

Herzfrequenz und Variabilitätsmessung als Mittel zur Trainingssteuerung?

Klaus Rom, Peter Hofmann

Institut für Sportwissenschaften, Universität Graz

Einleitung

Auf der Suche nach einfachen und nicht invasiven Methoden zur Messung von Belastung und Erholung von Athleten hat sich die Messung der Herzfrequenz (HF) und daraus abgeleiteter Variablen als ideal gezeigt (Aubert et al., 2003). Die Frage nach der Wertigkeit und Zuverlässigkeit der Herzfrequenzvariabilitäts- (HFV) Messung für die Trainingssteuerung wird nach wie vor diskutiert (König et al., 2003).

Eine Reihe von Studien zur HFV zeigen zahlreiche Methoden, beschreiben die physiologischen Zusammenhänge und beschreiben mögliche Einsatzbereiche (Aubert et al., 2003; Carter et al., 2003; König et al., 2003). Zur Trainingssteuerung wird die Methode jedoch kaum verwendet, was vor allem darauf zurück zu führen ist, dass HFV Parameter sehr anfällig für Messfehler und Störgrößen sind.

Das Ziel dieser Untersuchung war das Verhalten der HF und der HFV in der Regenerationsphase nach einer Einzelbelastung zu beobachten und Muster zu finden, die mit Beschreibungen in der Literatur übereinstimmen. Des weiteren wurde die Frage untersucht, wie diese Beobachtungen von der zeitlichen Auflösung der Messungen abhängig sind.

Methode

An zwei aufeinander folgenden Tagen wurden kontinuierlich passive orthostatische Tests am Kipptisch mit einem 27 Jahre alten, trainierten Mann (Größe: 189cm, Gewicht: 80kg; VO_{2max} : 62 ml/kg/min) durchgeführt. Der Lagewechsel am Kipptisch wurde jeweils alle 4 Minuten vom Liegen zum Stehen (80 Grad Position) und umgekehrt über einen Zeitraum von 5 Stunden durchgeführt. Nach drei Stunden erfolgte eine Pause zur Nahrungsaufnahme (250g kohlenhydratreiche Kost, 0.3l Wasser). Am ersten Tag wurde das Verhalten der HF und HFV ohne Vorbelastung gemessen. Am zweiten Tag wurde vor der Messung ein Trainingsreiz von 80 Minuten Dauerlauf bei 75% der maximalen HF gesetzt.

Die Messung der HF Daten erfolgte EKG-genau durch ein handelsübliches HF-Messgerät (S801i; Polar Electro, Finnland). Die Datenverarbeitung erfolgte durch Microsoft Excel und einem auf Matlab™ Basis aufgebauten GUI-Programm (Vardat 1.0). Die Standardparameter (Task Force of the ESC and NASPE, 1996) der HFV (AverageNN, SDNN, rMSSD, Power der Frequenzanalyse im High Frequency 0.15-0.36Hz und Low Frequency 0.04-0.15Hz Bereich) wurden ermittelt.

Unterschiede zwischen Messwertreihen wurde mittels t-Test für abhängige Stichproben geprüft (Signifikanzgrad $P < 0.05$).

Ergebnisse

Am ersten Tag ohne Vorbelastung zeigte die HF die in der Literatur beschriebene zirkadiane Rhythmik und einen Anstieg durch die Nahrungsaufnahme. Die HFV Parameter schwankten stark, zeigten darüber hinaus aber kein signifikantes Muster.

Am zweiten Tag mit Vorbelastung sank die HF im Liegen unmittelbar nach Ende der Vorbelastung ab und erreichte nach

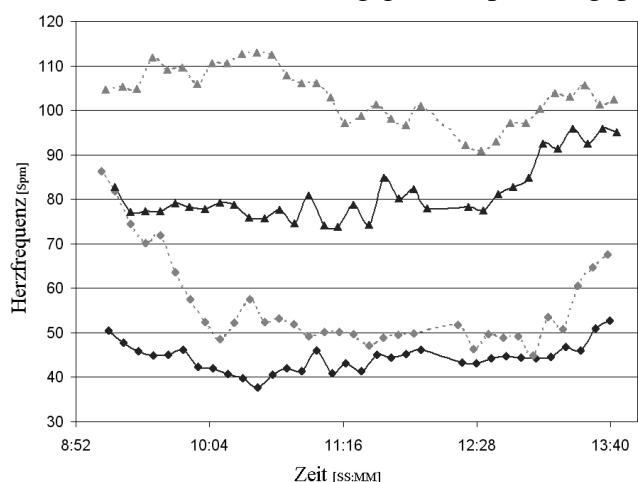


Abbildung 1: Herzfrequenz im Liegen (♦) und Stehen (▲), ohne (—) und mit (---) vorhergehender Belastung.

80 Minuten einen stabilen, aber signifikant erhöhten Level (Abb. 1). Der Anstieg durch die Nahrungsaufnahme erfolgte steiler wie am ersten Tag. In der stehenden Position blieb die HF nach Belastungsende für rund ca. 120 Minuten auf einem konstant hohen Level. Danach erst sank sie kontinuierlich ab und stieg durch die Nahrungsaufnahme wiederum an (Abb.1).

Die HFV Parameter zeigten starke Schwankungen die nicht mit Messartefakten in Verbindung gebracht werden konnten. Trotz allem tritt in den HFV Parametern im Liegen ein überschießender Anstieg über die Werte des ersten Tages nach Belastungsende als Grundmuster auf (Abb. 2). Wie Simulationen von Messungen mit kleinerer zeitlicher Auflösung zeigten, sind diese schwer interpretierbar und erfordern robuste Glättungsverfahren.

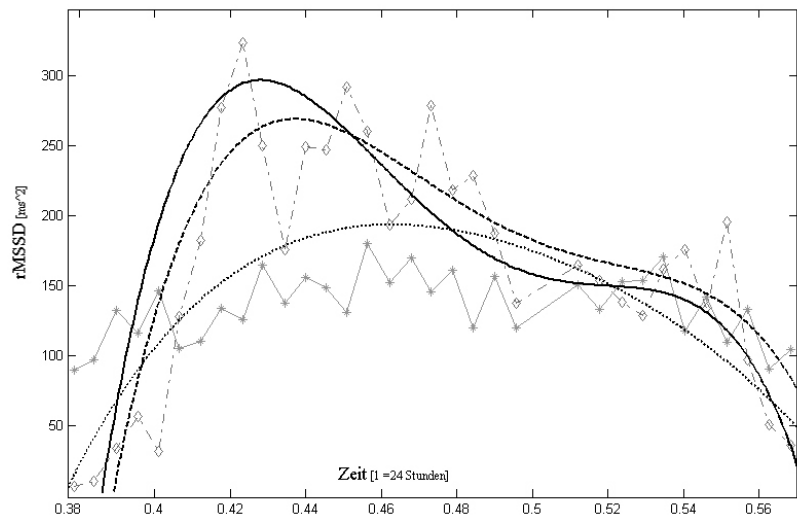


Abbildung 2: rMSSD im Liegen ohne (+) und mit (-◇) vorhergehender Belastung. Polynomfit 4. Grades der rMSSD Daten mit vorhergehender Belastung. Alle Punkte (---, Messintervall 8 Minuten), jeder 4. Punkt (—, Messintervall 32 Minuten), jeder 5. Punkt (....., Messintervall 40 Minuten).

Beispielsweise führt ein Polynomfit (4. Grad) zu stark differierenden Ergebnissen, je nach dem ob man alle, nur jeden Vierten oder Fünften Datenpunkt für den Fit heranzieht (Abb.2).

Diskussion und Schlussfolgerungen

HF und HFV werden durch einen vorhergehenden Belastungsreiz beeinflusst und zeigen im passiven orthostatischen Test in stehender und liegender Position unterschiedliche Muster in der Erholung. Für experimentelle Untersuchungen des Antwortverhaltens des Herzkreislaufsystems auf einzelne Trainingsbelastungen empfiehlt sich auf Grund der Angaben in der Literatur und dieser Einzelfallstudie folgende Vorgehensweise: zu Beginn und direkt nach Belastungsende werden zwei aufeinanderfolgende orthostatische Tests alle 40 Minuten bis zur nächsten Nahrungsaufnahme durchgeführt; danach zwei Tests alle zwei bis drei Stunden für den restlichen Tag, und Ruhemessungen im Liegen am Abend und in der Früh an den darauffolgenden Tagen. Da die vorliegende Studie eine Einzelfalluntersuchung ist, sind verallgemeinernde Schlussfolgerungen nicht zulässig. Als Entscheidungshilfe für das Design zukünftiger Testprotokolle ist sie aber aus zweierlei Gründen durchaus heranzuziehen. Erstens stimmen die beobachteten Muster in den HR und HRV Parametern mit den in der Literatur (Aubert et al., 2003). beschriebenen physiologischen Zusammenhängen überein und zweitens existieren keine Studien, die diese Fragestellung mit einer vergleichbar hohen Auflösung untersuchten.

Literatur

- Aubert, A. et al. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Med*, 33 (12),. 889-919.
- Carter, B. et. al. (2003). Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of Heart Rate. *Sports Med*, 33 (1), 33-46.
- König B. O. et al. (2003). Herzfrequenzvariabilität – Schon reif für die Praxis?. *Leistungssport*, 3, 4-9.
- Task Force of the ESC and NASPE (1996). Heart rate variability. *European Heart Journal*, 17, 354-381.