

Baum K, Schuster S

Der Energieumsatz in der Nachbelastungsphase: Ein wesentlicher Beitrag zur Gewichtsreduktion?

Excess post-exercise energy expenditure: A significant contribution to weight loss?

Trainingsinstitut der Prof. Dr. Baum GmbH

ZUSAMMENFASSUNG

Der Energie-Mehrumsatz nach einer körperlichen Aktivität wird häufig als ein bedeutsamer Faktor für eine Gewichtsreduktion betrachtet. In der unmittelbaren Nachbelastungs-Phase ist die Sauerstoffaufnahme allerdings auch durch die Kreatinphosphat-Resynthese erhöht, die in der Energiebilanz der Belastungsphase zugeordnet werden muss. Daher ist die Zeit nach Erreichen der Kreatinphosphat-Ruhekonzentration für die Interpretation des Energieumsatzes eindeutiger. In der vorliegenden Untersuchung wurden deshalb bei 31 Personen (17 Frauen, 14 Männer; BMI $29,7 \pm 7,4 \text{ kg/m}^2$) über jeweils 20 Minuten vor und von der 15. bis 35. Minute nach einem regelmäßig absolvierten Fitnesstraining die Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe gemessen und der Energieumsatz berechnet. 15 Probanden nutzten Ausdauergeräte und 16 Probanden kombinierten ein Kraft- und Ausdauertraining. Die Intensität lag zwischen 50% und 80% der maximalen Leistungsfähigkeit. Die wesentlichen Ergebnisse lauten: Der Energieumsatz in Ruhe korrelierte signifikant ($p < 0,01$) mit dem Körpergewicht. Die Energieumsätze vor und nach dem Training lagen bei $6,14 \pm 1,56 \text{ kJ/min}$ bzw. $6,30 \pm 1,48 \text{ kJ/min}$ (n.s.) und waren nicht von der Trainingsform beeinflusst. Der Anteil des Fettstoffwechsel an der gesamten Energiebereitstellung war nach dem Training signifikant größer ($42 \pm 13\%$ gegen $63 \pm 12\%$, $p < 0,05$). Insgesamt wird gefolgert, dass die Phase nach körperlichen Aktivitäten im gesundheitsorientierten Fitnesstraining nicht wesentlich zu der Erhöhung des Tages-Energieumsatzes beiträgt.

Schlüsselwörter: Energieumsatz, Erholungsphase, Gewichtsreduktion, Sauerstoffaufnahme

PROBLEM- UND ZIELSTELLUNG

Im Anschluss einer körperlichen Aktivität liegt die Sauerstoffaufnahme vorübergehend noch oberhalb des vorhergehenden Ruhewertes. Dieser im englischsprachigen Raum als EPOC (excess post-exercise oxygen consumption) bezeichnete Effekt ist sowohl nach Ausdauer- als auch nach Kraftbelastungen nachgewiesen (1, 6, 12, 13, 18) wobei das Integral der Sauerstoffmehraufnahme quantitativ primär von den Faktoren Intensität und Dauer der Belastung abhängt (3).

Eine hohe Aufmerksamkeit erhält EPOC aktuell durch die Diskussion über seinen Stellenwert bei einer angestrebten Gewichtsreduktion. In dem Übersichtsartikel von LaForgia et al. (8) kommen die Autoren zu dem Schluss, dass Trainingsreize mit einem erhöhten EPOC so hoch sind, dass sie wahrscheinlich nur von Athleten toleriert werden. Insgesamt sind die Literaturbefunde selbst unter Berücksichtigung der gewählten Trainingsmodalitäten nicht eindeutig. Für diese Unsicherheit können neben methodischen

SUMMARY

The excess post-exercise energy expenditure has often been regarded as a significant contribution to weight loss. However, the immediate post-exercise oxygen consumption is also elevated through the resynthesis of creatinephosphate (CrP), which energetically should be attributed to the phase of exercise. Therefore, the energy metabolism after CrP-resynthesis is more likely to reflect the importance of post-exercise energy expenditure. In the present study, 31 subjects (17 females, 14 males; BMI $29,7 \pm 7,4 \text{ kg/m}^2$) participated in the tests. Energy expenditure was measured by means of spirometry over 20 min intervals before and from the 15th to the 35th min after their usual fitness training. 15 subjects performed exclusively endurance exercises and 16 subjects combined endurance with strength training. The intensities corresponded to 50 % to 80% of the individual performance capacity. The main results were as follows: Energy expenditure correlated significantly with body weight ($p < 0.01$). Energy expenditure before and after training was nearly identical and amounted to $6.14 \pm 1.56 \text{ kJ/min}$ and $6.30 \pm 1.48 \text{ kJ/min}$, respectively (not significant) and did not depend on the kind of training. After exercise, lipometabolism contributed $63 \pm 12\%$ of the overall energy expenditure compared to $42 \pm 13\%$ before training ($p < 0.05$). In conclusion, post-exercise energy expenditure after usual fitness training does not contribute significantly to weight loss.

Key Words: energy expenditure, post-exercise, weight reduction, oxygen uptake

Unterschieden auch Interpretationsfehler verantwortlich sein. So wird z.B. bei der Übertragung von der Sauerstoffaufnahme zum Energieumsatz häufig vernachlässigt, dass in der initialen Nachbelastungsphase ein Anteil des aeroben Stoffwechsels zur Resynthese von Kreatinphosphat genutzt wird, das aufgrund der Trägheit des aeroben Systems zu Belastungsbeginn an der ATP Produktion beteiligt ist und im Anschluss des Trainings wieder auf das Ruhenniveau aufgefüllt wird. Dementsprechend muss die dafür notwendige Sauerstoffmenge energetisch nicht der Erholungs- sondern der Belastungsphase zugeordnet werden. Letztlich handelt es sich hierbei um einen Prozess, bei dem nutzbare Energie aus Makromolekülen aufgebaut und chemisch gespeichert wird. Falls EPOC dennoch wesentlich zu einem gesteigerten Gesamtenergieumsatz beitragen kann, dann müsste auch nach dem Erreichen der Ruhe-Kreatinphosphatkonzentration die Sauerstoffaufnahme erhöht sein.

Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Untersuchung die Energieumsätze 20 Minuten vor und zwischen der 15 und 35.

Minute nach der Belastung miteinander verglichen. Der Nachbelastungszeitraum wurde so gewählt, dass er möglichst zeitnah an dem Belastungsende lag, die Resynthese von Kreatinphosphat aber nahezu abgeschlossen war (10). Um die Bedingungen von gesundheits- und fitnessorientierten Freizeitsportlern möglichst realistisch widerzuspiegeln, wurden als Probanden nach dem Zufallsprinzip Besucher eines gesundheitsorientierten Fitnessstudios nach mündlicher Erklärung des Testablaufs und deren Einverständniserklärung ausgewählt. Die Körperkonstitution reichte vom Normalgewicht bis hin zur Adipositas. Sie absolvierten ihr übliches Training und waren in der Trainingsgestaltung vollkommen frei.

METHODE

Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 31 Probanden teil (17 Frauen, 14 Männer). Alle absolvierten regelmäßig ein gesundheitsorientiertes Training in einem Fitness-Studio. 21 Probanden trainierten u.a. mit dem Wunsch nach Gewichtsreduktion. Die anthropometrischen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Versuchsablauf

Die Messung respiratorischer Größen und der Herzfrequenz erfolgte über einen Zeitraum von jeweils 20 Minuten vor und zwischen der 15. und 35. Minute nach dem Training. Dazu hatten Sie sich spätestens 10 Minuten vor Beginn der Datenerfassung hingesetzt. In beiden Phasen saßen die Probanden in einem kom-

fortablen Sessel, um die Ruhe-Sauerstoffaufnahme nicht durch reflektorische Muskelkontraktionen in Folge ungewohnter oder schmerzender Sitzpositionen zu verfälschen. Zwischen den beiden Tests wurde trainiert; Art sowie Umfang und Intensität wurden vom Versuchsleiter protokolliert. 15 Personen absolvierten ein reines Ausdauertraining auf Radergometern, Laufbändern oder „Elypsentrainern“. 16 Personen nutzten Ausdauer- und Krafttrainingsgeräte (Kombinations-Training). Die von den Probanden gewählten Intensitäten konnten aufgrund von Diagnostiken, die im Fitness-Studio regelmäßig durchgeführt wurden, zur individuellen Leistungsfähigkeit in Bezug gesetzt werden. Sie lagen sowohl bei der Ausdauer als auch beim Krafttraining zwischen 50% und 80% der jeweils maximalen Leistungsfähigkeit. Die Trainingszeit betrug 45 ± 11 Min. bei der Ausdauertrainingsgruppe und 58 ± 17 Min. bei der Kombi-Gruppe.

Geräte und Auswertungen

Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe und Herzfrequenz wurden mit dem spirometrischen System ZAN 680 erfasst. Die respiratorischen Daten wurden hierbei einzelatemzugsweise ermittelt. Vor jedem einzelnen Test wurden sowohl die Gas- als auch die Volumenanalytik neu kalibriert, um jegliche Nullpunkt-Verschiebung auszuschließen. Das kalorische Äquivalent wurde mit Hilfe des respiratorischen Quotienten nach den Daten von Stegemann (17) bestimmt. Die Berechnung des Energieumsatzes erfolgte atemzugsweise als Produkt aus Sauerstoffaufnahme und dem jeweiligen kalorischen Äquivalent. Die Herzfrequenz wurde mit Standard-EKG Ableitungen erfasst.

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der Teilnehmer ($x \pm SD$).

	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kp)	BMI (kg / m ²)
Ausdauergruppe n = 15	52,0 \pm 10,3	170 \pm 7	80,2 \pm 14,4	29,2 \pm 5,6
Kombi-Gruppe n = 16	55,3 \pm 9,3	178 \pm 10	96,7 \pm 25,4	30,5 \pm 8,8
Gesamtgruppe n = 31	53,7 \pm 9,5	173 \pm 11	88,9 \pm 22,2	29,7 \pm 7,4

Tabelle 2: Respiratorischer Quotient (RQ) vor und nach dem Training ($x \pm SD$).

	RQ vor Training	RQ nach Training	Signifikanz
Ausdauergruppe n = 15	0,86 \pm 0,037	0,81 \pm 0,034	P < 0,05
Kombi-Gruppe n = 16	0,89 \pm 0,039	0,82 \pm 0,036	P < 0,01
Gesamtgruppe n = 31	0,87 \pm 0,039	0,81 \pm 0,037	P < 0,01

Tabelle 2: Literaturbefunde bei Belastungszeiten bis 45 Minuten.

Untersuchung	Intensität	Umfang	EPOC (l O ₂)	Beteiligte Muskelmasse (kg)	EPOC, KrP (l O ₂)	EPOC, Verbrauch (l O ₂)	Energieumsatz, Verbrauch(kJ)
Bahr et al. (1987)	70 % VO _{2,max}	40 Min.	14,7	25	1,3	13,4	268
Chad u. Wenger (1988)	70 % VO _{2,max}	30 Min.	6,6	25	1,3	5,3	106
Haddock und Wilkin (2006)	8 RM	8 Stationen 1 Satz	5	35	1,9	3,1	62
Haddock und Wilkin (2006)	8 RM	8 Stationen 3 Sätze	5	35	1,9	3,1	62
Lyons et al.(2006)	60 % VO _{2,max}	30 Min.	1,5	8	0,4	1,1	22
Phelain et al. (1994)	50 % VO _{2,max}	Arbeit 2000 kJ	4,8	25	0,9	3,9	60
Phelain et al. (1994)	75 % VO _{2,max}	Arbeit 2000 kJ	9	25	1,4	7,6	152
Quinn et al. (1994)	75 % VO _{2,max}	40 Min.	9,8	25	1,4	8,4	168
Sedlock (1989)	65 % VO _{2,max}	30 Min.	3,1	25	1,2	1,9	38
Sedlock(1989)	75 % VO _{2,max}	20 Min.	6,2	25	1,4	4,8	96
Mittelwert \pm SD							103 \pm 74

RM = Wiederholungsmaximum beim Krafttraining. EPOC = Sauerstoffmehraufnahme nach dem Training. EPOC, KrP = kalkulierte Sauerstoffaufnahme zur Kreatinphosphat-Resynthese. EPOC, Verbrauch = kalkulierte Sauerstoffaufnahme, die tatsächlich einem erhöhten Energieverbrauch während der Erholung zugeordnet werden kann. Die beteiligte Muskelmasse wurde aufgrund der Trainingsform und der Energieumsatz für ein kalorisches Äquivalent von 20 kJ / l kalkuliert.

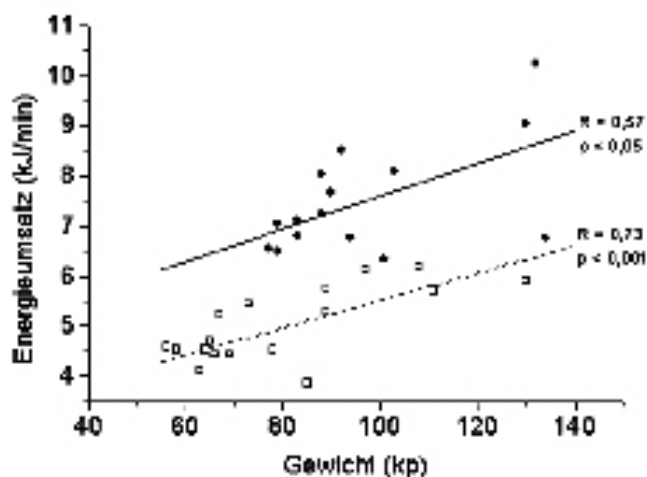


Abbildung 1: Körpergewicht und Ruhe-Energieumsätze der Versuchspersonen; n = 31, ● = Männer, ■ = Frauen.

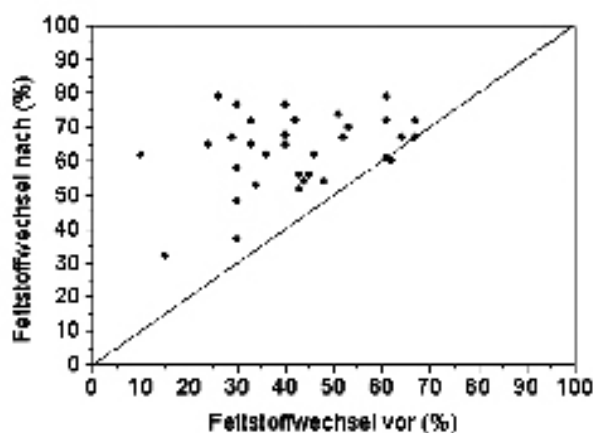


Abbildung 3: Prozentualer Anteil des Fettstoffwechsels an der gesamten Energiebereitstellung vor und nach dem Training (n = 31). Die eingezeichnete Linie entspricht der Identitätsgeraden.

Statistik

Alle Parameter wurden zunächst über die beiden Messzeiträume individuell gemittelt und das arithmetische Mittel in der Gesamtgruppenanalyse verwendet. Als Streuungsmaße werden im Text die Standardabweichung und in den Abbildungen der Standardfehler angegeben. Unterschiede zwischen den Zeitpunkten vor und nach dem Training wurden mit dem Wilcoxon-Test für abhängige Proben auf Signifikanz überprüft. Für nicht gepaarte Parameter wurde der Students-t-Test eingesetzt. Als Signifikanzgrenze galt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$.

ERGEBNISSE

Ruhebedingungen vor dem Training

Die Sauerstoffaufnahme beträgt $0,30 \pm 0,081$ l/min bei einer Herzfrequenz von $64 \pm 6,5$ l/min. Die Energieumsätze vor dem Training liegen im Mittel bei $6,14 \pm 1,56$ kJ/min mit einem prozentualen Fettstoffwechselanteil von $42 \pm 14,6\%$. Die zu Grunde liegenden

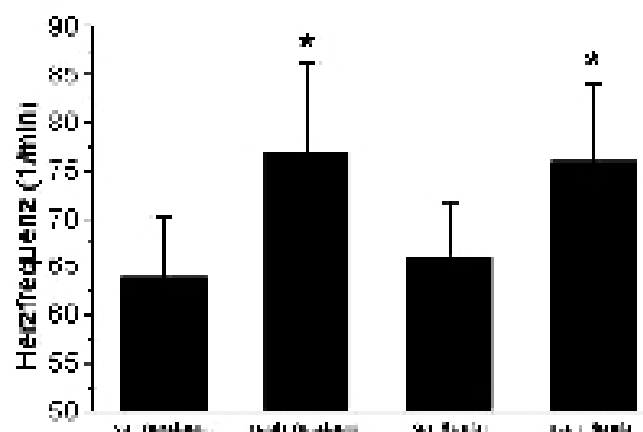
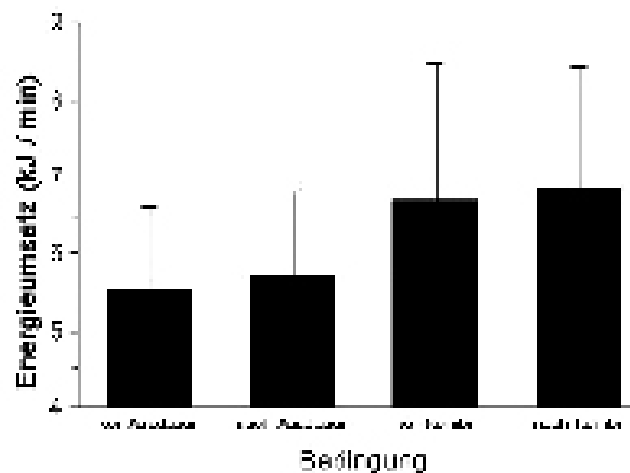


Abbildung 2: Herzfrequenzen und Energieumsätze vor und nach dem Ausdauer (n = 15) bzw. Kombinationstraining (n = 16). Dargestellt sind Mittelwert und Standardfehler, * = signifikanter Unterschied; $p < 0,01$.

respiratorischen Quotienten sind in Tabelle 2 angegeben. Das Körpergewicht korreliert sowohl für die Gesamtgruppe ($p < 0,01$) als auch in der getrennten Auswertung von Frauen und Männern signifikant mit dem Energieumsatz (Abbildung 1). Sowohl die Energieumsätze der Frauen als auch die Regressionsgerade zwischen Körpergewicht und Energieumsatz liegen signifikant unterhalb der Werte der Männer (jeweils $p < 0,01$). Bei den Frauen resultiert ein Tagesbedarf von 7242 ± 1060 kJ und bei den Männern von 10974 ± 1740 kJ.

Vergleich vor und nach dem Training

In der Nachbelastungsphase ist die Herzfrequenz noch signifikant erhöht (Differenzen: $13 \pm 8,91$ /min für Ausdauertraining, $9 \pm 7,61$ /min für Kombinationstraining). Im Gegensatz dazu sind in beiden Trainingsformen die Energieumsätze mit den Daten vor der Belastung nahezu identisch (Abbildung 2). Der Korrelationskoeffizient zwischen beiden Zeitpunkten liegt bei 0,97. Die Differenzen sind nicht signifikant und betragen $0,2 \pm 0,14$ kJ/min für das Ausdauertraining und $0,14 \pm 0,17$ kJ/Min. für das kombinierte Ausdauer- und

Krafttraining. Es existiert kein erkennbarer Zusammenhang zwischen den Veränderungen des Energieumsatzes und der Dauer bzw. Art der Belastung. Der Anteil des Fettstoffwechsels an der gesamten Energiebereitstellung ist nach dem Training signifikant höher ($p < 0,01$; Abbildung 3) bei Mittelwerten von $64 \pm 1\%$ und $61 \pm 12\%$ für das Ausdauer- bzw. das Kombinationstraining.

DISKUSSION

Die vor dem Training gemessenen Ruheumsätze entsprechen einem Tages-Ruhebedarf von 8840 ± 2239 kJ. Die signifikante und positive Korrelation zwischen Körpergewicht und Energieumsatz steht im Gegensatz zu dem subjektiven Gefühl vieler Übergewichtiger, dass ihr zu hohes Körpergewicht aus einem niedrigen Energieumsatz resultiert. Bei der Planung einer Gewichtsreduktion und der damit notwendig verbundenen kalorischen Restriktion können solche spirometrisch individuell ermittelten Umsätze genutzt werden, um den Betroffenen eine realistische Einschätzung der Ausgangssituation zu vermitteln.

Das zentrale Anliegen der vorliegenden Untersuchung war die Auswirkung eines gesundheitsorientierten Fitnessstraining auf den Energieumsatz nach der Belastung. Dabei konnte 15 Minuten nach Beendigung der körperlichen Aktivität weder für ein reines Ausdauertraining noch für ein kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining ein signifikanter Einfluss festgestellt werden. Dies steht scheinbar im Widerspruch zu den Literaturbefunden. So ermittelte Sedlock nach 30minütiger Fahrradergometrie bei 60 bis 65% der VO_{2max} ein EPOC von 3,1l, nach 20 Minuten bei 75% VO_{2max} waren es 6,2l (15). In der Untersuchung von Haddock und Wilkin (6) wurden in der Nachbelastungsphase eines Krafttrainings unabhängig von der Anzahl der Sätze im Durchschnitt ca. 5l O_2 zusätzlich aufgenommen. Weit geringere Mehraufnahmen wurden nach der Arbeit mit kleineren Muskelgruppen gemessen: Eine Armkurbelergometrie bei 60% der VO_{2max} über 30 Minuten führte zu einem EPOC von 1,54l (9).

Die aktuellen Ergebnisse lassen sich mit den Befunden aus der Literatur nur unter der Annahme vereinbaren, dass das Ausmaß von EPOC wesentlich von der unmittelbaren Nachbelastungsphase beeinflusst wird. Als Sauerstoffverbraucher kommen dabei hauptsächlich die Kreatinphosphat-Resynthese in der belasteten Skelettmuskulatur sowie die erhöhte Aktivität der Atem- und Herzmuskulatur in Frage. Da der Sauerstoffumsatz für den Aufbau energiereicher Phosphate lediglich die alaktazide, anaerobe Energiebereitstellung zu Beginn einer Aktivität abdeckt und deshalb bei einer Energiebilanz der Belastungsphase zugeordnet werden muss, soll seine Größenordnung nachfolgend kalkuliert werden:

Die Stöchiometrie des aeroben Glukosestoffwechsels und der Lohmann-Reaktion ergibt pro Mol Kreatinphosphat-Resynthese einen Sauerstoffbedarf von ca. 3,7l. Während einer muskulären Aktivität ist die Kreatinphosphatkonzentration proportional zur Belastungsintensität reduziert (10) das bedeutet z.B. für eine Belastung von 70% der VO_{2max} eine Absenkung der [Kreatinphosphat] um ca. 14mM. Setzt man z.B. für Fahrradergometrien eine beteiligte Muskelmasse von 25kg ein, dann resultiert daraus ein Resynthespotenzial nach der Belastung von 350mmol Kreatinphosphat bzw. ein Sauerstoffbedarf von 1,3l. Daraus wird ersichtlich, dass in den oben genannten Literaturbefunden die Kreatinphosphat-Resynthese am EPOC mit 10% bis 42% beteiligt ist. In Tabelle 2 wurde der verblei-

bende Anteil der Sauerstoff-Mehraufnahme in Energieäquivalente umgerechnet. Der aus allen Befunden resultierende Mittelwert von 103kJ zeigt, dass der erhöhte Energieumsatz in der Nachbelastungsphase mit einem Anteil von ca. 1% keinen nennenswerten Einfluss auf die Gesamtenergiebilanz eines Tages besitzt. Das teilweise sehr heterogene Ausmaß von EPOC, das selbst bei vergleichbaren Umfängen und Intensitäten der Belastung auftritt, könnte am unterschiedlichen Trainingsstatus der Probanden liegen (16).

Deutlich höhere EPOC wurden nach langandauernden, kontinuierlichen Belastungen mit mittleren bis hohen Intensitäten gemessen (5,11,19). Hierbei kommt als zusätzliche Einflussgröße die erhöhte Körperkerntemperatur hinzu (3). Solche Belastungsformen sind jedoch für ein gesundheitsorientiertes Fitnessstraining untypisch.

Letztlich stellt die Lagerung der Probanden eine potenzielle Fehlerquelle bei der Ermittlung von EPOC dar. Schon ein geringfügig erhöhter Muskeltonus aufgrund einer unkomfortablen Position kann aufgrund der langen Messdauer zu erheblich höheren Volumina führen: So benötigt man für 5l O_2 EPOC bei einer Messdauer von 180 Minuten eine Erhöhung der Sauerstoffaufnahme von lediglich 0,028l/min.

Zusammenfassend wird aus den aktuellen Befunden und unter Berücksichtigung der vorliegenden Literatur gefolgert, dass bei einem üblichen Fitnessstraining ein erhöhter Energieumsatz nach der Belastung keine nennenswerte Rolle für eine Gewichtsreduktion spielt.

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

LITERATUR

1. ARCIERO PJ, GORAN MI, POEHLMAN ET: Resting metabolic rate is lower in women than in men. *J Appl Physiol* 75 (1993) 2514-2520.
2. BAHR R, INGNES I, VAAGE O, SEJERSTED OM, NEWSHOLME EA: Effect of duration of exercise on excess post-exercise oxygen consumption. *J Appl Physiol* (1987) 485-490.
3. BORSHEIM E, BAHR R: Effect of intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med* 33 (2003) 1037-1060.
4. CHAD KE, WENGER HA: The effect of exercise duration on the exercise and post-exercise oxygen consumption. *Can J Sport Sci* 13 (1988) 204-207.
5. GORE CJ, WITHERS RT: The effect of exercise intensity and duration on the oxygen deficit and excess post-exercise oxygen consumption. *Eur J Appl Physiol* 60 (1990) 169-174.
6. HADDOCK BL, WILKIN LD: Resistance training volume and post exercise energy expenditure. *Int J Sports Med* 27 (2006) 143-148.
7. HEYMSFIELD SB, GALLAGHER D, KOTLER DP, WANG Z, ALLISON DB, HESHKA S: Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 282 (2002) 132-138.
8. LAFORGIA J, WITHERS RT, GORE CJ: Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *J Sports Sci* 24 (2006) 1247-1264.
9. LYONS S, RICHARDSON M, BISHOP P, SMITH J, HEATH H, GIESEN J: Excess post-exercise oxygen consumption in untrained males: effects of intermittent durations of arm ergometry. *Appl Physiol Nutr Metab* 31 (2006) 196-201.
10. MADER A: Glycolysis and oxidative phosphorylation as a function of cytosolic phosphorylation state and power output of the muscle cell. *Eur J Appl Physiol* 88 (2003) 317-338.
11. MAEHLUM S, GRANDMONTAGNE M, NEWSHOLME EA, SEJERSTED OM: Magnitude and duration of excess post exercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism* 35 (1986) 425-429.

12. PHELAIN JF, REINKE E, HARRIS MA, MELBY CL: Post-exercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *J Am Col Nutr* 16 (1997) 140 -146.
13. QUINN TJ, VROMAN NB, KETZER R: Post-exercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc* 26 (1994) 908-913.
14. SARIS WH, SCHRAUWEN P: Substrate oxidation differences between high- and low-intensity exercise are compensated over 24 hours in obese men. *Int J Obes Relat Metab Disord* 28 (2004) 759-765.
15. SEDLOCK DA, FISSINGER JA, MELBY CL: Effect of exercise intensity and duration on post-exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 21 (1989) 662 - 666.
16. SHORT KR, SEDLOCK DA: Excess post-exercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol* (1997) 153 -159.
17. STEGEMANN J: *Leistungsphysiologie*. Thieme-Verlag Stuttgart, 2001.
18. THORNTON MK, POTTEIGER JA: Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci Sports Exerc* 34 (2002) 715-722.
19. WITHERS RT, GORE CJ, MACKAY MH, BERRY MN: Some aspects of metabolism following a 35 km road run. *Eur J Appl Physiol* 63 (1991) 436 - 443

Korrespondenzadresse:
Trainingsinstitut Prof. Dr. Baum
Wilhelm-Schlombs-Allee 1
50858 Köln
E-Mail: baum@professor-baum.de