzielen sind. Daher ist ein Training ohne vorangehendes Frühstück von Ausdauersportlern häufig mit der Vorstellung eingesetzt worden, auf diese Weise die Fettstoffwechselkapazität der Arbeitsmuskulatur zu erhöhen. Allerdings ist bislang durch Studien weder belegt worden, dass ein solches Trainingsregime effektiv ist, noch dass es relevante Leistungseffekte erbringt. Schließlich kann eine nächtliche Nahrungskarenz auch die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, so dass ein solches Vorgehen nur für niedrige oder moderate Trainingsintensitäten zu empfehlen ist. Auch für eine Gewichtsreduktion ist die Effektivität eines solchen Ansatzes nicht belegt.

Belastungsdauer

Es ist schon lange bekannt, dass die Verstoffwechslung von Fetten mit zunehmender Belastungsdauer an Bedeutung gewinnt. Während Ultra-Ausdauer-Wettbewerben können die Durchsatzraten im Fettmetabolismus bis zu 1 g/min betragen. Kohlenhydrataufnahme vor bzw. während der Belastung führt auch hier zu einer Suppression der Lipidoxidation.

Art der körperlichen Aktivität

Auch die gewählte Aktivitätsform hat einen Einfluss auf das Ausmaß der Fettverbrennung. Es konnte gezeigt werden, dass die Lipidoxidation für eine gegebene Sauerstoffaufnahme während des Laufens oder Walkings höher ist als beim Radfahren (3). Die Ursache für diesen Unterschied ist unklar. Es wurde jedoch vermutet, dass die größere Kraftentfaltung pro Muskelfaser während des Radfahrens der verantwortliche Mechanismus sein könnte.

Geschlechtsunterschiede

Obwohl in verschiedenen Studien keine qualitativen Differenzen im Belastungsstoffwechsel zwischen Frauen und Männern gefunden wurden, deutet die Mehrheit der wissenschaftlichen Untersuchungen darauf hin, dass der weibliche Organismus mehr Fett verbrennt als der männliche. Im Rahmen einer aktuellen Studie wurden 150 Männer und 150 Frauen über einen weiten Intensitätsbereich miteinander verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass Frauen für die meisten Intensitäten einen höheren Fettsatz als Männer aufweisen und ihr Fatmax bei einer höheren Intensität auftritt (8).

Nahrungsergänzungen

Für viele Nahrungsergänzungsprodukte auf dem Markt wird behauptet, dass sie den Fettmetabolismus verbessern können. Zu diesen zählen Koffein, L-Carnitin, Hydroxyzitronensäure (HCA), Chrom, konjugierte Linolsäure (CLA), Ginseng, Glucomannan, grüner Tee, Psyllium und Pyruvat. Allerdings existieren kaum wissenschaftlich akzeptable Belege, dass diese Produkte wirklich die Fettoxidation während Belastung verbessern (6).

Umweltfaktoren

Umweltbedingungen können durchaus die Substratwahl des menschlichen Stoffwechsels beeinflussen. So verstärken hohe Außentemperaturen die Glykogenutzung bei körperlicher Aktivität und verringern somit die Fettverstoffwechslung. Ein ähnlicher Effekt kann bei Höhenexposition beobachtet werden.

Sportliches Training

Regelmäßiges sportliches Training stellt den einzigen gesichert effektiven Ansatz dar, um die Verstoffwechslung von Lipiden während körperlicher Belastung zu erhöhen. Insbesondere Ausdauertraining führt zu einer verbesserten muskulären Ausstattung mit Enzymen des Fettstoffwechsels. Darüber hinaus erhöht sich die Mitochondriendichte, und der lokale Blutfluss verbessert sich – beide Mechanismen mit günstigem Einfluss auf die Fettoxidation. Aus Forschungsergebnissen ergibt sich, dass bereits 4 Wochen eines regelmäßigen Trainings (3 Mal/Woche 30-60 min) die Fettverbrennung verbessern und enzymatische Veränderungen hervorrufen können (5). Über eine optimale Trainingsgestaltung, um solche Effekte zu erzielen, können derzeit keine validen Aussagen getroffen werden.

Sportprogramme für eine Gewichtsreduktion

Die günstigste Konstellation von Sportart, Intensität und Dauer eines Trainings zur Gewichtsreduktion ist momentan ebenfalls nicht eindeutig zu benennen. Aktuelle Empfehlungen befassen sich hauptsächlich mit der Erhöhung des Gesamtenergieumsatzes sowie der Gewährleistung von Compliance. Eventuell kann die Festlegung von Fatmax dabei helfen, effektiv Gewicht bzw. Fett abzubauen oder konstant zu halten, aber ein wissenschaftlicher Beleg dafür steht noch aus. Generell ist festzustellen, dass die während sportlicher Aktivität oxidierte absolute Fett-

menge nur gering ist. Übliche Umsätze liegen bei durchschnittlich 0.5 g/min bei optimal gewählter Intensität. Demnach wären mehr als 33 Stunden sportlicher Belastung notwendig, um 1 kg Fettmasse abzubauen. Gehen oder Laufen bei etwa 50-65 %VO₂max scheint eine günstige Intensität zu sein, um Fett zu verstoffwechseln. Zudem spielt die Belastungsdauer eine wichtige Rolle, da die Fettsätze mit steigender Dauer zunehmen. Mit einer Erhöhung des Belastungsumfanges ist natürlich auch die Option verbunden, die täglichen Gesamtumsätze zu steigern. Wenn sportliche Aktivität die alleinige Maßnahme zur Gewichtsreduktion ist, besteht das Hauptziel in der Regel in einer Steigerung des Gesamtenergieverbrauches sowie darin, das Körperfett zu reduzieren. In Kombination mit einem Diätprogramm kann Sport den Abfall der Fettverbrennung verhindern, der häufig nach einem Gewichtsverlust zu beobachten ist (4).

Fazit

Obwohl die aufgeführten Faktoren die Fettverbrennung beeinflussen, kann das Ausmaß ihres Einflusses ohne Belastungsmessungen im Einzelfall nicht präzise quantifiziert werden. Dies liegt an der sehr großen interindividuellen Variationsbreite, die wahrscheinlich in erster Linie genetisch bedingt ist. Die beschriebenen Faktoren können jedoch nur einen geringen Anteil der Variationsbreite erklären (8). Weitere Studien sind daher erforderlich, um die Ursachen dieser Streuung zu ermitteln. Dies hat besondere Bedeutung, weil eine zu geringe Kapazität zur Lipidoxidation ein Risikofaktor für die Entwicklung von kardiovaskulären oder metabolischen Erkrankungen sein kann (7).

Literatur

1. Achten J, Jeukendrup AE: The effect of pre-exercise carbohydrate feedings on the intensity that elicits maximal fat oxidation. *J Sports Sci* 21 (2003) 1017-1024.
2. Achten J, Jeukendrup AE: Maximal fat oxidation during exercise in trained men. *Int J Sports Med* 24 (2003) 603-608.
3. Achten J, Venables MC, Jeukendrup AE: Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. *Metabolism* 52 (2003) 747-752.
4. Astrup A: Dietary composition, substrate balances and body fat in subjects with a predisposition to obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 17 Suppl 3 (1993) S32-36; Diskussion S41-32.
5. Holloszy JO, Coyle EF: Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 56 (1984) 831-838.
6. Jeukendrup AE, Aldred S: Fat supplementation, health, and endurance performance. *Nutrition* 20 (2004) 678-688.
7. Jeukendrup AE, Wallis GA: Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. *Int J Sports Med* 26 Suppl 1 (2005) S28-37.
8. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE: Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol* 98 (2005) 160-167.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Asker E. Jeukendrup
Human Performance Laboratory
School of Sport and Exercise Sciences
University of Birmingham
Edgbaston B15 2TT
Birmingham (GB)
Email: a.e.jeukendrup@bham.ac.uk