

**P. Hofmann, G. Tschakert & H. Traninger**

## **Training & Therapie V – Leistungsdiagnostik in der Trainingstherapie**

TRAINING & THERAPY V – EXERCISE TESTING IN THERAPY

### *Zusammenfassung*

*In vier Impulsreferaten wird ein Überblick über die aktuellen Standards der Laktat- und Herzfrequenz-Leistungsdiagnostik gegeben und die Anwendung bei Dauer- und Intervallbelastungen im therapeutischen Training vorgestellt. Nach einer allgemeinen Einführung in die Laktat-Leistungsdiagnostik, die Laktat-Shuttle-Theorie und die Anwendung bei Dauerbelastungen durch P. Hofmann wird G. Tschakert die Anwendung bei Intervallbelastungen vorstellen. Die spezielle Anwendung der Herzfrequenz-Diagnostik und ihrer Limits wird von P. Hofmann beschrieben und H. Traninger berichtet über die Umsetzung der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung in der ambulanten kardiologischen Rehabilitation.*

*Schlagworte: Laktatbestimmung – Herzfrequenzmessung – Rehabilitation*

### *Abstract*

*A state of the art overview about the standards in lactate and heart rate performance curve diagnostics as well as the application for constant load and interval type exercise in exercise therapy is presented. A general introduction about lactate diagnostics and the lactate shuttle theory is given by P. Hofmann, and G. Tschakert focuses on interval type exercise. The specificity of application of the heart rate performance curve is presented by P. Hofmann and H. Traninger shows the application of lactate diagnostics in training regulation in ambulatory cardiac rehabilitation.*

*Key words: lactate measurement, heart rate measurement, rehabilitation*

### **Peter Hofmann**

#### **Standards der Laktat-Leistungsdiagnostik und Shuttle-Theorie. Stufentest und Dauerbelastung**

Bereits 1980 wurde das theoretische Konzept einer 3-Phasenstruktur kardio-pulmonaler und metabolischer Kenngrößen mit zwei eindeutigen Turn Points für die Blutlaktat-Konzentration dargestellt. Der theoretische Hintergrund kann über die Laktat-Shuttle-Theorie erklärt werden (Brooks, 1986). In eigenen Studien wurde die Bestimmung der beiden Laktat-Umstellpunkte  $LTP_1$  und  $LTP_2$  in Relation zu definierten Dauerbelastungen am Fahrrad-Ergometer untersucht (Hofmann et al., 1994, 2012). Die Ergebnisse zeigen, dass die Dreiphasigkeit aus dem Stufentest auch bei

kontinuierlichen Dauerbelastungen (Tschakert et al., 2009) und Intervallbelastungen (Hofmann & Tschakert, 2011) reproduzierbar ist. So bleibt bei einer Belastung unter dem  $LTP_1$  auch im DT die Blutlaktat-Konzentration im Ruheausgangsbereich, pendelt sich konstant auf einem erhöhten Niveau bei einer Belastung zwischen  $LTP_1$  und  $LTP_2$  ein und steigt wie im Stufentest bei einer Belastung über dem  $LTP_2$  abrupt an und führt zum frühzeitigen Belastungsabbruch.

Die Ergebnisse bestätigen die Laktat-Shuttle-Theorie. Die Methode ermöglicht eine genaue Standardisierung von Dauerbelastungen und erlaubt damit eine präzise Dosierung von Zielbelastungen im Rahmen zielgerichteter therapeutischer Trainingsmaßnahmen (Hofmann & Tschakert, 2011).

### **Literatur**

- Brooks, G.A. (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc*, 18 (3), 360-368.
- Hofmann, P., Bunc, V., Leitner, H., Pokan, R., & Gaisl, G. (1994). Heart rate threshold related to lactate turn point and steady-state exercise on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 69 (2), 132-139.
- Hofmann, P., & Tschakert, G. (2011). Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiol Res Pract*, Article ID 209302, 10 pages, doi:10.4061/2011/209302.
- Hofmann, P., Tschakert, G., Schwarz, H., Mueller, A., Groeschl, W., Pokan, R., & von Duvillard, S.P. (2012). Three Phase Response of Blood Lactate Concentration in Incremental and Constant Load Exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 44 (5), 709-710.
- Tschakert, G., Groeschl, W., Schwabberger, G., von Duvillard, S.P., & Hofmann, P. (2009). Prescription for aerobic high-intensity interval training by means of incremental exercise test markers. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (5, Suppl.), 430.

### **Gerhard Tschakert**

#### **Standards der Laktat-Leistungsdiagnostik und Shuttle-Theorie. Stufentest und Intervallbelastung**

Die positiven Effekte intervallförmiger Belastungen bei Gesunden und bei Patienten sind evident. Angesichts einer immer häufigeren Applikation von Intervalltraining als Interventionsform bei verschiedenen chronischen Erkrankungen erscheint es allerdings dringend notwendig, ein standardisiertes Vorgabemodell für intermittierende Belastungen zu etablieren, das – bezogen auf die individuelle Leistungsfähigkeit – homogene Trainingsreize und dadurch vergleichbare und vor allem abschätzbare physiologische Akutreaktionen auslöst. Es erscheint sinnvoll, hierfür individuelle Leistungsmarker aus dem Stufentest zu verwenden (%  $P_{LTP2}$  als  $P_{mean}$ , %  $P_{max}$  als  $P_{peak}$  und %  $P_{LTP1}$  als  $P_{rec}$ ) (Hofmann & Tschakert, 2011; Tschakert et al., 2009). Dabei ist die Dauer der einzelnen Intervalle ( $t_{peak}$ ) von besonderer Bedeutung, da mit der Länge der hochintensiven Belastungsphasen über dem  $P_{LTP2}$  die Laktatakkumulation im Blut ansteigt und höhere kardiorespiratorische Peaks erreicht werden, auch wenn die mittlere Belastung ( $P_{mean}$ ) deutlich unter dem  $P_{LTP2}$  liegt. Dies konnte durch Er-

gebnisse aus Studien mit gut trainierten Gesunden (Tschakert et al., 2009, 2010; Tschakert, Gröschl & Hofmann, 2011) als auch mit Patient(inn)en in der kardialen Rehabilitation (Tschakert et al., 2012) eindeutig gezeigt werden.

## **Literatur**

- Hofmann, P., & Tschakert, G. (2011). Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies. *Cardiol Res Pract*, Article ID 209302, 10 pages, doi:10.4061/2011/209302
- Tschakert, G., Gröschl, W., & Hofmann, P. (2011). Physiological responses during short and long high-intensity interval and continuous exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43 (5, Suppl.), 556.
- Tschakert, G., Gröschl, W., Schwabegger, G., von Duvillard, S.P., & Hofmann, P. (2009). Prescription for aerobic high-intensity interval training by means of incremental exercise test markers. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (5, Suppl.), 430.
- Tschakert, G., Gröschl, W., Schwabegger, G., Preis, P., von Duvillard, S.P., & Hofmann, P. (2010). Influence of peak load duration during supra-maximal ice hockey simulating interval exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42 (5, Suppl.), 422.
- Tschakert, G., Kroepfl, J., Mueller, A., Harpf, H., Harpf, L., Traninger, H., Wallner-Liebmann, S., & Hofmann, P. (2012). Methodological aspects of aerobic high-intensity interval exercise in cardiac rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc*, 44 (5, Suppl.): accepted.

## **Peter Hofmann**

### **Standards der Herzfrequenzdiagnostik – Implikationen für die Trainingspraxis**

Es gibt klare Evidenz über die positiven Auswirkungen von körperlicher Aktivität und physischem Training in der Prävention und Therapie chronischer Erkrankungen (Pedersen & Saltin, 2006). Diese positiven Wirkungen folgen einer Dosis-Wirkungsbeziehung. Die üblichen Belastungsstandards sind durch allgemeine Guidelines beschrieben (Thompson, 2010), die jedoch eine weite Bandbreite an Belastungsintensitäten angeben. Häufig wird die Belastungsvorgabe über Prozentwerte der maximalen Herzfrequenz (% HF<sub>max</sub>) oder die sogenannte Karvonen-Formel durchgeführt. Diese Vorgabemodelle sind jedoch eindeutig limitiert und ergeben bei gleichen Belastungsvorgaben unterschiedliche akute und chronische Anpassungsreaktionen, die durch eine unterschiedliche individuelle Ausprägung der Belastungsherzfrequenz bei Stufentests erklärt wird (Hofmann et al., 2001).

Die Verwendung individueller Schwellenwerte wie die des Heart Rate Turn Points (HRTP) (Hofmann et al., 1997) erlaubt eine zuverlässige und vergleichbare Belastungsvorgabe im Sinn einer exakten Dosierung von therapeutischen Trainingsbelastungen (Hofmann & Tschakert, 2011).

## **Literatur**

- Hofmann, P., von Duvillard, S.P., Seibert, F.-J., Pokan, R., Wonisch, M., LeMura, L.M., & Schwaberg, G. (2001). %HRmax target heart rate is dependent on heart rate performance curve deflection. *Med. Sci Sports Exerc*, 33 (10), 1726-1731.
- Hofmann, P., Pokan, R., von Duvillard, S.P., Seibert, F.-J., Zweiker, R., & Schmid, P. (1997). Heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects. *Med. Sci Sports Exerc*, 29 (6), 762-768.
- Hofmann, P., & Tschakert, G. (2011). Special Needs to Prescribe Exercise Intensity for Scientific Studies. *Cardiology Research and Practice*, Article ID 209302, 10 pages, doi:10.4061/2011/2093024
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports*, 16, suppl. 1, 3-63.
- Thompson, W.R. (Ed.). (2010). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (8th ed.) (pp. 152-224). Philadelphia: Wolter Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins.

## **Heimo Traninger**

### **Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung in der ambulanten kardiologischen Rehabilitation: Laktat, Herzfrequenz und Einflussgrößen**

In der ambulanten kardiologischen Rehabilitation werden alle Patient(inn)en einer Symptom limitierten Belastungs-Ergometrie unterzogen (Wonisch et al., 2008). Aus der leistungsdiagnostischen Auswertung wird ein individuelles Trainingsprogramm erstellt (Benzer, 2008). Ziel dieser Auswertung ist die Bestimmung des Heart Rate Turn Points (HRTP) (Hofmann & Tschakert, 2011) als Basis für die Intensitätsvorgabe des Trainings. Den Patient(inn)en wird dabei eine Trainingsintensität von 80-95 % des individuellen HRTP's vorgegeben.

Die Belastungsvorgabe wird auf die individuelle Medikation abgestimmt. Die tageszeitliche Wirkungsänderung von Beta-Blockern wurde als Problem identifiziert und Lösungsvorschläge werden vorgestellt.

In regelmäßigen Abständen werden sogenannte Laktat Steady State-Tests (LSS) (Hofmann, Traninger & Wonisch, 2009) durchgeführt, um die Belastungsvorgabe zu überprüfen. Eigene Untersuchungen zeigten, dass trotz genauer Belastungsvorgabe eine Über- oder Unterforderung möglich ist.

Die Kombination HRTP und Kontrolle der Intensität durch LSS-Tests ist ein praxistaugliches und genaues Instrument zur Feinsteuerung der Trainingsbelastung in der ambulanten kardiologischen Rehabilitation.

## **Literatur**

- Benzer, W. in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe für kardiologische Rehabilitation und Sekundärprävention der ÖKG. (2008). Guidelines für die ambulante kardiologische Rehabilitation und Prävention in Österreich – Update 2008. *J Kardiol*, 15, 9-10.

- Hofmann, P., Traninger, H. & Wonisch, M. (2009). Ausdauertrainingsmethoden in der kardialen Rehabilitation. In Pokan, R., Benzer, W., Gabriel, H., Hofmann, P., Kunschitz, E., Mayr, K., Samitz, G., Schindler, K. & Wonisch, M. (Hrsg.), *Kompendium der kardiologischen Prävention und Rehabilitation* (S. 373-384). Wien, New York: Springer.
- Hofmann, P., & Tschakert, G. (2011). Special Needs to Prescribe Exercise Intensity for Scientific Studies. *Cardiology Research and Practice*, Article ID 209302, 10 pages, doi:10.4061/2011/209302
- Wonisch, M., Berent, R., Klicpera, M., Laimer, H., Marko, C., Pokan, R., Schmid, P. & Schwann, H. (2008). Praxisleitlinien Ergometrie. *J Kardiol*, 15 (Supplementum A – Praxisleitlinien Ergometrie), 3-17.