

Scharhag-Rosenberger F

Fettstoffwechseltraining

Training to Enhance Fat Metabolism

Deutsche Hochschule für Prävention und Gesundheitsmanagement, Saarbrücken

ZUSAMMENFASSUNG

Fettstoffwechseltraining wird sowohl von Ausdauerleistungssportlern als auch von Gesundheitssportlern betrieben. Als Trainingsformen haben sich verschiedene Ausdauertrainingsvarianten mit hoher Fettflussrate etabliert, die inzwischen in ersten Längsschnittstudien untersucht sind: Training bei der Intensität mit der höchsten Fettflussrate (Fat_{max}), lange Trainingseinheiten, Training morgens nüchtern, Training ohne Kohlenhydratzufuhr sowie Training mit vorentleerten Glykogenspeichern. Bei Athleten scheint Training mit vorentleerten Glykogenspeichern die Fettflussrate am effektivsten zu steigern. Daraus resultierende Verbesserungen der Ausdauerleistung konnten jedoch bislang nicht eindeutig nachgewiesen werden und sogar negative Effekte auf die Leistung und Gesundheit werden diskutiert. Gesundheitssportler könnten möglicherweise besonders von Training bei Fat_{max} und Nüchterntraining am Morgen profitieren. Hier wurden anderen Trainingsprogrammen überlegene Effekte auf die Insulinsensitivität nachgewiesen.

SUMMARY

Training to enhance fat metabolism is performed by both elite endurance athletes and health-oriented recreational athletes. Different endurance training regimens which elicit high rates of fat oxidation are used to train fat metabolism: training at the intensity that elicits maximal fat oxidation (Fat_{max}), long training sessions, training in the morning after an overnight fast, training without carbohydrate supply, and training with low glycogen stores. Initial longitudinal studies suggest that training with low glycogen stores enhances fat oxidation rate most effectively in athletes. However, no consequent enhancements in performance were observed and even negative effects on performance and health are discussed. Recreational athletes might benefit especially from training at Fat_{max} and training in the fasted state. For these regimens, superior effects on insulin sensitivity were demonstrated.

EINLEITUNG

Durch Fettstoffwechseltraining sollen der prozentuale Fettstoffwechselanteil an der Energiebereitstellung und die absolute Fettflussrate (verstoffwechselte Menge Fett pro Zeiteinheit; auch Fettoxidationsrate, Fettstoffwechselrate) während definierter Ausdauerbelastung gesteigert werden. Weitere Ziele sind Steigerungen der maximalen Fettoxidationsrate (MFO) und der Intensität, bei der diese auftritt (Fat_{max}). Fettstoffwechseltrainingseinheiten werden sowohl von Ausdauerleistungssportlern als auch von Gesundheitssportlern ab-

solviert. Ausdauersportler streben eine hohe Fettflussrate in längeren Wettkämpfen an, um Glykogenreserven einzusparen. Dadurch haben sie einen potenziellen Leistungsvorteil während intensiver Phasen, in denen vermehrt Kohlenhydrate zur Energiebereitstellung benötigt werden. Gesundheitssportler erwarten von einer hohen Fettflussrate positive Effekte auf den Stoffwechsel und häufig fälschlicherweise auch eine Gewichtsabnahme.

Ausdauertraining führt Längsschnittstudien zufolge zu Steigerungen der Fettflussrate bei definierter Belastung um bis zu 0,44 g/min bzw. etwa 90%, wobei die Effekte in Abhängigkeit von Trainingsgestaltung, Testbedingungen und Untersuchungskollektiv stark variieren (9). Als Wirkmechanismen für Steigerungen der Fettflussrate sind Steigerungen der Bereitstellung von Fettsäuren, ihres Transports und ihrer Verstoffwechslung beschrieben, die in Abbildung 1 detaillierter dargestellt sind (6).

Während Fettstoffwechseltrainingseinheiten wird eine möglichst hohe Fettflussrate angestrebt. Querschnittstudien haben gezeigt, dass die Fettflussrate insbesondere durch Veränderungen von Belastungsintensität, Belastungsdauer und Kohlenhydratverfügbarkeit beeinflusst werden kann. Daraus haben sich verschiedene Varianten des Fettstoffwechseltrainings entwickelt, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Ihre Effektivität ist mittlerweile in ersten Trainingsstudien untersucht.

FETTSTOFFWECHSELTRAININGSVARIANTEN

Training bei der Intensität mit der höchsten Fettflussrate (Fat_{max})

Bei niedriger Belastungsintensität ist der prozentuale Fettstoffwechselanteil am Energieumsatz am höchsten. Der Energieumsatz ist jedoch gering, woraus sich eine relativ niedrige Fettflussrate ergibt. Bei höherer Intensität mit höherem Energieumsatz und etwas geringerem Fettstoffwechselanteil kann die Fettflussrate höher sein. Diesbezügliche Missverständnisse haben in der Vergangenheit zu übertrieben niedrig-intensiven Trainingsempfehlungen geführt.

Die Fettflussrate steigt mit zunehmender Belastungsintensität zunächst an, bildet dann annähernd ein Plateau und fällt etwa ab der individuellen anaeroben Schwelle steil ab. Ihr Maximum liegt bei einer Intensität von etwa 65% der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) bei Ausdauertrainierten und 50% VO_{2max} bei Untrainierten, was individuell jedoch stark variieren kann. Der Bereich um Fat_{max} , in dem die Fettflussrate hoch ist, wird als Fettstoffwechselzone bezeichnet und entspricht im Mittel etwa dem extensiven Ausdauertrainingsbereich. Fat_{max} , die Fettstoffwechselzone oder der Bereich, in dem diese vermutet wird, werden häufig als Intensität für Fettstoffwechseltraining verwendet.

Eine Trainingsstudie mit adipösen Untrainierten hat gezeigt, dass Training bei Fat_{max} im Vergleich zu extensivem Intervalltraining

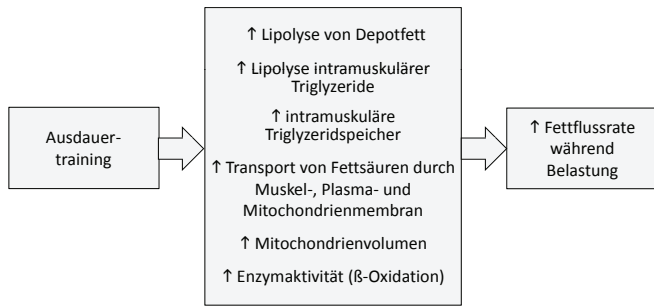


Abbildung 1: Wirkmechanismen von Ausdauertraining auf die Fettflussrate während körperlicher Belastung.

außerhalb der Fettstoffwechselzone zu einem stärkeren Anstieg der Fettflussrate führt (10). Eine weitere Studie mit normalgewichtigen Untrainierten, die extensives Dauertraining mit intensivem Intervalltraining verglich, konnte allerdings keine Überlegenheit des extensiven Dauertrainings belegen (1). Fat_{max} könnte folglich zumindest für adipöse Gesundheitssportler und im Vergleich zu Intensitäten außerhalb der Fettstoffwechselzone eine effektive Fettstoffwechseltrainingsintensität darstellen.

Trainingseinheiten von langer Dauer

Mit zunehmender Belastungsdauer steigt die Fettflussrate deutlich an, weshalb für Fettstoffwechseltraining lange Trainingseinheiten empfohlen werden. Allerdings erscheint es nicht sinnvoll, dieselbe Strecke langsamer zurückzulegen, um eine längere Belastungsdauer zu erzielen. Trainingsstudien an adipösen Untrainierten, die Training von längerer Dauer und niedrigerer Intensität mit Training von kürzerer Dauer und höherer Intensität verglichen, konnten keine unterschiedlichen Effekte auf die Fettflussrate feststellen. Möglicherweise könnten wenige lange Trainingseinheiten pro Woche effektiver sein als mehrere kürzere von gleicher Intensität. Trainingsstudien liegen hierzu allerdings bislang nicht vor.

Training morgens nüchtern und Training ohne Kohlenhydratzufuhr

Eine geringe Kohlenhydratverfügbarkeit im Blut erhöht die Fettoxidationsrate deutlich. Durch die Zufuhr von Kohlenhydraten wird die Fettflussrate umgehend unterdrückt. Daher haben sich zwei Fettstoffwechseltrainingsvarianten mit reduzierter exogener Kohlenhydratverfügbarkeit entwickelt: Training morgens nüchtern und Training ohne Kohlenhydratzufuhr während Belastung. Training morgens nüchtern im Vergleich zu Training nach standardisiertem Frühstück wurde in vier Trainingsstudien mit unterschiedlich ausdauertrainierten Teilnehmern untersucht, die übereinstimmend keine oder

keine überlegene Steigerung der Fettflussrate durch das Nüchterntraining fanden. Zum Teil wurden in den Nüchterntrainingsgruppen allerdings größere Effekte auf Fat_{max} und verschiedene Indikatoren für den Fettstoffwechsel wie den Muskelglykogengehalt in Ruhe, die Blutglukosekonzentration nach Belastung, die Aktivität oxidativer Enzyme, Transportproteine und Muskel-mRNA gefunden (3, 7, 8, 9).

Drei Studien, die Training mit und ohne Kohlenhydratzufuhr verglichen, konnten ebenfalls keine unterschiedlichen Effekte auf die Fettflussrate der verschieden gut trainierten Probanden zeigen. Auch hier waren der Muskelglykogengehalt in Ruhe und die Enzymaktivität durch das Training ohne Kohlenhydratzufuhr zum Teil stärker erhöht (4). Insgesamt scheint Training mit reduzierter exogener Kohlenhydratverfügbarkeit zwar verschiedene Komponenten des Fettstoffwechsels, aber nicht die Fettflussrate effektiver zu beeinflussen als andere Trainingsvarianten.

Training mit vorentleerten Glykogenspeichern

Auch bei reduzierter endogener Kohlenhydrat- bzw. Glykogenverfügbarkeit ist die Fettflussrate deutlich erhöht. Daher wird Training mit vorentleerten Glykogenspeichern als Fettstoffwechseltrainingsvariante praktiziert. In sogenannten „Train Low“-Studien trainiert eine Kontrollgruppe einmal täglich und eine Experimentalgruppe zweimal an jedem zweiten Tag. Durch die Vorbelastung beginnt die Experimentalgruppe jede zweite Trainingseinheit mit teilentleerten Glykogenspeichern. Zwei solcher Studien an mäßig und gut Ausdauertrainierten untersuchten die Fettflussrate während Belastung und fanden deutlich größere Steigerungen durch das Training mit teilentleerten Glykogenspeichern. Weitere Studien zeigten zudem überlegene Effekte auf den Muskelglykogengehalt in Ruhe, die Aktivität oxidativer Enzyme, Transportproteine und Signalwege. Insgesamt gilt „Train Low“ daher als effektive Strategie zur Steigerung des Fettstoffwechsels für Athleten (4).

Substanzen zur Steigerung des Fettstoffwechsels

Steigerungen des Fettstoffwechsels durch Koffein und verschiedene Nahrungsergänzungsmittel werden immer wieder diskutiert. Koffein bewirkt zwar einen Anstieg der Lipolyse, für Anstiege der Fettflussrate während Belastung gibt es jedoch kaum Belege. Am ehesten könnte diese bei niedrigen Belastungsintensitäten auftreten, da die Verfügbarkeit freier Fettsäuren hier eine Substratstoffwechsel regulierende Funktion hat. Praxisrelevante Anstiege der Fettflussrate während Belastung durch Nahrungsergänzungsmittel sind bislang nicht wissenschaftlich überzeugend nachgewiesen (6). Hinzu kommen die Gefahr von Verunreinigungen und die Ungewissheit über unerwünschte Nebeneffekte, weshalb Nahrungsergänzungsmittel insgesamt nicht zur Unterstützung eines Fettstoffwechseltrainings empfohlen werden.

Fettstoffwechseltrainingsvariante	Untrainierten*	Trainingsvorgaben in Studien mit unspezifisch Trainierten	Ausdauertrainierten
Training bei Fat_{max}	60 min LB/45 min FE bei Fat_{max}		
lange Trainingseinheiten	60-120 min FE bei 40-65% VO_{2max}		
Training morgens nüchtern	100 min FE bei 65% VO_{2max}	60-120 min FE bei 70% VO_{2max}	60-90 min FE bei 70-75% VO_{2max}
Training ohne KH-Zufuhr	90 min FE Intervalle (3-6 min bei 70-85% VO_{2max} , 3-6 min aktive Pause) 3h nach Energiezufuhr		extensives, intensives oder hoch intensives FE 2h nach Energiezufuhr
Training mit vorentleerten Glykogenspeichern		2x50 min LB Intervalle (5x3 min bei 90% VO_{2max} , 3 min aktive Pause) morgens (nicht nüchtern) + 3-4 h später nach KH-armer Mahlzeit	90-100 min FE bei 70% VO_{2max} morgens (z.T. nüchtern) + Intervalle (8x5 min „all out“, 1 min aktive Pause) 1-2 h später (ohne Energiezufuhr)

Tabelle 1: Fettstoffwechseltrainingsvarianten in Studien mit Untrainierten ($VO_{2max} \leq 45$ ml/min/kg), unspezifisch Trainierten (VO_{2max} 46-59 ml/min/kg) und Ausdauertrainierten ($VO_{2max} \geq 60$ ml/min/kg). FE: Fahrradergometertraining; LB: Laufbandtraining; KH: Kohlenhydrate; * z.T. Adipöse, Typ II-Diabetiker (1-4, 7-10).

EFFEKTE AUF DIE WETTKAMPFLEISTUNG

Für Ausdauersportler ist relevant, dass Nüchterntraining oder Training ohne Kohlenhydratzufuhr im Vergleich zu Kontrolltrainingsprogrammen bislang nicht zu überlegenen Steigerungen der Ausdauerleistung führte. Auch die Mehrheit der „Train Low“-Studien fand durch Training mit teilentleerten Glykogenspeichern trotz signifikanter Effekte auf die Fettflussrate keine überlegene Steigerung der Ausdauerleistung, die mittels Time Trial oder Dauertest bis zur Erschöpfung erfasst wurde (4).

Als Gründe hierfür kommen Schwächen im Studiendesign in Frage, wie kurze Studiendauern, kleine Stichprobengrößen oder ungeschickte gestaltete Leistungstests. Aber es werden auch potenzielle Nachteile einiger Trainingsvarianten diskutiert: Mit teilentleerten Glykogenspeichern konnten die Athleten in „Train Low“-Studien weniger intensiv trainieren. Eine trainingsinduzierte Hochregulation des Fettstoffwechsels könnte zudem eine Herabregulation des Kohlenhydratstoffwechsels bewirken und damit die Nutzung von eingespartem Glykogen verhindern. Darüber hinaus sind negative Effekte einer Glykogenverarmung auf das Immunsystem, die Verletzungsanfälligkeit und die Gefahr von Übertraining möglich. Deshalb wurden Trainingseinheiten mit reduzierten Glykogenspeichern bislang nicht in Trainingsempfehlungen für Leistungssportler integriert (2).

EFFEKTE IM GESUNDHEITSSPORT

Eine Steigerung der Fettflussrate könnte für die metabolische Gesundheit bedeutsam sein, denn mit ihr scheinen Anstiege der Insulinsensitivität und der „metabolischen Flexibilität“ assoziiert. Unter letzterer versteht man, dass der Organismus durch Wechsel zwischen Fett- und Kohlenhydratoxidation adäquat auf die Nährstoffverfügbarkeit reagiert. Dadurch wird einer Gewichtszunahme entgegengewirkt (5). In einer Studie mit hyperkalorisch und fettreich ernährten Probanden konnte durch Training morgens nüchtern, aber nicht durch Training nach standardisiertem Frühstück eine Gewichtszunahme verhindert werden (8). Eventuell können Gesundheitssportler folglich durch Fettstoffwechseltraining einer Gewichtszunahme entgegengewirken.

Der Zusammenhang zwischen Anstiegen von Fettflussrate und Insulinsensitivität könnte möglicherweise darauf zurückzuführen sein, dass die Insulinwirkung bei niedriger Fettflussrate durch eine Anhäufung von Lipiden beeinträchtigt wird. In einzelnen Studien führte Nüchterntraining (8) und Training bei Fat_{max} mit Adipösen (10) zu größeren Anstiegen der Insulinsensitivität als die jeweiligen Kontrolltrainingsprogramme. Fettstoffwechseltraining könnte daher auch im Hinblick auf die Insulinsensitivität vorteilhaft sein.

Für Gesundheitssportler, die Körperfett reduzieren möchten, gilt, dass durch Ausdauertraining bei isokalorischer Ernährung keine Effekte zu erwarten sind. Dies trifft auch für Fettstoffwechseltraining zu. Für eine Gewichtsreduktion ist die Energiebilanz entscheidend – die Kalorienzufuhr muss langfristig geringer sein als der Kalorienverbrauch (5).

FAZIT

Erste Trainingsstudien legen nahe, dass Training mit vorentleerten Glykogenspeichern von den aktuell praktizierten Fettstoffwechsel-

trainingsvarianten die Fettflussrate am effektivsten steigert. Leistungssportlern sollten diese „Train Low“-Einheiten nach derzeitiger Expertenmeinung dennoch nicht oder nur mit Vorsicht empfohlen werden, da kein klarer Nutzen für die Ausdauerleistung belegt ist und negative Effekte auf die Gesundheit und Leistung möglich erscheinen (2). Gesundheitssportler können durch Fettstoffwechseltraining möglicherweise besonders effektiv ihre Insulinsensitivität steigern und einer Gewichtszunahme entgegenwirken, was bislang für Training bei Fat_{max} bzw. Nüchterntraining am Morgen belegt ist. Allerdings scheinen nicht alle Fettstoffwechseltrainingsvarianten für jeden Gesundheitssportler praktikabel. Daher sollte im Einzelfall entschieden werden, welche Trainingsvariante empfohlen wird.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

LITERATUR

1. BURGOMASTER KA, HOWARTH KR, PHILLIPS SM, RAKOBOWCHUK M, MACDONALD MJ, MCGEE SL, GIBALA MJ: Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 586 (2008) 151-160. doi:10.1113/jphysiol.2007.142109.
2. BURKE LM: Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scand J Med Sci Sports* 20 (2010) 48-58. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01185.x.
3. DE BOCK K, DERAVE W, EIJNDE BO, HESSELINK MK, KONINCKX E, ROSE AJ, SCHRAUWEN P, BONEN A, RICHTER EA, HESPEL P: Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *J Appl Physiol* 104 (2008) 1045-1055. doi:10.1152/jappphysiol.01195.2007.
4. HAWLEY JA, BURKE LM: Carbohydrate availability and training adaptation: effects on cell metabolism. *Exerc Sport Sci Rev* 38 (2010) 152-160. doi:10.1097/JES.0b013e3181f44dd9.
5. MELANSON EL, MACLEAN PS, HILL JO: Exercise improves fat metabolism in muscle but does not increase 24-h fat oxidation. *Exerc Sport Sci Rev* 37 (2009) 93-101. doi:10.1097/JES.0b013e31819c2f0b.
6. SPRIET LL: Metabolic regulation of fat use during exercise and in recovery. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser* 69 (2011) 39-53.
7. STANNARD SR, BUCKLEY AJ, EDGE JA, THOMPSON MW: Adaptations to skeletal muscle with endurance exercise training in the acutely fed versus overnight-fasted state. *J Sci Med Sport* 13 (2010) 465-469. doi:10.1016/j.jsams.2010.03.002.
8. VAN PROEYEN K, SZLUFCHIK K, NIELENS H, PELGRIM K, DELDICQUE L, HESSELINK M, VAN VELDHOVEN PP, HESPEL P: Training in the fasted state improves glucose tolerance during fat-rich diet. *J Physiol* 588 (2010) 4289-4302. doi:10.1113/jphysiol.2010.196493.
9. VAN PROEYEN K, SZLUFCHIK K, NIELENS H, RAMAEKERS M, HESPEL P: Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state. *J Appl Physiol* 110 (2011) 236-245. doi:10.1152/jappphysiol.00907.2010.
10. VENABLES MC, JEUKENDRUP AE: Endurance training and obesity: effect on substrate metabolism and insulin sensitivity. *Med Sci Sports Exerc* 40 (2008) 495-502. doi:10.1249/MSS.0b013e31815f256f.

Korrespondenzadresse:

Dr. phil. Friederike Scharhag-Rosenberger
Deutsche Hochschule für Prävention und
Gesundheitsmanagement
Hermann Neuberger Sportschule 3
66123 Saarbrücken
E-Mail: fsr@exercise-science.de