

## **Effekte mehrstündigen Stehens auf die Ödembildung der unteren Extremitäten sowie muskuläre Beanspruchung der LWS- und Unterschenkelmuskulatur**

Rudolf WALL<sup>1</sup>, Robert SEIBT<sup>1</sup>, André KLUSSMANN<sup>2</sup>, Thomas LÄUBLI<sup>3</sup>,  
Monika A. RIEGER<sup>1</sup>, Benjamin STEINHILBER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung,  
Universitätsklinikum Tübingen, Wilhelmstr. 27, D-72074 Tübingen*

<sup>2</sup> *Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e.V. (ASER),  
Corneliusstr. 31, D-42329 Wuppertal*

<sup>3</sup> *Labor für sensomotorische Systeme, Eidgenössische Technische Hochschule  
Zürich, Tannenstr. 1, CH-8092 Zürich*

### **Kurzfassung:**

*Ziel:* Die vorliegende Studie hat zum Ziel, den Effekt mehrstündigen Stehens und Gehens auf Surrogatparameter eines erhöhten Risikos von venösen Erkrankungen und Muskel-Skelett-Beschwerden zu untersuchen. *Methode:* Es nahmen insgesamt 60 Personen an der Studie teil (15w, 45m). Die 275-minütige Expositionsdauer wurde stehend bzw. gehend an zwei Messtagen absolviert und in drei Phasen eingeteilt (110, 110 und 55 min; Pausen: 35/10 min). Dabei wurde vor der ersten und nach der letzten Phase das Unterschenkelvolumen mittels Wasserplethysmographie (WP) gemessen. Zur Beurteilung muskulärer Ermüdung wurde die Aktivität der lumbalen Mm. erector spinae (ES) und des M. gastrocnemius (MG) kontinuierlich mittels Oberflächen Elektromyographie (OEMG) erfasst. *Ergebnisse:* Das Unterschenkelvolumen veränderte sich im Mittel um  $3,6 \pm 1,7$  % (109 ml) beim Stehen und um  $0,3 \pm 1,3$  % (9 ml) beim Gehen. In keiner der Expositionsphasen konnten Zeichen muskulärer Ermüdung gemessen werden. *Diskussion:* Es konnte eine protektive Wirkung des Gehens auf die Ödembildung gezeigt werden. Folgeuntersuchungen sollten den minimal notwendigen Gehanteil zur Ödemreduktion bestimmen. Das OEMG könnte zusätzlich auf veränderte Aktivierungsmuster ausgewertet werden.

**Schlüsselwörter:** Steharbeit, Oberflächen Elektromyographie, muskuläre Ermüdung, Unterschenkelvolumen

## **1. Einleitung**

Berufe mit hohem Stehanteil sind sowohl in der deutschen, als auch in der internationalen Arbeitswelt häufig zu finden. So zeigen Befragungen von Vollzeit Beschäftigten in unterschiedlichen Ländern, dass etwa die Hälfte der Belegschaft lange Stehphasen im Beruf einnehmen muss (Wittig et al. 2013; Tissot et al. 2005). Durch mehrstündiges Stehen über einen langen Zeitraum unterliegen diese Menschen einem erhöhten Risiko für Muskelskelett-Beschwerden (MSD) der unteren Extremitäten sowie des lumbalen Rückens (Coenen et al. 2016; McCulloch 2002; Tissot et al. 2009). Zusätzlich kommt es durch die statische Haltung (inaktive Muskel-

Venen-Pumpe) und dem durch die aufrechte Position hervorgerufenen orthostatischen Druck zu einem Anschwellen der unteren Extremitäten. Dieser mechanische Stress begünstigt wahrscheinlich mittel- und langfristig die Entwicklung von Varikosen und verstärkt die Auswirkungen venöser Erkrankungen und der dadurch bedingten Krankenhausaufenthalte (Pfisterer et al. 2014; Marshall 1993; Tuchsén et al. 2005).

Es werden einige Methoden diskutiert, die auf ein erhöhtes Risiko für die genannten Beschwerden und Erkrankungen hindeuten (Surrogatparameter). Die Entwicklung von MSDs wird hierbei in Verbindung mit einer möglichen lokalen muskulären Ermüdung gebracht (Andersen et al. 2007), die mithilfe von Oberflächen Elektromyographie (OEMG) objektiviert werden kann. Bei der Pathogenese von venösen Erkrankungen, könnte eine Reduktion des Anschwellens der Beine langfristig zu einer Risikoreduktion führen (Pfisterer et al. 2014; Marshall 1993). Deswegen gilt hierbei das Unterschenkelvolumen als möglicher Surrogatparameter.

Ziel der Studie war es, Kenntnisse über die Wirkung mehrstündigen Stehens auf diese Surrogatparameter zu sammeln. Verglichen wurde die Stehexposition mit einer Gehexposition auf einem Laufband bei konstanter Geschwindigkeit als Gegenpol der rein statischen Haltung.

## **2. Methoden**

### *2.1 Probanden*

Insgesamt wurden 60 gesunde Personen in die Studie eingeschlossen, die Vollzeit arbeitsfähig waren (15 Frauen, 45 Männer; Alter:  $31 \pm 13$  Jahre; Gewicht:  $74 \pm 12$  kg; Größe:  $177 \pm 10$  cm). Die Studie wurde von der Ethikkommission der medizinischen Fakultät des Universitätsklinikums Tübingen genehmigt. Die Probanden unterschrieben ihr Einverständnis vor Beginn der Messung und erhielten eine finanzielle Kompensation für ihre Teilnahme.

### *2.2 Messinstrumente*

#### *2.2.1 Oberflächen-Elektromyographie (OEMG)*

Zur Beurteilung einer möglichen muskulären Ermüdung wurde die bipolare OEMG angewendet. Gemessen wurde der M. gastrocnemius caput mediale unilateral (Seite randomisiert) und die Mm. erector spinae bilateral (auf Höhe von L3) nach den Vorgaben von SENIAM (Hermens 1999). Hierfür wurde ein Elektrodenpaar (Covidien™, Kendall™) im Verlauf der Muskelfasern geklebt. Die Haut wurde vorher mit einer abrasiven Paste (Nupreb, Weaver and Company) gereinigt, um eine Verbesserung der Signalqualität zu erzielen. Die Signale wurden im Frequenzbereich von 8 bis 650 Hz aufgezeichnet (PS11, THUMEDI GmbH & Co. KG, Deutschland, Abtaste 2048 Hz). Die Datenaufzeichnung erfolgte kontinuierlich über alle Expositionsphasen.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Probanden wurde eine Normalisierung mit einer Maximalkraftunabhängigen submaximalen Referenzkontraktion von 20 s Dauer durchgeführt. Für den M. gastrocnemius war die Referenzkontraktion ein Moment in Plantarflexion von 22,5 Nm, das unter visuellem Feedback gehalten wurde. Für die Mm. erector spinae wurde eine aufrechte Körperhaltung eingenommen und ein

Gewicht von 10 kg über eine Umlenkrolle gehalten ohne die Körperhaltung zu verändern. Das Gewicht war mittels Seil und Brustgurt am Probanden befestigt.

### *2.2.2 Wasserplethysmographie (WP)*

Das Unterschenkelvolumen (USV) wurde mithilfe eines Metallbeckens (Höhe x Länge x Breite: 50 x 36 x 19 cm) gemessen. Dieses wurde zunächst über Niveau des Auslaufhahns (auf 40 cm Höhe) mit 25-30° C warmem Wasser befüllt und mit einem Tropfen Spülmittel versehen, um die Oberflächenspannung zu reduzieren. Anschließend wurde das Wasser solange abgelassen, bis weniger als 1 Tropfen pro 10 s abfloss. Bei geschlossenem Hahn wurde der Proband so positioniert, dass die Fußsohle ohne Belastung den Boden des Beckens berührte. Die Fuß- und Knieposition wurde mit einer Skala am Boden bzw. am Beckenrand für die Wiederholungsmessungen notiert. Das Wasser wurde exakt 5 min ablaufen gelassen und anschließend gewogen (Messfehler ca.  $\pm 1,5$  g), mit der Annahme, dass 1 g des Gewichts, 1 ml Wasser entsprechen.

### *2.3 Ablauf*

Nachdem die Teilnehmer aufgeklärt wurden und ihre schriftliche Einverständnisse gaben, wurde sowohl das zu messende Bein, als auch die Expositionsreihenfolge (Stehen vs. Gehen) randomisiert. Anschließend fand die erste Messung des USV statt, worauf die Beklebung der Elektroden und die Normalisierungsmessungen folgten. Sowohl die Steh- als auch Gehexposition dauerten insgesamt 275 min aufgeteilt in drei Phasen (Exposition 1 (E1): 110 min, E2: 110 min, E3: 55 min) mit 35 und 10 min Pause dazwischen. Im Anschluss an E3 wurde die zweite WP Messung durchgeführt.

### *2.4 Statistik*

Die Ermüdungsanalyse erfolgte mit den Kennwerten elektrische Aktivität (eA) und Medianfrequenz (MF) des OEMGs. Bei konstanter Muskelbeanspruchung wird ein Anstieg der eA bei gleichzeitigem Abfall der MF als Zeichen muskulärer Ermüdung angesehen (Luttmann et al. 2000). Dazu wurden die Anstiege von eA und MF mittels linearer Regressionen über die Expositionsphasen berechnet (Anstieg/h). Diese wurden auf die muskelspezifischen Referenzsignale normalisiert und als Anstieg  $\%_{\text{Referenz}}/\text{h}$  angegeben.

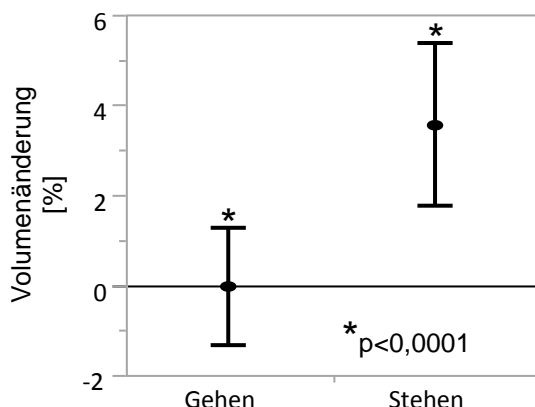
Das aus der WP ermittelte USV wurde als prozentuale Volumenänderung bezogen zum Ausgangswert vor der Exposition angegeben. Mögliche Unterschiede wurden mittels t-Test statistisch geprüft (Alpha-Level 0.05), da normalverteilte Daten vorlagen.

## **3. Ergebnisse**

### *3.1 Unterschenkelvolumen*

Bei der Stehexposition kam es im Mittel zu einer Zunahme des USV um  $3,6 \pm 1,7$  %. Während der Gehexposition veränderte sich das USV mit  $0,3 \pm 1,3$  %

Änderung nicht (siehe Diagramm 1). Der Unterschied zwischen den beiden Expositionen ist statistisch hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ).



**Diagramm 1:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Volumenänderung bei der Geh- und Stehexposition.

### 3.2 Zeichen lokaler Muskelermüdung

#### 3.2.1 *M. erector spinae* (ES)

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der linearen Regressionen von eA und MF des ES zusammengefasst. Die Werte befinden sich alle im Bereich von -2,6 bis 1,5 %Referenz/h mit Standardabweichungen von  $\pm 2,6$  bis  $\pm 10,9$  %Referenz/h.

**Tabelle 1:** Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der normalisierten Anstiege der elektrischen Aktivität (eA) und Medianfrequenz (MF) des *M. erector spinae* für jede der drei Expositionsphasen (E).

MW (SD) in %Referenz/h	Stehen				Gehen			
	ES links		ES rechts		ES links		ES rechts	
	eA	MF	eA	MF	eA	MF	eA	MF
<b>E1</b>	-0,3 (5,5)	1,1 (4,2)	-0,8 (4,3)	1,2 (3,9)	-2,6 (4,4)	1,1 (3,7)	-2,2 (5,6)	0,7 (3,3)
<b>E2</b>	1,5 (4,5)	-1,7 (3,3)	1,3 (4,0)	-2,2 (5,3)	1,0 (4,5)	-1,2 (2,9)	0,5 (4,1)	-1,3 (3,3)
<b>E3</b>	-0,7 (7,4)	1,4 (9,1)	-0,7 (7,0)	-0,1 (10,9)	0,8 (7,6)	0,6 (2,7)	-0,4 (6,1)	0,4 (2,6)

#### 3.2.2 *M. gastrocnemius* (MG)

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der linearen Regressionen von eA und MF des MG zusammengefasst. Die Werte befinden sich alle im Bereich von -9,4 bis 3,3 %Referenz/h mit Standardabweichungen von  $\pm 1,0$  bis  $\pm 12,7$  %Referenz/h.

**Tabelle 2:** Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der normalisierten Anstiege der elektrischen Aktivität (eA) und Medianfrequenz (MF) des *M. gastrocnemius* für jede der drei Expositionsphasen (E).

MW (SD) in %Referenz/h	Stehen		Gehen	
	eA	MF	eA	MF
<b>E1</b>	0,9 (7,3)	-0,1 (1,4)	-9,1 (8,7)	1,0 (1,5)
<b>E2</b>	3,3 (8,5)	-0,8 (1,0)	-3,6 (7,2)	-0,8 (1,4)
<b>E3</b>	-0,9 (10,7)	-0,9 (1,0)	-9,4 (12,7)	0,7 (2,7)

## 4. Diskussion

### 4.1 Unterschenkelvolumen

Die Ergebnisse der Volumenmessung zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen der Steh- und Gehexposition. Während beim Stehen alle Probanden eine USV Zunahme aufwiesen, konnte durch die Aktivierung der Muskel-Venen-Pumpe beim Gehen das Anschwellen der Beine im Mittel verhindert werden. Das Ausmaß der Ödembildung beim Stehen liegt in einem ähnlichen Bereich wie es auch schon in anderen Untersuchungen festgestellt werden konnte (Brijker et al. 2000). Bezüglich der Gehexposition konnte keine vergleichbare Untersuchung gefunden werden.

Ein möglicher Ansatz, um die Volumenzunahme beim Stehen zu vermindern, könnte nach den vorliegenden Ergebnissen sein, gezielte Gehunterbrechungen zur Aktivierung der Muskel-Venen-Pumpe durchzuführen. In einer Untersuchung von Uda et al. (1997) konnte gezeigt werden, dass durch gezielte Übungen (Aktivierung der Muskelvenenpumpe) dem Ödem vorgebeugt werden kann.

### 4.2 Zeichen lokaler Muskelermüdung

In keiner der untersuchten Muskeln konnten Zeichen muskulärer Ermüdung festgestellt werden. Die zur Referenzkontraktion normalisierten Anstiege wiesen grundsätzlich sehr kleine Werte (<10 %) auf. Da die Referenzkontraktion deutlich im submaximalen Intensitätsbereich lag, kann davon ausgegangen werden, dass die Veränderungen der eA und MF über die Expositionsphasen eher von geringer Bedeutung sind. Im Gegensatz dazu konnten Balasubramanian et al. bei einer zweistündigen Stehexposition Ermüdungszeichen des thorakalen ES mittels OEMG zeigen (Balasubramanian et al. 2009). Allerdings wurden in dieser Untersuchung während der Stehexposition manuelle Tätigkeiten durchgeführt, die möglicherweise weit entscheidender für die Ermüdung waren als die Belastung durch das Stehen. In einer Untersuchung von Nelson-Wong et al. wurde gezeigt, dass Personen, die bei langem Stehen Beschwerden entwickeln, ein verändertes Aktivierungsmuster der Becken umgebenden Muskulatur aufweisen. Eventuell müssen bei langem Stehen neben der lokalen muskulären Ermüdung weitere Surrogatparameter in Betracht gezogen werden, um das Risiko für Muskelskelett-Beschwerden sinnvoll abbilden zu können (Nelson-Wong et al. 2012; Nelson-Wong & Callaghan 2014).

## 5. Literatur

Andersen, J. H.; Haahr, J. P.; Frost, P. (2007): Risk factors for more severe regional musculoskeletal symptoms: a two-year prospective study of a general working population. In: *Arthritis and rheumatism* 56 (4), S. 1355–1364.

Balasubramanian, Venkatesh; Adalarasu, K.; Regulapati, Rahul (2009): Comparing dynamic and stationary standing postures in an assembly task. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 39 (5), S. 649–654.

Brijker, F.; Heijdra, Y. F.; Van Den Elshout, F. J.; Bosch, F. H.; Folgering, H. T. (2000): Volumetric measurements of peripheral oedema in clinical conditions. In: *Clinical physiology (Oxford, England)* 20 (1), S. 56–61.

Chester, Mandy R.; Rys, Malgorzata J.; Konz, Stephan A. (2002): Leg swelling, comfort and fatigue when sitting, standing, and sit/standing. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 29 (5), S. 289–296.

Coenen, Pieter; Willenberg, Lisa; Parry, Sharon; Shi, Joyce W.; Romero, Lorena; Blackwood, Diana M. et al. (2016): Associations of occupational standing with musculoskeletal symptoms: a systematic review with meta-analysis. In: *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2016-096795.

Friden, J.; Sfakianos, P. N.; Hargens, A. R. (1986): Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. In: *Journal of Applied Physiology* 61 (6), S. 2175–2179.

Hermens, Hermie J. (1999): European recommendations for surface ElectroMyoGraphy. Results of the SENIAM project. Enschede: Roessingh Research and Development (SENIAM, 8).

Krijnen, R.M.A; Boer, E.M de; Adèr, H.J; Bruynzeel, D.P (1997): Venous Insufficiency in Male Workers with a Standing Profession. In: *Dermatology* 194 (2), S. 111–120.

Luttmann, Alwin; Jäger, Matthias; Laurig, Wolfgang (2000): Electromyographical indication of muscular fatigue in occupational field studies. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 25 (6), S. 645–660.

Marshall, M. (1993): Medikamentöse Therapie von chronischen Venenleiden. In: *TW Dermatologie* 23, S. 244–248.

McCulloch, John (2002): Health risks associated with prolonged standing. In: *Work (Reading, Mass.)* 19 (2), S. 201–205.

Nelson-Wong, E.; Alex, B.; Csepe, D.; Lancaster, D.; Callaghan, J. P. (2012): Altered muscle recruitment during extension from trunk flexion in low back pain developers. In: *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* 27 (10), S. 994–998.

Nelson-Wong, E.; Callaghan, J. P. (2014): Transient low back pain development during standing predicts future clinical low back pain in previously asymptomatic individuals. In: *Spine* 39 (6), E379–83.

Pfisterer, Larissa; König, Gerd; Hecker, Markus; Korff, Thomas (2014): Pathogenesis of varicose veins - lessons from biomechanics. In: *VASA. Zeitschrift für Gefasskrankheiten* 43 (2), S. 88–99.

Tissot, F.; Messing, K.; Stock, S. (2005): Standing, sitting and associated working conditions in the Quebec population in 1998. In: *Ergonomics* 48 (3), S. 249–269.

Tissot, F.; Messing, K.; Stock, S. (2009): Studying the relationship between low back pain and working postures among those who stand and those who sit most of the working day. In: *Ergonomics* 52 (11), S. 1402–1418.

Tuchsen, F.; Hannerz, H.; Burr, H.; Krause, N. (2005): Prolonged standing at work and hospitalisation due to varicose veins: a 12 year prospective study of the Danish population. In: *Occupational and environmental medicine* 62 (12), S. 847–850.

Uda, S.; Seo, A.; Yoshinaga, F. (1997): Swell-preventing effect of intermittent exercise on lower leg during standing work. In: *Industrial health* 35 (1), S. 36–40.

Waters, T. R.; Dick, R. B. (2015): Evidence of health risks associated with prolonged standing at work and intervention effectiveness. In: *Rehabilitation nursing : the official journal of the Association of Rehabilitation Nurses* 40 (3), S. 148–165.

Wittig, P.; Nöllenheidt, C.; Brenscheidt, S. (2013): Grundausswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012. mit den Schwerpunkten Arbeitsbedingungen, Arbeitsbelastungen und gesundheitliche Beschwerden.

**Danksagung:** Das Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung, Universitätsklinikum Tübingen, erhält eine institutionelle Förderung durch den Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e.V. (Südwestmetall).



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft**

63. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

---

**GfA Press**

---

**Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017**

**FHNW Brugg-Windisch, Schweiz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

**Screen design und Umsetzung**

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)