

Messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung der distalen oberen Extremität

Britta WEBER, Kai HEINRICH, Ingo HERMANN-TRUXIUS,
David H. SEIDEL, Rolf ELLEGAST

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

Kurzfassung: Für die messtechnische Analyse von berufsbedingten Muskel-Skelett-Belastungen wurden Körperregion-spezifische Verfahren zur Erkennung von Belastungs- und Gefährdungsschwerpunkten entwickelt. Die auf biomechanischen und physiologischen Messdaten beruhenden Verfahren können zur messwertbasierten Gefährdungsbeurteilung auf unterschiedlichen Komplexitätsstufen eingesetzt werden. Der Beitrag stellt exemplarisch die Beurteilungsverfahren für die distale obere Extremität und deren Anwendungsmöglichkeiten für verschiedene Kategorien von Messsystemen vor.

Schlüsselwörter: Muskel-Skelett-Belastungen, distale obere Extremität, Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen, messtechnische Analyse, CUELA, Kategoriensystem

1. Hintergrund

Im Zuge der Digitalisierung und des technischen Fortschritts stehen immer mehr Messsysteme zur Analyse körperlicher Arbeitsbelastungen zur Verfügung. In der internationalen Literatur werden solche Messsysteme hinsichtlich ihrer Komplexität und Nutzergruppen in drei Kategorien eingeteilt: 1) PraktikerInnen, 2) Ergonomiefachkräfte, 3) Mess-ExpertInnen/WissenschaftlerInnen (Holtermann et al. 2017).

Von zentraler Bedeutung ist die Beurteilung der ermittelten Expositionen bezüglich möglicher Gesundheitsgefahren anhand wissenschaftlich fundierter Standards und Richtlinien. Im Projekt MEGAPHYS (Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz) entwickelte und evaluierte das Institut für Arbeitsschutz (IFA) Körperregion-spezifische Bewertungsverfahren für die messtechnische Analyse arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Belastungen (DGUV 2020).

2. Methodik und Ergebnisse

Zur Körperhaltungs- und Bewegungserfassung wurde das CUELA-Messsystem (Ellegast et al 2009) mit Schulter-Arm-Hand-Erweiterung eingesetzt. Zudem wurde die Aktivität der Unterarmmuskulatur mittels 4-Kanal-Oberflächenelektromyographie (OEMG; BioMed, Deutschland) bestimmt. Jeder Proband führte an einem Kraftgriff (PABLO®, Tyromotion, Österreich) isometrische Maximalkontraktionen aus, anhand derer die OEMG-Daten normalisiert wurden (Seidel et al. 2020).

Die Verfahren zur Abbildung der Risikofaktoren für Muskel-Skelett-Beschwerden

und -Erkrankungen der Handgelenke und Ellenbogen beurteilen repetitive Bewegungen, extreme Gelenkstellungen, statische Haltungen und den Kraftaufwand der Hände. Basierend auf der internationalen Literatur berücksichtigt der entwickelte Repetition-Score die mittlere Winkelgeschwindigkeit, den Median der Mittenfrequenz und den Zeitanteil kinematischer Mikro-Pausen (Barrero et al. 2012; Hansson et al. 2004). Der Kinematic Assessment Index (KAIX) wurde ausgehend von den Normen DIN 1005/4 und ISO 11226 gebildet und liefert den Zeitanteil nicht empfohlener Haltungen und Bewegungen. Die Bewertung des Kraftaufwands basiert auf dem 90. Perzentil der %MVC Werte (P90 %MVC; MVC: maximum voluntary contraction). Ein kombinierter Belastungsindikator wurde aus dem Repetition-Score und dem P90 %MVC nach dem HAL-TLV Verfahren (ACGIH 2018) entwickelt (Seidel et al 2020).

Die Körperregion-spezifischen CUELA-Risikobewertungen wurden auf das internationale Kategoriensystem (Holtermann et al. 2017) übertragen. Laut diesem gehören zu Kategorie 1 einfache Systeme mit 1 bis 2 Sensoreinheiten, die einzelne Belastungsparameter einer Körperregion analysieren. Messsysteme der Kategorie 2 analysieren mit mehr als 2 Sensoreinheiten die Belastungen einer erweiterten Körperregion. Neben Bewegungen können Vibrationen, Körperkräfte oder physiologische Parameter gemessen werden. Komplexe Messsysteme der Kategorie 3 bestehen aus unterschiedlichen Sensoren, die an mehreren Körperregionen angebracht werden, zum Beispiel zur Analyse von Kombinationsbelastungen. Allgemein gilt, dass mit steigender Anzahl an Sensoren und Sensortypen genauere und komplexere Analysen möglich sind. Mit zunehmender Komplexität der Systeme steigt jedoch der Aufwand sowie die Anforderungen an die Messexpertise der AnwenderInnen.

Für die Gefährdungsbeurteilung der distalen oberen Extremität lassen sich aus den CUELA-Bewertungsansätzen folgende prinzipielle Sensorkonstellationen und Bewertungsstandards im Sinne des Kategoriensystems ableiten, wobei die Expositionserfassung nicht gebunden ist an die Hardware eines bestimmten Herstellers oder Entwickler-Teams:

Kategorie 1: Erfassung der Handgelenk- oder Ellenbogenbewegung am Vorzugsarm (1 Goniometer oder 2 Accelerometer/Inertial Measurement Units (IMUs)) und Beurteilung anhand von KAIX Handgelenk oder KAIX Ellenbogen und Repetition-Score Handgelenk oder Repetition-Score Ellenbogen.

Kategorie 2: Zusätzlich zu Kategorie 1: OEMG am Vorzugsunterarm (optional Expositionserfassung beider Arme) und Beurteilung anhand P90 %MVC und messdatenbasiertem HAL-TLV-Ansatz.

Kategorie 3: Zusätzlich zu Kategorie 2: Bewegungserfassung der gesamten oberen Extremitäten, Messung von 3D-Körperkräften, ggf. messtechnische Erfassung von Hand-Arm-Vibrationen und Beurteilung anhand biomechanischer Modellrechnungen zur Abschätzung von Gelenkmomenten und -kräften, Möglichkeit zur Kombination mit Bewertungsansätzen weiterer Lokalisationen (DGUV 2020).

3. Diskussion und Ausblick

Die messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung ermöglicht eine objektive und genaue Analyse von physischen Risikofaktoren für Muskel-Skelett-Beschwerden und -Erkrankungen. Neben der Anwendung als Experten-Messsystem können die messwertbasierten Verfahren zukünftig für einzelne Körperregionen mit einfacher Messtechnik auch in der Zielgruppe der betrieblichen PraktikerInnen eingesetzt werden.

4. Literatur

- ACGIH (2018) 2018 TLVs and BEIs: based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 182-213.
- Barrero LH, Pulido JA, Berrio S, Monroy M, Quintana LA, Ceballos C, Hoehne-Hueckstaedt U, Ellegast R (2012) Physical Workloads of the Upper-Extremity Among Workers of the Colombian Flower Industry. *American Journal of Industrial Medicine* 55(10):926-939.
- DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V.) (2020) DGUV Report 3/2020 MEGAPHYS-Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz, Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt von BAuA und DGUV, Band 2. DGUV Report 3/2020. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV).
- Ellegast R, Hermanns I, Schiefer C (2009) Workload Assessment in Field Using the Ambulatory CUELA System. In: Duffy V.G. (eds) *Digital Human Modeling, ICDHM 2009. Lecture Notes in Computer Science*, vol 5620. Berlin, Heidelberg: Springer, 221-226.
- Hansson GÅ, Balogh I, Ohlsson K, Skerfving S (2004) Measurements of wrist and forearm positions and movements: effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14(3):355-367.
- Holtermann A, Schellewald V, Mathiassen SE, Gupta N, Pinder A, Punakallio A, Veiersted B, Weber B, Takala E-P, Draicchio F, Enquist E, Desbrosses K, Sanz MPG, Malińska M, Villar M, Wichtl M, Strebl M, Forsman M, Lusa S, Tokarski T, Hendriksen P, Ellegast R (2017) A practical guidance for assessments of sedentary behavior at work: A PEROSH initiative. *Applied Ergonomics* 63:41 -52.
- Seidel DH, Heinrich K, Hermanns-Truxius I, Ellegast R, Barrero LH, Rieger MA, Steinhilber B, Weber B (2020) Assessment of work-related hand and elbow workloads using measurement-based TLV for HAL. *Applied Ergonomics* (in press).



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

GfA-Press

Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2021
ISBN 978-3-936804-29-4

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,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de