

EPOC



© Maksim Toome - Fotolia.com

Wie relevant ist der Nachbrenneffekt für den Energieumsatz?

Teil 2

EPOC, der sogenannte „Nachbrenneffekt“ nach der Trainingsbelastung, kann als Sauerstoffmehrverbrauch nach der Belastung gemessen werden. Englisch: excess post exercise oxygen consumption – daher EPOC. Ist EPOC im Zusammenhang mit dem Gesamtenergieverbrauch eine relevante Größe? Prof. Dr. Theodor Stemper geht dieser Frage für F&G anhand neuester Studien auf den Grund.

Für den Gesamtenergieverbrauch (GE) und damit auch für den Kalorienverbrauch eines (sporttreibenden) Menschen sind unumstritten der Grundumsatz (GU) und der Arbeits-(Leistungs-) Umsatz (AU) hauptverantwortlich.

Neben GU und AU wird aber oft auch der sogenannte „Nachbrenneffekt“ genannt. Dieser folgt auf die Trainingsbelastung (AU) und lässt sich als Sauerstoffmehrverbrauch nach Belastung messen (englisch: excess post exercise oxygen consumption – daher EPOC; vgl. zusammenfassend dazu besonders schon Gaesser & Brooks, 1984).

EPOC bezeichnet einen Mehrverbrauch an Energie, der entsteht, weil der Anstieg des Energieverbrauches, der durch die

Trainingsbelastung (AU) hervorgerufen wird („Störung der Homöostase“), auch nach Belastung noch eine Weile anhält. Der Nachbrenneffekt hält an, bis alle Systeme ihren Ausgangswert wieder erreicht haben und z.B. Laktat beseitigt, die Körpertemperatur normalisiert und die Energiespeicher wieder aufgefüllt worden sind. Für den Trainierenden ist die EPOC-Phase vor allem unmittelbar nach der Belastung subjektiv gut zu spüren, da Atmung und Pulswerte über den Ausgangswert hinaus erhöht sind und auch die Wärmeregulation und eine „innere Unruhe“ noch eine Weile andauern.

Wir wollen an dieser Stelle der Frage nachgehen, wie relevant der „Nachbrenneffekt“ EPOC tatsächlich für den Gesamtumsatz (GE) ist.

Wie relevant ist EPOC?

In der F&G Ausgabe 4/2015 haben wir zunächst die Bedeutung von EPOC für den Gesamtumsatz erläutert (pro Liter Sauerstoffmehrverbrauch wird energetisch mit 20 kJ bzw. ca. 5 kcal gerechnet) und auch die Bedenken aus wissenschaftlichen Studien zur tatsächlichen Relevanz von EPOC für den Energiebedarf aufgegriffen.

Dass die Wissenschaft bisher unterschiedliche Auffassungen zur Bedeutung von EPOC vertreten hat, lag ganz einfach daran, dass mit unterschiedlichen Untersuchungsdesigns gearbeitet wurde, dass z.B. unterschiedliche Messmethoden (direkte oder indirekte Kalorimetrie) angewandt wurden oder unterschiedlich genaue Atemgas-Messgeräte (Douglas Sack oder die Stoffwechselkammer, ‚metabolic chamber‘) verwendet wurden.

Die grundlegende Frage, ob EPOC im Zusammenhang mit dem Gesamtenergiebedarf (GE) eine relevante Größe ist, soll im Folgenden vor allem auf der Basis neuerer Studien beantwortet werden.



Belastungsintensität und EPOC

Schon mehrfach wurde in Studien gezeigt, dass vor allem die Intensität der Belastung die EPOC-Werte stark beeinflusst. So zeigt schon eine Untersuchung aus den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts (Phelain et al., 1997), dass, bei gleichem Energieverbrauch (Arbeit) von 2.000 kJ, eine Intensität von 75 % VO_2max den EPOC-Wert im Vergleich zu einer Belastung mit 50 % VO_2max nahezu verdoppelte (91 EPOC statt 4,8l). Dabei dauerte das Training mit geringerer Intensität sogar länger, damit die gleiche Arbeit verrichtet wurde. Die „Störung der Homöostase“ (s.o.) muss also offenbar sehr deutlich ausfallen (als Richtwert für ausdauernde Belastungen >70 % VO_2max) und/oder längere Zeit andauern (Richtwert > 45/50 Minuten), denn auch die Belastungsdauer, vor allem bei den intensiveren Belastungen, steigert den EPOC-Wert.

Guidelines für die Gesundheit

Abschließend soll noch auf die wegweisende Studie von Knab et al. (2011) hingewiesen werden.

Diese Forschergruppe aus North Carolina hatte für ihre Untersuchung eine 2,4 x 3,4 m große Stoffwechselkammer („metabolic chamber“) zur Verfügung. Diese war mit einem Aufwand von nahezu 1 Mio. Dollar neu gebaut worden und ist nach Aussage von Institutsdirektor Dr. Steven Zeisel (in „The Sydney Morning Herald“, 22.07.2011) eine der weltweit nur 17 vergleichbaren Anlagen dieser Art. In dieser geschlossenen Kammer, einer Art Einzimmerwohnung, können die Probanden sich frei bewegen und die Forscher können sehr exakt messen, welcher Energie-

2. ARTZT Symposium

Prävention und Rehabilitation
aus interdisziplinärer Sicht -
Best Practice

27.02. / 28.02.2016

Besuchen Sie uns
auf der **MEDICA**
16. - 19. Nov. 2015
Halle 04 / G37

Klaus Eder



Sue Falsone



Robert Lardner



Dr. Kurt Mosetter



Divo Müller



Dr. biol. Hum.
Robert Schleip



Bastian
Schmidtbleicher



Prof. Dr. Dr. h. c.
Dietmar Schmidtbleicher



Sascha Seifert



Dominik Suslik



Bodo von Unruh



Prof. Dr. Andry Vleeming



Shifu Shaofan Zhu



VERANSTALTUNGSORT

Hotel Schloss Montabaur
Schlossweg 1
56410 Montabaur

ANMELDUNG

Ihre Anmeldung zum
ARTZT Symposium nehmen Sie
bitte online vor unter:
<http://shop.physiotherapeut.de/veranstaltungen.html>



VERANSTALTER

Ludwig Artzt GmbH
Schiesheck 5
65599 Dornburg
Tel.: +49-(0)6436 944930
Fax: +49-(0)6436 9449333
www.artzt.eu
E-Mail: info@artzt.eu





verbrauch sich bei verschiedenen Aktivitäten einstellt. Amy Knab und ihre Mitarbeiter untersuchten hinsichtlich der Frage EPOC insgesamt zehn gesunde Männer im Alter zwischen 22 und 33 Jahren, die eine 45-minütige Fahrradergometer-Belastung mit 75 % VO_2max (bzw. 57 % Wmax , d.h. 57 % der maximalen Leistung) absolvierten.

Diese Leistung wurde gewählt, da sie den Mittelwert der weltweit aktuellen Guidelines (Richtwerte) für Gesundheitstraining (30–60 Minuten) darstellte.

Um alle Störgrößen zu kontrollieren, wurden die Personen an zwei nicht aufeinander folgenden Tagen (Beginn 8 Uhr morgens) für jeweils 24 Stunden in der Kammer untersucht, und zwar einmal ohne und einmal mit Training. Auch die Ernährung war kontrolliert und bestand aus 55 % Kohlenhydraten, 30 % Fett und 15 % Eiweiß. Am Trainingstag wurden Snacks gereicht, die den Kalorienverbrauch durch die Trainingsbelastung ausglich, die im Durchschnitt 519 kcal ausmachte.

Die EPOC-Werte nach dieser Studie waren über 14 Stunden (!) zu registrieren und betrugen insgesamt im Durchschnitt 190 kcal (!).

Würde man dieses Training, wie in den Guidelines empfohlen, drei Mal wöchentlich absolvieren, hätte das einen AU aufgrund der drei Trainingsbelastungen von über 1.500 kcal pro Woche zur Folge – aber zusätzlich auch noch gut **ein Drittel zusätzlichen Kalorienverbrauch durch EPOC** in

Höhe von durchschnittlich 570 kcal (3 x 190 kcal). Damit wären die laut Guidelines optimal wünschenswerten 2.000 kcal AU bereits durch Ausdauerbelastungen absolviert – und zwar schon ohne zusätzliches Krafttraining, das ebenfalls wünschenswert und für AU und EPOC relevant ist.

Mehr Intensität, mehr EPOC

Last not least gilt im Ausdauerbereich wie im Kraftbereich das Prinzip, **dass EPOC nahezu linear mit der Intensität steigt**. So ist auch im Muskeltraining ein HIRT (hochintensives Krafttraining) dem traditionellen Training (TT) überlegen, wie kürzlich nochmals Paoli et al (2012), bei allerdings gut Trainierten (17 Männer, Durchschnitt 28 Jahre, 4–6 Jahre Krafttrainingserfahrung), zeigen konnten.

Das klassische TT bestand aus acht Übungen (Bankdrücken, Rückenmaschine, Schulterdrücken, Bizeps Curls, Trizeps-Strecken, Beinpresse, Leg Curls und Sit-ups) mit vier Sätzen bis zum jeweiligen Muskelversagen (d.h. jeweils 8–12 Wiederholungen, was ca. 70–75 % des Wiederholungsmaximums ausmachte), dabei eine Minute Pause zwischen den Sätzen bei den eingelenkigen Übungen und zwei Minuten Pause bei mehrgelenkigen. Die Dauer der Trainingseinheit betrug insgesamt 62 Minuten, inklusive zehn Minuten Warm-up mit einem Tempo von 10 km/h auf einem Laufband.

HIRT bestand aus einer speziellen Trainingssequenz aus Bankdrücken,

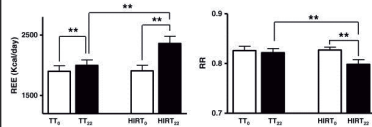
Beinpresse und Latziehen. Hier wurde ein Gewicht bewegt, das 6-RM entsprach (d.h. Wiederholungsmaximum von 6, nicht mehr 7 Wdh.; entsprechend ca. 80–85 % RM) und das nach 20 Sekunden Pause nochmals bis zum Muskelversagen bewegt wurde (i.d.R. dann 2–3 Mal) sowie nach weiteren 20 Sekunden ein drittes Mal (wieder i.d.R. 2–3 Mal). Nach 2,5 Minuten Pause folgte der gleiche Durchgang ein zweites Mal. Bei der Beinpresse wurden drei Durchgänge absolviert. Die Gesamtdauer inklusive zehn Minuten Warm-up (wie oben) betrug hier 32 Minuten. Im Übrigen wurden alle Übungen in einem Tempo von 1 Sekunde für die konzentrische und 2 Sekunden für die exzentrische Phase durchgeführt. Insgesamt wurde so eine Arbeit bzw. work load (Lasten x Sätze x Wiederholungen) von $3.872,4 \pm 624 \text{ Kg}$ (HIRT) bzw. $7.835,2 \pm 1013 \text{ kg}$ (TT) bewältigt. Beim HIRT führte dies zu signifikant höheren Laktatwerten (HIRT $10,5 \pm 2,1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$; TT $5,1 \pm 1,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$).

Die Untersuchung selber erfolgte an zwei unterschiedlichen Tagen im Wochenabstand, an denen Ruhe-Energieverbrauch (REE) und RQ bestimmt, dann jeweils zunächst ein vergleichbares Frühstück konsumiert (55 % KH, 25 % Fett; 15 % Protein), danach das Training absolviert und im Anschluss daran weiterhin die Ernährung kontrolliert wurde.

Erst 22 Stunden nach dem Training fanden sich die Probanden dann wie-

der im Labor ein, um dort wiederum REE und RQ und damit EPOC bestimmen zu lassen. Hier zeigte sich bei beiden Trainingsprotokollen ein Kalorienmehrverbrauch. **Auf den Tag hochgerechnet entsprach dieser Mehrverbrauch bei TT 5% (entsprechend 98 kcal) und bei HIRT sogar 23% (452 kcal; von 1.910 auf 2.362 kcal)**, wobei der überwiegende Teil Fettkalorien waren, was wiederum hochinteressant für das Thema „Fettabbau“ ist und viele frühere Lehrmeinungen konterkariert!

Ruheenergieumsatz (REE; kcal pro Tag) und respiratorischer Quotient (RR) vor (0) und 22 Stunden nach (22) HIRT und TT. ** = $p < 0.001$.



© Paoli et al., Journal of Translational Medicine 2012 (10), 237; doi:10.1186/1479-5876-10-237

Fazit

EPOC durch Fitnesstraining ist im Lichte aktuellster Studien eine nicht zu vernachlässigende Größe, die auch durchaus einen Teil des Erfolgs bei der Gewichtsregulation erklären kann. Vor allem die in letzter Zeit populären intensiveren Trainingsprogramme führen zu einem bedeutsamen Anstieg der EPOC-Werte, was sowohl für Ausdauer- als auch für Kraftbelastungen gilt. Auch für noch wenig Trainierte ist daher anzustreben, dass auch sie nach einem entsprechenden Gewöhnungs- und Aufbauprogramm mittelfristig an höhere Belastungsintensitäten herangeführt werden, um damit ihren Trainingserfolg zu steigern.

Auch wenn diese aktuellsten Studien mit männlichen Probanden durchgeführt wurden, ist das Ergebnis auch für Frauen bedeutsam, wie Borsheim und Bahr schon 2003 zeigen konnten. Wie so oft in Trainingsstudien, sind die absoluten EPOC-Werte zwar bei Männern höher, doch die auf die Körpermasse/-zusammensetzung und den Gesamtenergieverbrauch relativierten Werte sind zwischen den Geschlechtern identisch.

Prof. Dr. Theodor Stemper

Ausgewählte Literatur

- Bahr, R., Ingnes, I., Vaage, O., Sejersted, O.M. & Newsholme, E.A. (1987). Effect of duration of exercise on excess post-exercise oxygen consumption. *J Appl Physiol* 62 (2), 485-490.
- Baum, K. & Schuster, S. (2008). Der Energieumsatz in der Nachbelastungsphase: ein wesentlicher Beitrag zur Gewichtsreduktion? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (5), 110-114.
- Borsheim, E. & Bahr, R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption, *Sports Medicine*, 33 (14), 1037-1060.
- Gaesser, G.A. & Brooks, G.A. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16 (1), 29-43.
- Haddock, B.L. & Wilkin, L.D. (2006). Resistance training volume and post exercise energy expenditure. *Int J Sports Med* 27 (2), 143 - 148.
- Knafl, A.M., Shanely, R.A., Corbin, K.D., Jin, F., Sha, W. & Nieman, D.C. (2011). A 45-Minute Vigorous Exercise Bout Increases Metabolic Rate for 14 Hours. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (9), 1643-1648.
- LaForgia, J., Withers, R.T. & Gore, C.J. (2006). Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *J Sports Sci* 24 (12), 1247-1264. DOI: 10.1080/02640410600552064.
- Lyons, S., Richardson, M., Bishop, P., Smith, J., Heath, H. & Giesen J. (2006). Excess post-exercise oxygen consumption in untrained males: effects of intermittent durations of arm ergometry. *Appl Physiol Nutr Metab* 31 (3), 196-201.
- Mann, T.N., Webster, C., Lamberts, R.P., & Lambert, M.I. (2014). Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 114 (9), 1809-1820.
- Paoli, A., Moro, T., Marcolin, G., Neri, M., Bianco, A., Palma, A. & Grimaldi, K. (2012). High-intensity interval resistance training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *Journal of Translational Medicine*, 10, 237. DOI: 10.1186/1479-5876-10-237.
- Phelain, J.F., Reinke, E., Harris, M.A., Melby, C.L. (1997). Post-exercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *J Am Coll Nutr* 16 (2), 140 -146.



Prof. Dr. Theodor Stemper
Sportwissenschaftler an der Bergischen Universität Wuppertal, 1. Stellvertreter des Vorsitzenden des Bundesverbandes Gesundheitsstudios Deutschland e.V. (BVGSD) und Ausbildungsdirektor des DFAV e.V.

Ein  ist nicht immer gleich ein . Es gibt  oder , viele suchen auch ein . Egal welches Gerät man sucht, einige brauchen etwas für den kleineren , andere legen ganz viel Wert auf eine bestimmte Funktion.

Der Trainierende kann ein  sein oder auch ein , der unbedingt etwas für sein  tun muss. Manche brauchen nur ein einziges Gerät, andere eine ganze Produkt-.

Doch egal, was man sucht, niemand möchte über einen  geschoren werden, sondern sucht eine , die genau passt. Deshalb bauen wir unsere Ergometer in  und nach Bestellung.

Und bei uns sprechen Sie am  mit echten Menschen, nicht mit einer .



-liche Grüße

emotion
FITNESS

www.emotion-fitness.de