

**Stefan Kwast, Lea Berger & Philipp Winterhoff**

(2. Preisträger Kategorie Poster)

## Möglichkeit und Grenzen variabler kardiopulmonaler Diagnostik am Beispiel des Kettlebellschwings

### Summary

The assessment of physiological values can not be determined from the derivation of correlative parameters. By changing the physical situation regulatory physiological relationships could change also. Individual circumstances complicate the possibility to get statements about concrete stresses. Not only maximum values, but also the kinetics of physiological variables should be taken in consideration to describe circumstances of acute and cumulative loads. The assessment of cardiac volume load and the oxygen intake offer good opportunities to describe the physiological load of exercises.

### Zusammenfassung

Die Beurteilung physiologischer Belastungen kann nicht aus der Ableitung ähnlich verlaufender Parameter beurteilt werden. Bei Änderung der Belastungssituation ändern sich teilweise regulatorischer Zusammenhänge. Individuelle Gegebenheiten erschweren die Aussagen über konkrete Belastungen. Zur Quantifizierung sind nicht nur Maximalwerte entscheidend, sondern auch die Kinetik physiologischer Größen akut und bei kumulativen Belastungen. Die Beurteilung der Herzvolumenbelastung und der Sauerstoffaufnahme bieten gute Möglichkeiten zur ersten, überblickenden Beurteilung.

**Schlagworte:** Kettlebell, Krafttraining, Herzzeitvolumen, Sauerstoffaufnahme, Hämodynamik Theoretische Vorüberlegung

## 1. Einleitung

Übungsbegleitende Messungen physiologischer Regelkreise bieten im Rahmen ausführlicher Diagnostik viele Einsatzgebiete. Neben der Erfassung, Quantifizierung und Interpretation der Herzleistung, Transportkapazitäten, lokaler und globaler Energieverwertung im Sinne leistungsdiagnostischer Sichtweise bieten sich weitere Einsatzgebiete an. Effizienzsteigerungen von Trainings- und Therapieverfahren sind mit trainingswissenschaftlichen und ökonomischen Zielen meist nach den Prinzipien maximaler Effektivität bei gegebenen Ressourcen (und vice versa) verbunden. Grenzen setzen dabei begrenzte Ressourcen beispielsweise des ausführenden Personals (zeitliche Kapazitäten bzw. Möglichkeiten der Refinanzierung) oder das Erreichen der Belastbarkeit biologischer Strukturen durch Umfangs- oder Intensitätssteigerung. Weiter sind übungsbegleitende Quantifizierungen grundsätzlich notwendig um körperliche Arbeit und Leistung quantitativ einzuordnen. Nur so können Potentiale im Sinne des Trainingsreizes, Erfassung des Gefahrenpotentials im Sinne von Überlastungen einzelner Organsysteme und abgeleiteter Beurteilungen wie beispielsweise Regenerationsbedarf sicher eingeordnet und beurteilt werden. Die Beispielübung Kettlebellswing kann unter mehreren Zielstellungen angewendet werden. Im Sinne der klassischen Anwendung als Übung des Krafttrainings unter dem Schwerpunkt der Schnell- und Maximalkraftentwicklung oder im neuerem rehabilitativen Bereich zum Training der dynamischen Stabilisierung der beteiligten Bewegungssegmente, insbesondere der Wirbelsäule und des lumbosakralen Übergangs. Bei Umfangsausdehnung und Intensitätsreduzierung resultieren jedoch auch hohe Belastungen des Herzkreislaufsystems.

Daher ist der Kettlebellswing als Beispielübung dafür geeignet, beispielhafte oben genannte notwendige Quantifizierung darzustellen. Die vorgesehene Perspektive der kardiopulmonalen Beurteilung ist nicht isoliert ohne mechanische Belastungen final zu interpretieren, jedoch nicht Gegenstand dieser Beispieluntersuchung.

Im Sinne der objektiven Erfassung sind folgende Messgrößen von zentraler Bedeutung und im optimalen Fall vollumfänglich zu erfassen:

*kardial:*

- Herzfrequenz, zur Beurteilung der Arbeitsfrequenz
- systolischer Blutdruck und diastolischer Blutdruck, als Risikomarker
- Schlagvolumen
- daraus abgeleitet die Herzarbeit, Herzleistung und Volumenarbeit im Sinne des Herzzeitvolumens

*spiroergometrisch:*

- Sauerstoffaufnahme und Kohlenstoffdioxidabgabe als Maß des Energieumsatzes
- Blutglucose im Sinne regulatorischer Effekte und Risikoquantifizierung
- Blutlaktatkonzentration, zur Beurteilung lokaler und globaler Belastung
- arteriovenöse Sauerstoffdifferenz als Maß der peripheren Extraktionskapazität und des peripheren Trainingszustandes

*hämatologisch:*

- Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration, zur genauen Quantifizierung der Transportkapazitäten
- Blutvolumen, zur Beurteilung von relativen Konzentration (bspw. Blutlaktatkonzentration) und absoluten Mengen (gebildete Laktatmengen der Arbeitsmuskulatur)

Begrenzend sind aktuell die Messmethodiken, die primär für die Anwendung in Laboruntersuchungen und Ergometrien entwickelt sind. Insbesondere das kontinuierliche Erfassen der Hämodynamik ist mit erheblichem Messaufwand und Fehlertoleranz verbunden, um Daten zu gewinnen, die außerhalb üblicher Laboruntersuchungen zu gewinnen sind. Daher ist eine sorgfältige Vorbereitung der Anwendung der Messmethodik über das Routinemaß von Forschung und Klinik hinaus nötig. Weiter müssen intraindividuelle Beurteilungen im Vergleich zu optimal erfassten Referenzwerten in Laboruntersuchung betrachtet werden.

Besondere Bedeutung ist dem Verlauf bzw. der Kinetik der erfassten Messgrößen sowie den erzielten Maximal- oder Minimalwerten zuzuwenden. Nachfolgend sollen ausgewählte ventilatorische und kardiale Belastungen demonstriert werden.

## **2. Methodik und Datenerhebung**

Im Rahmen eines umfangreicheren Studiendesigns absolvierte der dargestellte männliche Proband (Alter 25 Jahre, Größe 1,86m, 77kg) zwei Belastungsuntersuchungen in randomisierter Reihenfolge. Vorab wurde der Proband umfangreich aufgeklärt und erklärte sein Einverständnis zur Teilnahme an der Untersuchung. Der Proband ist regelmäßig sportlich aktiv und kann alle erforderlichen Übungen der Untersuchungen bereits vorab sicher demonstrieren. Die erfassten Daten sind somit repräsentativ für den durchschnittlich trainierten Sportler. Die Untersuchung fand unter kontrollierten Bedingungen statt, ist jedoch übertragbar auf Felduntersuchungen sofern die Messinstrumente entsprechend ihrer Messmethodik nutzbar sind.

An Termin A waren fünf Sätze des Kettlebellschwings jeweils bis zur subjektiven Erschöpfung und an Tag B eine Ergometrie als Vergleichsuntersuchung zu absolvieren:

*Termin A:* 5 Sätze Kugelhantelschwung 16kg, jeder Satz bis zur subjektiven Ausbelastung, 2 Minuten Satzpause

*Termin B:* Fahrradergometerstufentest (Beginn 50 Watt, Steigerung 15 Watt/Minute) bis zur subjektiven Ausbelastung.

Um vergleichbare Messbedingungen zu schaffen, müssen alle erhobenen Messgrößen mit tragbaren, ortsunabhängigen Messinstrumenten kontinuierlich aufgezeichnet werden.

Während der Untersuchung wurden kardial kontinuierlich mittel Thoraximpedanzmessung (*PhysioFlow Enduro*, Fa. Manatec, Frankreich) die Herzfrequenz, als einvektorielles EKG, und das Schlagvolumen, als Maß der Impedanzveränderung, erfasst. Spiroergometrisch wurden durch die mobile Spiroergometrie *K4B<sup>2</sup>* (Fa. Cosmed, Italien) die Ventilation, die Sauerstoffaufnahme und die Kohlenstoffdioxidabgabe erfasst.

## 2.1 Erfasste Maximalwerte

Die Maximalwerte dienen im Besonderen der absoluten und relativen Einordnung der erhobenen Messgrößen. Hierfür sind nachfolgend in Tab. 1 die absoluten Maximalwerte sowie die relativen Maximalwerte zur Ergometrie dargestellt. Die Maximalwerte entsprechen den höchsten über zehn Sekunden gemittelten Werten. Der Mittelung bedarf es, da alle Messwerte einer normalen physiologischen Variabilität unterliegen.

Tab. 1. *Maximalwerte der Ergometrie und des Kettlebellschwings*

	Ergometrie	Kettlebellschwung	
		absolut	% der Ergometrie
Herzfrequenz (1/min)	204	183	90
Schlagvolumen (ml)	136,7	145,2	106
Herzzeitvolumen (l/min)	27,7	24,9	90
Sauerstoffaufnahme (ml/kg/min)	58,9	44,0	75
Ventilation (l/min)	153,1	103,9	68

Die kardiale Volumen- und Frequenzbelastung erreicht die mit 90 %, respektive 106% beim Schlagvolumen, maximale Belastungen ähnlich der Ergometrie. Die Sauerstoffaufnahme und die Ventilation stellen sich im Gegensatz dazu mit 75 % bzw. 68 % lediglich mit moderater Intensität dar. Zu erkennen ist, dass kardiale und ventilatorische Parameter nicht zwangsläufig gleiche Größenordnungen erreichen. Die kardiale Belastung erreicht maximale, im Sinne des Schlagvolumens sogar supramaximale, Werte.

## 2.2 Kinetik der Messwerte

Um o.g. unterschiedlichen Regulationen genauer zu beschreiben, eignet sich die Betrachtung der Kinetik der Messwerte. Die jeweiligen Verläufe können den Anwender oder Betrachter dabei Unterschiede und Gemeinsamkeiten interpretativ häufig besser nachvollziehen werden.

In Abbildung 1 sind die Sauerstoffaufnahme und die Ventilation dargestellt. Die dargestellten Messwerte zeigen die ebenfalls über zehn Sekunden gemittelten Messwerte. Beim Kettlebellschwung ist ein einmütiger Vor- und Nachlauf zusätzlich dargestellt. Zur besseren Übersicht ist der erste Satz exemplarisch dargestellt.

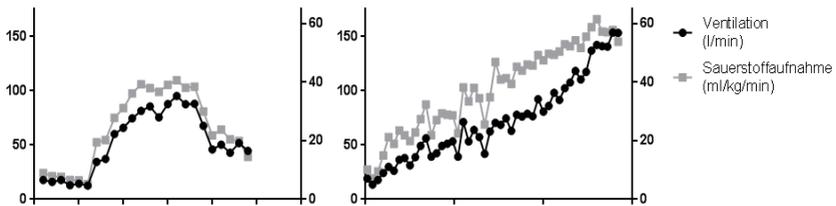


Abb. 1. Ventilation und Sauerstoffaufnahme Satz 1 Test A und Test B

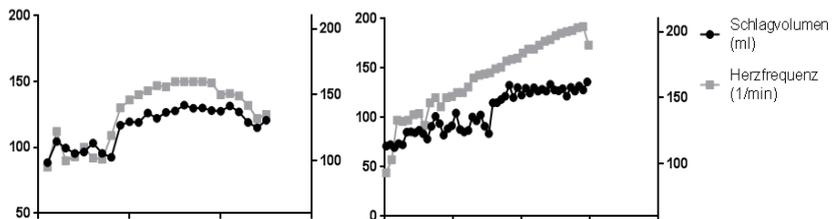


Abb. 2. Schlagvolumen und Herzfrequenz Satz 1 Test A und Test B

Der Stufentest (Test B) zeigt den charakteristischen Verlauf der Sauerstoffaufnahme und der Ventilation. Deutlich zu erkennen ist die Plateaubildung der Sauerstoffaufnahme und korrelativ der Ventilation beim Kettlebellschwung (Test A). Somit erklären sich die geringen ventilatorischen Belastungen, da in der Übung die Muskulatur offensichtlich limitiert ist in der Sauerstoffaufnahme.

In Abbildung 2 ist die kardiale Regulation zu sehen.

An dem gewählten Probanden zu erkennen ist, dass sich bei der Kettlebellbelastung ebenfalls ein Plateau ausprägt, ähnlich der Ventilationsparameter. Jedoch ist das Niveau auf einer deutlich erhöhten Intensität. Zugleich zeigt sich beim dargestellten Probanden im ergometrischen Stufentest eine typische Herzfrequenzregulation und untypische Schlagvolumenregulation. Das Schlagvolumen zeigt im Stufentest ein stetes ansteigen und erreicht seinen Maximalwert bei maximaler Belastung und maximaler Herzfrequenz. Zugleich ist im Bereich der ventilatorischen Schwelle und der damit assoziierten Zunahme des Sympathikustonus eine eher sprunghafte Steigerung der Kontraktilität zu sehen. Der typische Abfall des Schlagvolumens im maximalen Frequenzbereich bleibt aus.

Um kumulative Effekte, insbesondere der Ermüdung, zu beurteilen ist in Abbildung 3 der Verlauf des Herzzeitvolumens über die fünf Sätze zu sehen. Während die Sauerstoffaufnahme bei gleicher physikalischer Arbeit gleich bleibt, kann sich die kardiale Belastung deutlich verändern. Zu sehen ist die Erhöhung der Volumenbelastung von Satz zu Satz.

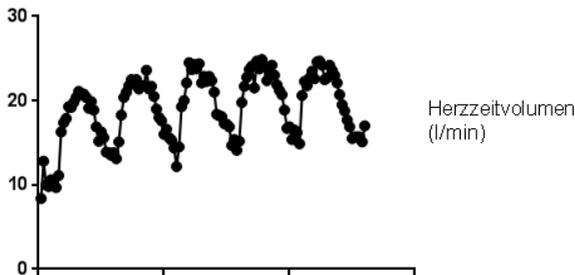


Abb. 3. Verlauf des Herzzeitvolumens Test A Sätze

### 3. Interpretation der Messdaten

Der beschriebene Unterschied der kardialen und ventilatorischen Parameter lässt erkennen, dass physiologische Kenngrößen sich nicht gleichartig verhalten. Somit müssen Aussagen zur Beanspruchung jeweiliger Belastungssituationen konkret erfasst werden. Sollten weiter, wie in diesem Beispiel, die zu Hil-

fe genommenen Verläufe und Maximalwerte aus einer herkömmlichen leistungsdiagnostischen Untersuchung sich atypisch Verhalten, wird die Beurteilung weiter erschwert. Insbesondere Volumenbelastungen des Herzens und die Sauerstoffaufnahme sind prädestiniert Übungen zu beschreiben. Der Kettlebenswring ist für den dargestellten Probanden im beschriebenen Setting ein Trainingsinstrument, das durch die maximale Volumenbelastung als Trainingsmethodik zur Steigerung der Herzleistung eingesetzt werden kann. Weiter wird die kardiale Regulation im Sinne einer hohen Rekrutierungsgeschwindigkeit der Volumenarbeit des Herzens gefordert.

Die maximale Sauerstoffaufnahme im Sinne maximalen peripheren Umsatzes erreicht kein submaximales oder maximales Niveau. Dennoch ist auch die Muskulatur gefordert in kurzer Zeit maximale Sauerstoffmengen zu rekrutieren.

Bei der dargestellten Untersuchung wird weiterhin auffällig, dass nicht nur einzelne Punkte wie Maximal- oder Minimalwerte zur Interpretation genutzt werden sollten, sondern auch die Kinetik tiefergehende Einblicke in Belastungen geben.

#### **4. Ausblick**

Perspektivisch sollten relevante und potentielle Übungen und Belastungen nicht nur hinsichtlich ihrer Effekte im Rahmen von Interventionsstudien betrachtet werden, sondern auch bereits die körperliche Belastung ursächlich durch begleitende Übungsdiagnostik erfasst werden. Gesetzmäßigkeiten und Effekte körperlicher Belastung können somit ursächlich deutlich besser beschrieben werden und eventuell sogar ohne Interventionen beschrieben werden. Gefährdungs- und Überlastungsgefahren sind ebenfalls deutlich besser zu erkennen.

Die betrachteten Maßnahmen sollten ferner auch unter Aspekten wie geschlechtsspezifischer Unterschiede und Gemeinsamkeiten oder alterstypischer Besonderheiten betrachtet werden.

#### **Verfasser**

**Stefan Kwast**, M.Sc., Institut für Sportmedizin und Prävention, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

**Lea Berger**, B.A., Institut für Sportmedizin und Prävention, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

**Philipp Winterhoff**, B.A., Institut für Sportmedizin und Prävention, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig