

**Referent/in**

Schmalz, Thomas (Göttingen DE) | Dr.  
Ottobock SE & Co.KGaA - Clinical Research & Services / Biomechanics

**Titel**

Ein passives Exoskelett zur Entlastung des Rückens bei Hebetätigkeiten: Biomechanische und metabolische Effekte

**Coauthors**

Collienne A, Bellmann M, Gärtner C, Ernst M

**Zusammenfassung**

Exoskelette werden im Arbeitsalltag genutzt, um bei Arbeitsaufgaben Teile des Bewegungsapparats zu entlasten. Im Beitrag werden Ergebnisse biomechanischer und metabolischer Analysen vorgestellt, mit denen der Anwendernutzen eines Exoskeletts zur Entlastung des unteren Rückens bewertbar ist.

**Hintergrund**

Beschäftigte in den Bereichen Industrie/Logistik sind häufig von muskuloskelettalen Erkrankungen, die mit einer Schmerzsymptomatik im unteren Rücken verbunden sind, betroffen [1,2]. Für den Arbeitsalltag wird hierbei als moderne präventive Maßnahme die Verwendung von passiven oder aktiven Exoskeletten vorgeschlagen. Diese sollen insbesondere den unteren Rückenbereich bei sich ständig wiederholenden Hebetätigkeiten entlasten [3,4]. Objektive wissenschaftliche Untersuchungen sind essentiell, um den erwartbaren Anwendernutzen beurteilen zu können [5].

Ziel der vorliegenden Studie ist die Nutzung von biomechanischen und metabolischen Messverfahren, um den Entlastungs- und Komforteffekt eines neuentwickelten Exoskeletts bei Hebetätigkeiten objektiv zu bewerten.

**Material Methode; Durchführung/ Prozess**

An der Studie nahmen zehn Probanden ohne bekannte neurologische und orthopädische Erkrankungen teil ( $22.0 \pm 2.3y$ ,  $72.3 \pm 11.5kg$ ,  $181.6 \pm 9cm$ ), die das passive Exoskelett PaexoBack (Ottobock, D, Abb. 1) im Labor testeten. Um eine Hebetätigkeit aus dem Arbeitsalltag zu simulieren, hoben diese eine Kiste (10kg) mit und ohne Exoskelett (ME und OE) vom Boden repetitiv mit vorgegebener Technik und Geschwindigkeit (7 Zyklen pro Minute,

Gesamtdauer 5min). Die metabolischen Parameter wurden mit einem Spiroergometriesystem (Cortex, D) erfasst, die Aktivität von Muskeln des Rücken- und Bauchbereichs sowie einzelner knie- und hüftübergreifender Muskeln mit einem EMG-System (Noraxon, USA). Kinematische und kinetische Größen wurden mit einem optoelektronischen System in Kopplung mit zwei Kraftmessplatten gemessen. Die bewegungsanalytischen Parameter dienten als Eingangsdaten, um mit einem biomechanischen Modell die Gelenkkompressionskräfte im Bereich L4/L5 und L5/S1 zu berechnen (AnyBody, DK).

### **Ergebnisse**

Durch die Nutzung des Exoskeletts ergab sich eine mittlere Reduktion des Sauerstoffverbrauchs von 10% ( $p < 0.05$ ) bei fast gleicher mittlerer Herzfrequenz (145  $\text{min}^{-1}$  (OE) vs. 146  $\text{min}^{-1}$  (ME)). Aus der Analyse der Gelenkwinkel folgt, dass die Probanden in den Situationen OE und ME ein sehr ähnliches Bewegungsmuster nutzten. Das integrierte EMG (IEMG) zeigte ME für die abgeleiteten Rückenmuskeln (mittlerer und unterer Anteil des M. erect. spin.) eine Reduktion zwischen 12 und 18% ( $p < 0.01$ ), für den M. bic. fem. um 17% ( $p < 0.01$ ). Das IEMG der anderen abgeleiteten Muskeln (Bauchmuskeln und Kniegelenkextensoren) wies für beide Situationen keine relevanten Unterschiede auf. Der mittlere Maximalwert der Gelenkkompressionskraft, die zwischen L4/L5 und L5/S1 wirkt, sank von  $2857 \pm 489$  N OE auf  $2264 \pm 315$  N ME bzw. von  $2900 \pm 512$  N OE auf  $2293 \pm 312$  N ME ( $p < 0.01$ , siehe Abb. 2).

### **Diskussion/ Schlussfolgerung; Fazit für die Praxis**

Die Studienresultate zeigen, dass das getestete Exoskelett den metabolischen Aufwand beim repetitiven Lastenheben reduziert und somit entsprechende reale Arbeitsaufgaben spürbar erleichtern kann. Die gemessene Reduktion der Aktivität der Rückenmuskulatur und die mittels Modellierung berechnete Reduktion der Gelenkkompressionskräfte sind Belege, dass das Exoskelett bei der hier untersuchten Hebetätigkeit den unteren Rücken entlastet. Hieraus kann die Annahme abgeleitet werden, dass die Nutzung des Exoskeletts eine präventive Maßnahme repräsentiert, um der Entstehung von muskuloskelettären Erkrankungen im unteren Rückenbereich entgegenzuwirken.

Limitierungen der Studie sind in der Teilnahme von jungen, gesunden Probanden und fehlende Informationen zur langzeitlichen Nutzerakzeptanz zu sehen. Diese Aspekte und die objektive Abklärung von unerwünschten Nebeneffekten, die durch die Entlastung des unteren Rückenbereichs in anderen Regionen des Bewegungsapparats entstehen könnten, sollten in weiterführenden Studien untersucht werden.

### Literaturreferenzen

[1] David, G.C. et al. Occupational Medicine 2005. doi:10.1093/occmed/kqi082.

[2] Cote, J.N. et al. Industrial Relations 2013. doi:10.7202/1023009ar.

[3] Baltrusch, S. et al. Wearable Robotics: Challenges and Trends 2019.  
doi:10.1007/978-3-030-01887-0\_44.

[4] Howard, J. et al. American Journal of Industrial Medicine 2019. doi:10.1002/ajim.23080.

[5] Theurel, J. et al. IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors 2019. doi:10.1080/24725838.2019.1638331

**Image:** Abbildung\_1\_111.jpg



Abb. 1: Exoskelett zur Entlastung des unteren Rückens bei Hebetätigkeiten in der rückwärtigen Ansicht

Image: Abbildung\_2\_112.jpg

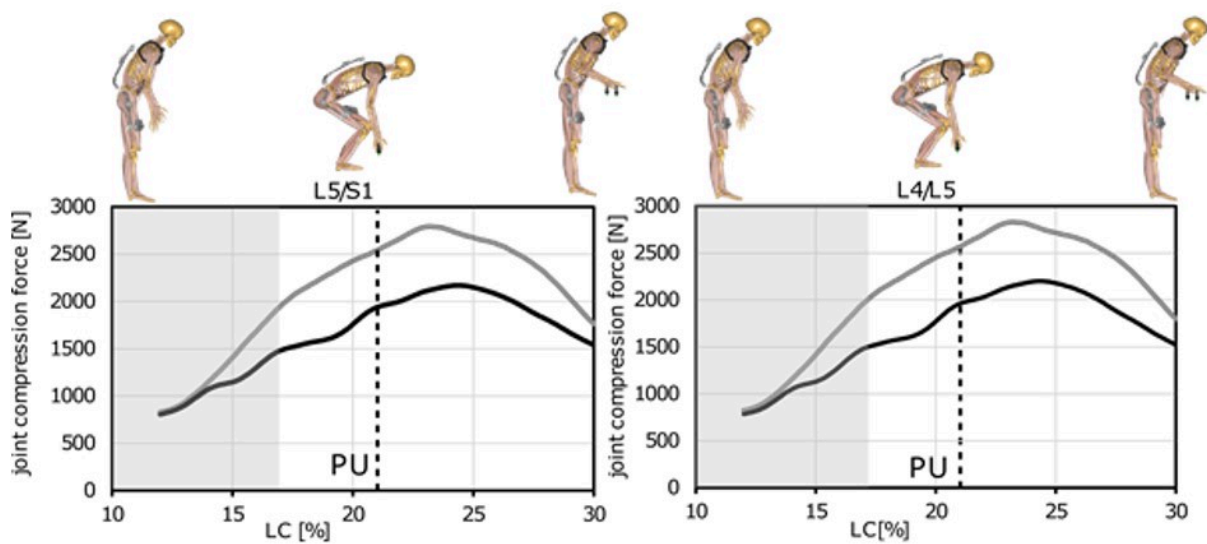


Abb. 1: Gemittelte Gelenkkompressionskraft zwischen L5/S1 (links) und L4/L5 (rechts), die während des Anhebens der Last wirkt (grau, schwarz: ohne bzw. mit Exoskelett, LC: „lifting cycle“ – Gesamthebezyklus vom Anheben bis Ablegen der externen Last)