

Journal für  
**Kardiologie**

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaufkrankungen

Homepage:

**[www.kup.at/kardiologie](http://www.kup.at/kardiologie)**

**Online-Datenbank mit  
Autoren- und Stichwortsuche**

Krause & Pachernegg GmbH  
Verlag für Medizin und Wirtschaft  
A-3003 Gablitz

**[www.kup.at/kardiologie](http://www.kup.at/kardiologie)**

Indexed in EMBASE/Excerpta Medica

## Quality Control of Various Ergospirometric Measuring Parameters by Means of a Gas Exchange Simulating System

M. Kusch, A. Vogt, U. Hoffmann  
 Institute of Physiology, German Sport University Cologne, Germany

### Zusammenfassung: Qualitätskontrolle ergospirometrischer Meßwerte mittels eines Gasaustauschsimulators

Qualitätskontrolle ist heutzutage bei allen Messungen im Zusammenhang des menschlichen Gasaustausches von entscheidender Bedeutung. Insbesondere die Variabilität der menschlichen Atmung erschwert eine genaue Einzelatemzuganalyse. Mittels verschiedener Gasaustauschsimulatoren (Gas Exchange Simulating System, GESS) sind Studien bezüglich der Qualität von Gasaustauschmessungen durchgeführt worden, die sich vor allem auf  $\dot{V}O_2$  und  $\dot{V}CO_2$  bezogen. In der vorliegenden Studie wurden besonders die direkt gemessenen Parameter wie expiratorisches Atemzugvolumen ( $V_t$ ) und Atemzugdauer ( $t_b$ ) beurteilt. Simuliert wurden Expirationsvolumina zwischen 0,5 und 2,9 l, Atemzugfrequenzen ( $f$ ) zwischen 10 und 60  $\text{min}^{-1}$  und Sauerstoffaufnahmen zwischen 0,1 und 7,5  $\text{l} \times \text{min}^{-1}$ . Die simulierten Werte korrelieren in hohem Maße mit den Meßwerten des Ergospirometriegerätes. Vor allem die Atemzugdauer und das expiratorische Atemzugvolumen zeigen hier die größten Übereinstimmungen ( $r > 0,996$ ). Abweichungen der  $\dot{V}O_2$  und  $\dot{V}CO_2$  wurden jedoch bei Volumenströmen über  $9 \text{l} \times \text{s}^{-1}$  beobachtet, die sich auf eine Überschätzung von  $V_t$  bei hohen  $f$  zurückführen lassen können. Insgesamt kann das getestete Ergospirometriesystem als valides Instrument zur einzelatemzugweisen Bestimmung des pulmonalen Gasaustausches in einem weiten physiologischen Bereich beurteilt werden.

### Introduction

Quality control is significant for valid results in metabolic gas exchange measurements. The inherent variability of human breathing makes it difficult to assess the quality of breath-by-breath ( $B \times B$ ) gas exchange analysis. Several gas exchange simulation systems (GESS) have been developed to simulate gas exchange and to control quality of metabolic measurements [1, 2]. Previous studies mainly focussed on the  $O_2$ -uptake

and the  $CO_2$ -output [3, 4]. They now aimed to have a closer look onto different primary measuring parameters like expiratory tidal volume ( $V_t$ ) and single breath duration ( $t_b$ ).

### Methods

The GESS was used to simulate different expiratory volumes ( $V_t$ : 0.5–2.9 l), respiratory frequencies ( $f$ : 10–60  $\text{b} \times \text{min}^{-1}$ ), gas fractions ( $O_2$ : 16–18 %;  $CO_2$ : 3–5 %) and  $O_2$ -uptakes ( $\dot{V}O_2$  ca. 0.1–7.5  $\text{l} \times \text{min}^{-1}$ ). Measurements were obtained by connecting the GESS directly with a metabolic cart (Ergospiro ZAN680, ZAN Meßgeräte GmbH Germany). A position sensor allowed to monitor the stroke volumes of the GESS and these data were used to calculate the simulated gas exchange as in the metabolic cart software. Agreement between GESS expiratory values and metabolic cart readings was evaluated by Passing-Bablok regression analysis and differences were tested by ANOVA.

### Results (Figures 1–3)

GESS  $\dot{V}O_2$  and  $\dot{V}CO_2$  values were highly correlated with the cart results ( $r \geq 0.995$ ). Especially the excellent correlations between breath durations and between expiratory tidal volumes ( $r \geq 0.996$ ) are responsible for these results. However, somewhat greater deviations were observed for volume flow rates in excess of  $9 \text{l} \times \text{s}^{-1}$ , which were due to an overestimation of  $V_t$  at high ventilatory frequencies ( $f > 50 \text{b} \times \text{min}^{-1}$ ).

### Conclusion

The present testing procedure can be used to assess the validity of  $B \times B$  devices. We conclude that the metabolic cart tested can be considered as a valid instrument for measuring pulmonary  $B \times B$  gas exchange parameters within a wide physiological range.

### References

- Gore et al. Automated  $\dot{V}O_2$ max calibrator for open-circuit indirect calorimetry systems. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1095–103.
- Prieur et al. A system to simulate gas exchange in humans to control quality of metabolic measurements. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998; 78: 549–54.
- Keskinen et al. IX World Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming, St-Etienne, France, 2002.
- Kusch et al. Proceedings VII annual congress of the ECSS, Athens, 2002.

This study was kindly supported by:

- ESA/ESTEC European Space Technology Centre
- ZAN Meßgeräte GmbH, Germany

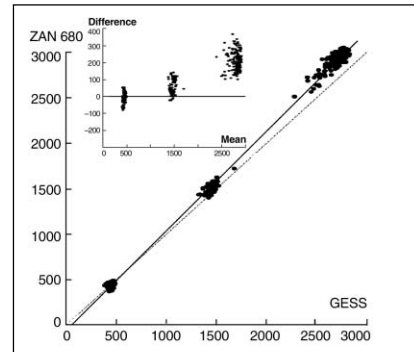


Figure 1: Expiratory tidal volume  $V_t$  [ml],  $r = 0.999$ ,  $n = 335$

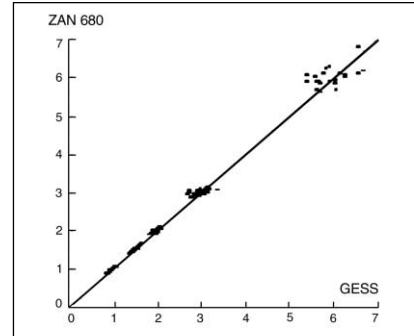


Figure 2: Breath duration  $t_b$  [s],  $r = 0.996$ ,  $n = 168$

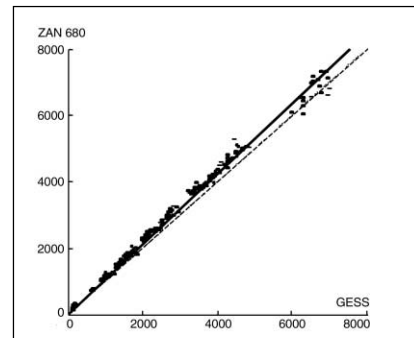


Figure 3:  $\dot{V}O_2$  [ $\text{ml} \times \text{min}^{-1}$ ],  $r = 0.998$ ,  $n = 336$

Figure 1–3: Regression plots

### Kontakt:

Martin Kusch  
 Deutsche Sporthochschule Köln  
 Tel.: +49 (0)221 4982 696, Fax: +49 (0)221 4982 679  
 E-Mail: kusch@dshs-koeln.de

ZAN Meßgeräte GmbH, ZAN Austria  
 Tel.: +49 (0)9736 8181-0, Tel.: +43 (0)7258 79222,  
 Fax: +49 (0)9736 8181-20, Fax: +43 (0)7258 79222-22  
 E-Mail: zan@zan.de E-Mail: office@zan.at

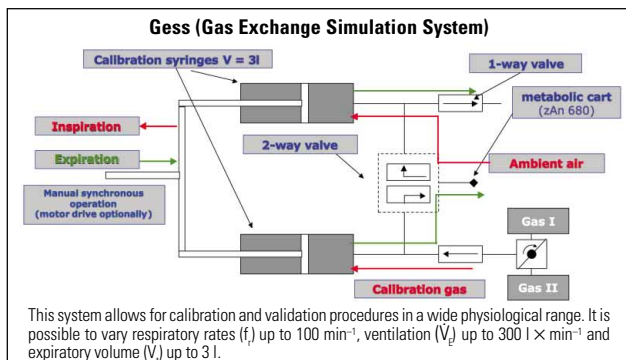


Figure 4: GESS schematic setup

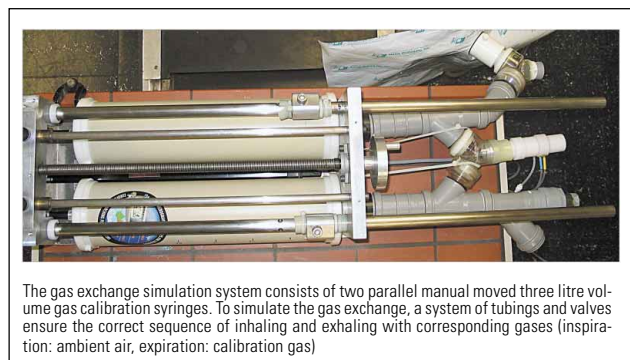


Figure 5: GESS system