

Diss ETH Nr. 13283

# Fat metabolism during discontinuous and intermittent exercise

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH  
for the degree of  
Doctor of Natural Sciences

presented by  
Urs Mäder-Sigg  
Dipl. Zoologe, University of Zurich  
born May 30, 1965  
from Schwanden b. Brienz (BE)

accepted on the recommendation of  
Examiner: Prof. Dr. U. Boutellier  
Co-examiner: Prof. Dr. C. Wenk

1999

## General summary

The reduction of body fat decreases the risk for a number of diseases. Exercise with or even without food intake restriction reduces fat mass. A number of studies examined the effects of endurance exercise on body fat mass and fat metabolism. The results indicate that continuous endurance exercise at moderate intensity reduces body fat most. Less data are available on the influence of discontinuous and intermittent exercise on fat utilisation. Discontinuous exercise is an ongoing physical activity at alternating intensities. During intermittent exercise, the bouts at the same intensity are separated by resting periods.

Fat utilisation during exercise is enhanced by an elevation of circulating free fatty acids. Plasma free fatty acid concentrations depend on the rate of lipolysis in adipose tissue, which is activated by epinephrine. Bouts of high-intensity exercise result in an increased epinephrine release. In addition, at cessation of endurance exercise circulating free fatty acids overshoot by an increased release of free fatty acids from adipose tissue. Thus, discontinuous and intermittent exercise may result in an enhanced free fatty acid supply and fat oxidation compared to continuous exercise.

The aim of the present thesis was to determine the effects of discontinuous and intermittent exercise on adipose tissue, fat metabolism and fat utilisation.

Ten week training periods of discontinuous and continuous exercise at the same averaged intensity resulted in a similar subcutaneous adipose tissue loss in the leg above the patella ( $-2.4 \pm 2.4$  and  $-2.4 \pm 1.4$  mm, respectively) in 14 untrained subjects measured by skinfold calliper. Plasma concentration of free fatty acids, glycerol,  $\beta$ -hydroxybutyrate, and lactate were also similar throughout a final exercise bout at the

---

end of the training period. These findings indicated that the selected discontinuous exercise protocol proved not to be superior in reducing adipose tissue than continuous exercise protocol.

In six trained subjects, strenuous discontinuous exercise (65 and 85 %  $\dot{V}_{O_2 \max}$ ) resulted in an equal fat oxidation compared to continuous exercise at moderate intensity (65 %  $\dot{V}_{O_2 \max}$ ) with the same duration of 65 min. A preceding high-intensity exercise (85 %  $\dot{V}_{O_2 \max}$ ) until exhaustion and a 10 min recovery period showed no enhancing effect on fat utilisation during the following continuous exercise at moderate intensity (65 %  $\dot{V}_{O_2 \max}$ ). This findings were supported by the similar time courses of free fatty acids, glycerol,  $\beta$ -hydroxybutyrate, and lactate concentrations in the plasma.

Short interruptions of 7 min during exercise at moderate intensity (65 %  $\dot{V}_{O_2 \max}$ ) resulted in increased free fatty acid release. Although the following exercise bout started with an elevated level of plasma free fatty acids, fat oxidation was not enhanced. However, intermittent exercise showed neither an inhibiting nor an enhancing effect on fat utilisation in 9 trained subjects compared to continuous exercise.

A negative energy balance is required to achieve body fat mass reduction. As both discontinuous and intermittent exercise showed no inhibiting effect on fat utilisation compared to continuous exercise they may be useful protocols to increase total energy expenditure. The discontinuous exercise elevated energy expenditure by the added high-intensity exercise bouts, while intermittent exercise might increase energy expenditure by a prolonged time of activity. However, more work has to be done to elucidate the long term effects of discontinuous and intermittent exercise on fat metabolism and body fat mass.

## Zusammenfassung

Die Reduktion des Körperfettanteils vermindert das Risiko für verschiedene Krankheiten. Körperliche Aktivität mit oder ohne reduzierter Energieaufnahme führt zu einer Abnahme des Körperfettanteils. Der Einfluss von Ausdauerleistungen auf das Körperfettgewebe und den Fettstoffwechsel wurde in vielen Studien untersucht. Mässig intensive Ausdauerleistungen langer Dauer gelten als effizienteste körperliche Aktivität, um Körperfett zu verlieren. Wenig untersucht wurden bisher die Auswirkungen von Belastungen mit wechselnden Intensitäten und regelmässigen Pausen.

Es ist bekannt, dass die Fettoxidation während einer Belastung durch ein erhöhtes Angebot an freien Fettsäuren im Plasma verstärkt wird. Die Konzentration der freien Fettsäuren im Blutkreislauf hängt unter anderem von der Aktivität der Lipolyse im Fettgewebe ab. Adrenalin und Noradrenalin aktivieren die Lipolyse und werden bei Belastungen vermehrt ausgeschüttet. Steigt die Intensität der körperlichen Aktivität, so nimmt die Konzentration der Katecholamine im Plasma zu. Nach Abbruch einer Ausdauerbelastung steigt die Konzentration der Fettsäuren schnell an, da sie vermehrt vom Fettgewebe abgegeben und gleichzeitig von der Muskulatur reduziert aufgenommen und oxidiert werden. Aufgrund dieser Mechanismen könnten Belastungen mit kurzen intensiven Belastungspitzen während einer mässig intensiven Leistung oder mit Unterbrüchen das Angebot an freien Fettsäuren im Plasma und damit die Fettoxidation erhöhen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die Auswirkungen von Belastungen mit wechselnden Intensitäten oder mit Unterbrüchen auf das Fettgewebe und die Fettoxidation zu bestimmen und diese mit einer mässig intensiven Ausdauerleistung zu vergleichen.

Vierzehn untrainierte Versuchspersonen, die über zehn Wochen regelmässig Belastungen mit wechselnden Intensitäten oder eine kontinuierliche Ausdauerleistung absolvierten, reduzierten im Bein oberhalb der Kniescheibe das subkutane Fettgewebe um  $-2.4 \pm 2.4$  und  $-2.4 \pm 1.4$  mm. Die Plasmakonzentrationen der freien Fettsäuren, des Glycerols, des  $\beta$ -Hydroxybutyrats und des Laktats verliefen während der letzten Belastung am Ende der Trainingsperiode bei beiden Belastungsprotokollen identisch. Diese Resultate deuten darauf hin, dass die Konzentration der freien Fettsäuren im Plasma und die Fettoxidation während Belastungen mit wechselnden Intensitäten nicht höher war als bei einer kontinuierlichen Ausdauerleistung mit derselben mittleren Intensität.

Bei sechs ausdauertrainierten Versuchspersonen verlief die Fettoxidationsrate einer Belastung mit wechselnden Intensitäten ( $65\% \dot{V}_{O_2 \max}$  und  $85\% \dot{V}_{O_2 \max}$ ) ähnlich wie die einer mässig intensiven und kontinuierlichen Ausdauerbelastung ( $65\% \dot{V}_{O_2 \max}$ ). Auch wenn der Ausdauerbelastung ( $65\% \dot{V}_{O_2 \max}$ ) eine intensive Belastung über 30 Minuten ( $85\% \dot{V}_{O_2 \max}$ ) und eine Pause von 10 min voranging, war die Fettoxidation gegenüber der mässig intensiven Ausdauerleistung nicht erhöht. Die ähnlichen Konzentrationsverläufe der freien Fettsäuren im Plasma während den drei erwähnten Belastungsprotokollen, sind im Einklang mit den ähnlichen Fettoxidationsraten.

Wurde eine Ausdauerleistung regelmässig für 7 min unterbrochen, so stieg die Konzentration der freien Fettsäuren im Plasma während diesen inaktiven Pausen stark an. Doch dieses erhöhte Angebot an Fettsäuren bewirkte in der nachfolgenden Belastung keinen erhöhten Fettverbrauch im Vergleich zu einer kontinuierlichen Ausdauerbelastung derselben Intensität bei neun trainierten Versuchspersonen. Die Belastungspausen wirkten sich aber auch nicht hemmend auf die Fettoxidation aus.

Damit der Körper Fett abbaut, ist grundsätzlich eine negative Energiebilanz nötig. Da weder Belastungen mit wechselnden Intensitäten noch mit regelmässigen Pausen sich im Vergleich zu der Ausdauerbelastung hemmend auf die Fettoxidation auswirken, wären die beiden Protokolle zur Erhöhung des Energieverbrauchs nützlich. Die zusätzlichen intensiven Leistungen während Belastungen mit wechselnden Intensitäten erhöhen den Energieverbrauch, während Pausen zu einer Verlängerung der Belastungszeit führen könnten und somit der Energieverbrauch ebenfalls angehoben würde. Um die Langzeitwirkungen dieser beiden Belastungsprotokolle auf das Fettgewebe und den Fettstoffwechsel zu belegen, braucht es aber weitere Untersuchungen.