

**Referent/in**

Bellmann, Malte (Göttingen DE) | PhD  
Otto Bock HealthCare GmbH - Research & Development

**Titel**

Energieverbrauchsmessungen mit Prothesen oder Orthesen: was ist das adäquate Studiendesign?

**Coauthors**

Schmalz T

**Zusammenfassung**

Für Studien zum metabolischen Energieverbrauch im Bereich der Prothetik und Orthetik wird evidenz-basiert ein repetitives randomisiertes cross-over Studiendesign (A-B-B-A) empfohlen, um Gewöhnungseffekte an die Messsituation zu eliminieren und um die Belastbarkeit der Messdaten zu erhöhen.

**Hintergrund**

Der metabolische Energieverbrauch (MEV) zur Fortbewegung ist bei orthopädisch und neurologisch Erkrankten der unteren Extremitäten erhöht. Gründe dafür liegen unter anderem in kompensatorischen Bewegungen, um das körperliche Defizit auszugleichen. Bei beinamputierten Menschen zum Beispiel erhöht sich der MEV signifikant, je weiter proximal das Amputationslevel ist [1]. Ziel einer Hilfsmittelversorgung ist der bestmögliche Ausgleich der körperlichen Versehrtheit, um eine möglichst natürliche Fortbewegung zu erreichen und um somit auch den Mehraufwand durch Kompensationsbewegungen zu reduzieren. Die Messung des MEVs erscheint neben klinischen und biomechanischen Methoden als ein adäquates Verfahren, um die Wirksamkeit und Effektivität einer prothetischen oder orthetischen Intervention bewerten zu können. Wissenschaftliche Studien dazu haben unterschiedliche Designs. Dabei ist der richtige methodische Ansatz ausschlaggebend für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse.

**Material Methode; Durchführung/ Prozess**

Diese explorative Studie wurde jeweils mit einem unterschenkel- (TTA) und Oberschenkelamputierten (TFA) Prothesenträger (beide MG 3) in einem repetitiven randomisierten cross-over Design durchgeführt. Spiroergometrisch gemessen wurde das ebene

Gehen und Heraufgehen einer 5° Rampe (beides Laufband) mit einem aktiven Prothesenfuß in zwei Situationen (aktive Plantarflexion an oder aus). Dazu absolvierte jeder Proband innerhalb von zwei Wochen an vier Messtagen jeweils drei Messungen in randomisierter Reihenfolge und sechs möglichen Kombinationen bzgl. an- oder ausgeschaltetem Fuß. Aus dieser Untersuchung und einer Literaturanalyse zu Studien mit vergleichbarer Fragestellung sollte abgeleitet werden, wie viele Wiederholungsmessungen notwendig sind, um belastbare Ergebnisse zu erhalten und die von Menschen mit körperlichen Defiziten ohne messbare Ermüdung absolviert werden können. Aus diesen Daten ergeben sich Hinweise für die Konzipierung von Studiendesigns in Prothetik und Orthetik.

### **Ergebnisse**

Als Maß für den metabolischen Energieverbrauch wurde die gemessene Sauerstoffaufnahme benutzt [1]. An den 4 Messtagen ergaben sich beim ebenen Gehen für den TTA mittlere Werte zwischen 12,1 und 11,7 ml/min\*kg (Fuß ein) bzw. zwischen 13,3 und 12,5 ml/min\*kg (Fuß aus) und für den TFA zwischen 12,4 ml/min\*kg und 10,6 ml/min\*kg (Fuß ein) bzw. zwischen 12,7 und 11,3 ml/min\*kg (Fuß aus). Beim Rampenaufwärtsgehen lagen diese Werte für den TTA zwischen 15,5 und 15,3 ml/min\*kg (Fuß ein) bzw. 17,1 und 15,7 ml/min\*kg (Fuß aus) und für den TFA zwischen 14,9 und 14,0 ml/min\*kg (Fuß ein) bzw. 15,7 und 14,0 ml/min\*kg (Fuß aus). Bezüglich der orthopädiotechnischen Fragestellung, welcher metabolische Effekt durch die Nutzung des aktiven Prothesenfußes zu erwarten ist, ergaben sich im Verlauf der 4 Messtage individualspezifisch unterschiedliche Aussagen (Abb. 1). Beim TTA wurden jeweils Reduktionen mit geringen Abstufungen gemessen (zwischen 4 und 8%), beim TFA ergaben sich stark variierende Aussagen zwischen 10% erhöhtem und 16% reduziertem MEV. Eine neigungsbedingte messbare Zunahme des MEV wurde beim hier untersuchten geringen Neigungswinkel nicht festgestellt. In vergleichbaren Studien wurde bisher kein mehrtägiges Untersuchungsdesign verwendet. Einige Arbeiten eliminierten mögliche Gewöhnungseffekte durch Randomisierung [1,2,3,4], in anderen Arbeiten zur Wirksamkeit eines aktiven Prothesenfußantriebs wurde dieser Effekt nicht berücksichtigt [5,6].

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

Zur Ermittlung der Effekte unterschiedlicher orthopädietechnischer Interventionen auf den metabolischen Energieverbrauch ist das Studiendesign wichtig, um unerwünschte Nebeneffekte wie z.B. die Gewöhnung an das Messverfahren zu eliminieren. Essentiell scheinen dabei Wiederholungen der Messungen zu sein, da erhöhte kognitive Belastungen durch Konzentration auf die spezielle Messsituation den MEV erhöhen. Bei der Anzahl der Wiederholungen muss eine Überbelastung der Probanden ausgeschlossen werden. Ein Testdurchlauf vor der ersten Messung erscheint obligatorisch, damit sich die Probanden an die apparative Messsituation auf dem Laufband gewöhnen können. Aus den Resultaten kann geschlussfolgert werden, dass mehrere Messungen an mehreren Tagen sinnvoll sind, um metabolische Effekte durch unterschiedlichen Funktionseigenschaften der Hilfsmittel zu erfassen. Ein repetitives, randomisiertes cross-over Studiendesign mit Reihenfolge A-B-B-A bzw. B-A-A-B ist zu empfehlen.

## **Literaturreferenzen**

- [1] Schmalz T et al. Energy expenditure and biomechanical characteristics of lower limb amputee gait. *Gait Posture* 2002;16(3):255-63.
- [2] Schmalz T et al. Mikroprozessor gesteuerte Komponenten in der Beinorthetik. *Medizintechnik* 2016;136(2):20-23.
- [3] Schmalz T et al. Gangphasenabhängig entriegelnde versus gesperrte Beinorthesen – biomechanische und metabolische Untersuchungen. *Med Orth Tech* 2005;125(3):67-74.
- [4] Bellmann M et al. Comparative Biomechanical Analysis of Current Microprocessor-controlled Prosthetic Knee Joints. *Arch Phys Med Rehab* 2010;91:644-652.
- [5] Herr H. Bionic ankle-foot prosthesis normalizes walking gait for persons with leg amputation. *Proc Biol Sci.* 2012;279(1728):457-464.
- [6] Esposito R. Step-to-step transition work during level and inclined walking using passive and powered ankle-foot prostheses. *Prosthet Orthot Int.* 2016;40(3):311-319.

Image: Abbildung 1\_274.png

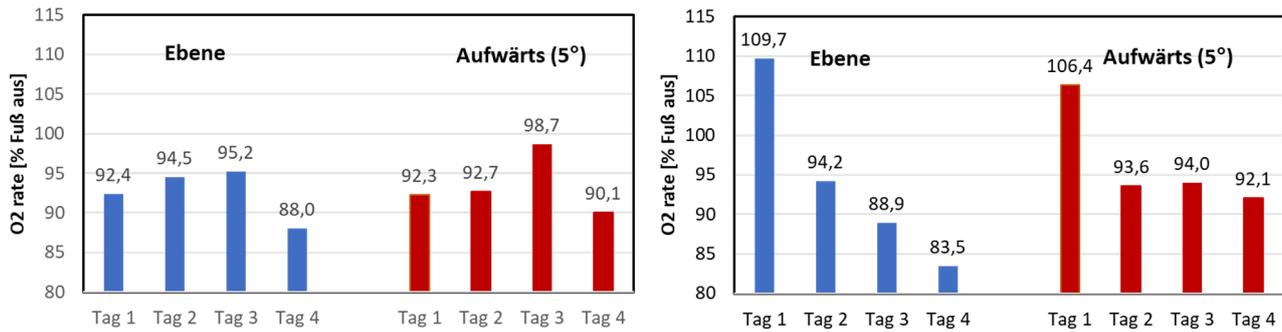


Abb. 1: Gemessene mittlere Sauerstoffaufnahme mit eingeschaltetem Prothesenfuß (in % zur Situation mit nicht eingeschaltetem Prothesenfuß, links: Patient mit Unterschenkelamputation, rechts: Patient mit Oberschenkelamputation, den Werten liegen pro Tag entweder 2 Messungen eingeschaltet und 1 Messung ausgeschaltet oder umgekehrt zugrunde)