

Homepage Projektabstracts auf Deutsch & Englisch

Projektnummer APL	S48
Abstracts geschrieben am	15.09.2026
Abstracts geschrieben von	Tessy Luger

Deutsch

Titel	Die Auswirkungen des Einsatzes von Exoskeletten am Arbeitsplatz auf Muskel-Skelett-Erkrankungen und -Symptome sowie auf körperliche Belastung und Beanspruchung: Eine aktualisierte systematische Übersichtsarbeit mit Metaanalysen
Akronym	-
Beteiligte	- Tessy Luger - Benjamin Steinhilber - Pourya Ahmadi (PhD Student) - Nikhil Korrapati (HiWi) - Mona Bär - Kai Heinrich (DGUV) - Stephan Weiler - Janice Hegewald (BAuA) - Ines Schalk (BGHW)
Projektleiter	Tessy Luger
Laufzeit	von 01.04.2024 bis 31.08.2026
Förderung	Eigenmittel
Ethikvotum (#)	Ethikvotum nicht notwendig

Abstract

Einleitung: Arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Erkrankungen stellen eine große Belastung für den Arbeitnehmer, aber auch für das Gesundheitssystem und die Wirtschaft dar. Verschiedene Arbeitsbedingungen erhöhen das Risiko für arbeitsbedingte Muskel-Skelett-Erkrankungen, darunter schwere körperliche Arbeit, Heben, repetitive Bewegungen sowie ungünstige und statische Körperhaltungen. Körperlich anstrengende Belastungen am Arbeitsplatz könnten durch den Einsatz von Exoskeletten zur Unterstützung von Bewegungen und Körperhaltungen in geeigneten Arbeitskontexten reduziert bzw. vermieden werden.

Ziel: Diese systematische Übersichtsarbeit mit Metaanalysen ist eine Aktualisierung der 2021 veröffentlichten Übersichtsarbeit (**Bär et al., 2021**) und zielt darauf ab, die Auswirkungen der Verwendung eines Exoskeletts bei beruflichen Tätigkeiten auf körperliche Belastung und Beanspruchung im Vergleich zur Nichtverwendung eines Exoskeletts zu bestimmen. Das Studienprotokoll wurde vorab im internationalen prospektiven Register für systematische Übersichtsarbeiten (PROSPERO: CRD42024554999) des National Institute for Health Research registriert (**Luger et al., 2024**).

Methoden: Es wurden systematische Recherchen in elektronischen Datenbanken durchgeführt und die Übersichtsarbeit wurde gemäß den PRISMA-Richtlinien erstellt (Page et al., 2021). Die

vorab festgelegte Eignungskriterien waren: eine Population von mindestens vier Probanden, eine Interventionsbedingung mit Exoskelett im Vergleich zu einer Kontrollbedingung ohne Exoskelett, sowie eine beruflich relevante untersuchte Tätigkeit. Es wurden keine Einschränkungen hinsichtlich Sprache oder Studiendesign festgelegt; sowohl randomisierte kontrollierte Studien (RCT) als auch nicht-randomisierte Interventionsstudien (NRSI) durften eingeschlossen werden. Das zweistufige Screening-Verfahren anhand der vorab festgelegten Eignungskriterien wurde von jeweils zwei Review-Autoren unabhängig voneinander durchgeführt; die Begutachter wurden aus einem Pool von fünf Personen ausgewählt (TL, NSK, PAJ, KH, SW). Mittelwerte und Standardabweichungen der Outcomes wurden berechnet, und Fixed-Effekt Metaanalysen wurden durchgeführt, wenn mindestens fünf Studien verwertbare Daten für einen Vergleich bereitstellten. Wir berechneten standardisierte Mittelwertdifferenzen (SMD), die in ein bereits veröffentlichtes, auf SMD basierendes Excel-Verfahren eingesetzt wurden, um Behandlungseffekte und Forest-Plots zu ermitteln (Neyeloff et al., 2012). Zwei Review-Autoren bewerteten unabhängig voneinander das Risk of Bias (RoB) in zehn Domänen; die Begutachter wurden aus einem Pool von vier Personen ausgewählt (TL, BS, SW, JH). Hierfür wurde eine modifizierte Version des Instruments zur Bewertung epidemiologischer Studien verwendet (Romero Starke et al., 2020). Auf Grundlage der Gesamtbewertung des RoB und des Studiendesigns wurde das Evidenzniveau von einem Reviewer (TL) anhand des vom Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM; Howick et al., 2011) entwickelten Rahmens bestimmt.

Ergebnisse: Die elektronischen Suchstrategien identifizierten insgesamt 1.928 Referenzen, von denen 127 Studien in die quantitativen Analysen eingeschlossen werden konnten. Die Mehrheit der Studien wurde unter Laborbedingungen durchgeführt; lediglich vierzehn Studien fanden im Feld statt. Insgesamt konnten 39 Metaanalysen durchgeführt werden, die insgesamt 2.193 Personen umfassten, mit durchschnittlich 17 (SD 13) Personen pro Studie. Die Vergleiche umfassten überwiegend passive Exoskelette (85 %); die unterstützten Körperregionen waren der Rücken (56 %), der Oberarm (34 %), der Unterschenkel (5 %) und andere Körperregionen (5 %). Das Gesamtverzerrungsrisiko wurde bei 124 Studien als hoch und bei 3 Studien als moderat eingestuft. Die abschließende Evidenzbewertung ergab eine hohe Evidenz für 3 Studien, eine moderate Evidenz für 78 Studien und eine niedrige Evidenz für 46 Studien.

Schlussfolgerung: Die Neuheiten dieser aktualisierten Übersichtsarbeit bestehen darin, dass (1) vier Längsschnittstudien identifiziert werden konnten, (2) eine Gruppierung nach Exoskelett-Typ, Outcome und untersuchter Tätigkeit möglich war und (3) die methodische Qualität aller in die quantitative Metaanalyse eingeschlossenen Studien bewertet wurde. Die Metaanalysen zeigten, dass Exoskelette zur Unterstützung des Rückens und der Oberarme die Muskelaktivität und die subjektiv wahrgenommene Beanspruchung signifikant reduzierten. Studien, in denen zusätzliche Körperregionen untersucht wurden, berichteten ebenfalls über eine verringerte Muskelaktivität außerhalb der unterstützten Körperregion sowie über einen reduzierten Energieverbrauch. Insgesamt scheinen beruflich eingesetzte Exoskelette die akute körperliche Arbeitsbelastung zu reduzieren; die Evidenz basiert jedoch überwiegend auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Hochwertige Feldstudien sind erforderlich, um zu bestimmen, ob diese kurzfristigen positive Effekte tatsächlich zu einer langfristigen Prävention arbeitsbedingter Muskel-Skelett-Erkrankungen beitragen können.

Keywords

Biomechanik, Muskelaktivität, Manuelle Lastenhandhabung, Assistenzsysteme, Ergonomie, Arbeitsbedingte Intervention

Link zu Publikationen

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33676059/>

- <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD42024554999>

Title	The impact of using occupational exoskeletons on musculoskeletal disorders and symptoms and on physical stress and strain: An updated systematic review with meta-analyses
Acronym	-
Involved people	- Tessy Luger - Benjamin Steinhilber - Pourya Ahmadi (PhD Student) - Nikhil Korrapati (HiWi) - Mona Bär - Kai Heinrich (DGUV) - Stephan Weiler (Audi) - Janice Hegewald (BAuA) - Ines Schalk (BGHW)
Project leader	Tessy Luger
Operational time	from 01.04.2024 to 31.08.2026
Financial support	Own resources
Ethics vote (#)	Ethics vote not necessary

Abstract

Introduction: Work-related musculoskeletal disorders pose a large burden on the worker but also on the health care system and economy. Several working conditions are known to contribute to an increased risk of work-related musculoskeletal disorders, including heavy physical work, lifting, repetitive movements, awkward and static postures. Avoiding physically demanding exposure at work could be reduced or prevented by implementing and using exoskeletons for supporting movements and postures in suitable occupational contexts.

Objective: This systematic review with meta-analyses is an update of the 2021-published review (Bär et al. 2021) and aims to determine the effects of using an exoskeleton during occupational tasks on physical stress and strain compared to not using an exoskeleton. The study protocol was registered in advance at the international prospective register of systematic reviews (PROSPERO: CRD42024554999) of the National Institute for Health Research (Luger et al., 2024).

Methods: Systematic searches were performed in electronic databases and the review was prepared according to the PRISMA guidelines (Page et al., 2021). Predetermined eligibility criteria were: population of at least four subjects, intervention condition with an exoskeleton compared to a control condition without an exoskeleton, the evaluated task had to be work-related. No restrictions regarding language or study design were set, and both randomized-controlled trials (RCT) as well as non-randomized studies of interventions (NRSI) are allowed. The two-stage screening process against predetermined eligibility criteria was performed independently by two review authors, with assessors drawn from a pool of five (TL, NSK, PAJ, KH, SW). Means and standard deviations of the outcomes were calculated and fixed-effect meta-analyses were performed if at least five studies provided usable data for a comparison. We calculated standardized mean differences (SDM) that were inserted into a previously published SDM-based Excel-procedure to retrieve treatment effects and forest plots (Neyeloff et al., 2012). Two review authors, with assessors drawn from a pool of four (TL, BS, SW, JH), independently assessed the risk of bias (RoB) for ten domains, using a modified version of the tool for epidemiological studies (Romero Starke et al., 2020). Based on the overall RoB judgment and the study design, the level of

evidence was assigned by one reviewer (TL) using the framework outlined by the Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM; Howick et al., 2011).

Results: The electronic searches identified a total of 1,928 references, of which we could include 127 studies in the quantitative analyses. The majority of studies was performed in the laboratory with only fourteen performed in the field. A total of 39 meta-analyses could be performed including a total of 2,193 subjects and 17 (SD 13) subjects on average per study. The comparisons largely included passive exoskeletons (85%) and the supported body regions were the back (56%), upper arm (34%), lower leg (5%), and other body parts (5%). The overall RoB was rated high for 124 studies and moderate for 3 studies, and the final evidence was graded high for 3 studies, moderate for 78 studies and low for 46 studies.

Conclusion: The novelties of this updated review are (1) that we could identify four longitudinal studies, (2) that we were able to group by exoskeleton type, outcome, and evaluated task, and (3) that we assessed the methodological quality of all studies included in the quantitative meta-analysis. The meta-analyses showed that back- and upper-arm-support exoskeletons significantly reduced muscle activity and perceived strain. Studies that evaluated additional body regions also reported reduced muscle activity outside the supported body region and decreased energy expenditure. Overall, occupational exoskeletons appear to reduce acute physical workload, but the evidence is largely laboratory-based. High-quality field trials are needed to determine whether these short-term benefits translate into long-term prevention of work-related musculoskeletal disorders.

Keywords

Biomechanics, Muscle activity, Manual handling, Ergonomics, Assistive technologies, Occupational intervention

Link to publications

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33676059/>
- <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD42024554999>