

Integration von tätigkeitsspezifischen Belastungswechseln in einen simulierten taktgebundenen Montageprozess – Effekte auf Risikoindikatoren für muskuloskelettale Beschwerden und Erkrankungen

Florestan WAGENBLAST¹, Steffen JANSING², Christoph RIEGER², Jochen DEUSE², Robert SEIBT¹, Monika A. RIEGER¹, Benjamin STEINHILBER¹

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung,
Universitätsklinikum Tübingen,
Wilhelmstraße 27, D-72074 Tübingen*

² *Institut für Produktionssysteme, Technische Universität Dortmund,
Leonhard-Euler-Straße 2, D-44227 Dortmund*

Kurzfassung: Belastungswechsel werden als Maßnahme der Arbeitsgestaltung zur Risikominimierung muskuloskelettaler Erkrankungen (MSE) eingesetzt. In dieser als proof-of-concept konzipierten Studie wurde überprüft, ob durch eine Änderung der Reihenfolge manueller Tätigkeiten eines taktgebundenen Montageprozesses, die eine höhere Belastungsvariation bietet, Risikoindikatoren für MSE positiv beeinflusst werden. Die Änderung der Reihenfolge führte zu keinen statistisch signifikant positiven Effekten auf die herangezogenen Risikoindikatoren.

Schlüsselwörter: Taktarbeit, muskuloskelettale Erkrankungen, Montagereihenfolge, Belastungswechsel

1. Hintergrund und Ziel

Repetitive taktgebundene Arbeit gilt als Risikofaktor muskuloskelettaler Erkrankungen im Schulter-Nackenbereich. Als Maßnahme der Arbeitsgestaltung bieten Belastungswechsel potenziell die Möglichkeit, dieses Risiko zu minimieren. Beispielsweise können durch eine Neugliederung bestehender Ablaufabschnitte eines Montageprozesses belastete Muskeln häufiger entlastet werden.

Die als proof-of-concept konzipierte Studie vergleicht zwei Montagereihenfolgen eines manuellen Montageprozesses anhand von Beschwerdehäufigkeiten der oberen Extremität, sowie der statischen Muskelaktivität, der muskulären Erholungszeit, der muskulären Ermüdung und motorischer Variabilität des oberen rechten Trapezmuskels. Ziel der zweiten Montagereihenfolge ist die Erhöhung der Belastungsvariation.

2. Methodik

Achtunddreißig gesunde Personen (je 19 Frauen und Männer) im Alter von durchschnittlich 26 Jahren, führten eine simulierte taktgebundene Referenzmontage (REF) mit einem sich wiederholenden 63,1-sekündigen Montagezyklus oder dessen Neukonfiguration (NEU) jeweils über 2,5 Stunden an zwei unterschiedlichen Tagen

durch. Die Terminreihenfolge für REF und NEU wurde balanciert und randomisiert den Teilnehmenden zugeordnet. Für NEU wurde innerhalb des Montagezyklus die Abfolge der Teiltätigkeiten umgestellt, sodass sich für den rechten oberen Trapezmuskel (Zielmuskel) be- und entlastende Teiltätigkeiten häufiger abwechselten. Voraussetzung für die Neukonfiguration war u. a. eine unveränderte ergonomische und zeitwirtschaftliche Bewertung (Ergonomic Assessment Work Sheet: 37 Punkte = mögliches Risiko, Maßnahmen zur Risikobeherrschung sind zu ergreifen; Methods-Time Measurement – Universelles Analysiersystem: 1752 TMU = 63,1 s). Primäre, mit muskuloskelettalen Beschwerden assoziierte, Parameter wurden aus den kontinuierlichen oberflächenelektromyographischen Aktivitätsaufzeichnungen am rechten oberen Trapezmuskel über das maximalkraft-normalisierte quadratische Mittel (RMS (%MVE)) und die Medianfrequenz (MF (Hz)) berechnet. Dazu zählt die statische Muskelaktivität (10. Perzentil des RMS), muskuläre Erholungszeiten (%-Anteil der Datenpunkte für $\text{RMS} < 0,5\% \text{MVE}$), muskuläre Ermüdung (Steigung aus linearer Regression der MF) und motorische Variabilität (Standardabweichung des RMS für zehn Montagezyklen nach 30min der Tätigkeit). Beschwerden im rechten Schulter-Nackengebiet wurden mittels einer Bodymap und einer numerischen Ratingskala vor, alle 30min und nach den Montageexpositionen abgefragt. Zusätzlich wurden Kontrollparameter wie Zykluszeiten, Produktfehler, Beschleunigungshöhe des rechten Unterarms, mittlere Herzfrequenz und oberflächenelektromyographische Aktivität weiterer Muskeln (linker Trapezmuskel, Handgelenksflexor und -extensor) kontinuierlich erfasst. Außerdem bewerteten die Teilnehmenden am Ende der Montageexpositionen ihre Arbeitsbelastung über den NASA Task Load Index (subjektive Bewertung auf Skala von 0 bis 100, Inkrement = 5). Unterschiede für einzelne Parameter wurden mittels t-Test für abhängige Stichproben bzw. bei nicht normalverteilten oder ordinalskalierten Parametern mittels Wilcoxon-Rangsummen-Test überprüft. Für die Überprüfung der Beschwerdehäufigkeit wurde der McNemar-Test angewandt. Das Signifikanzniveau wurde mit $\alpha = 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnis

Keiner der primären Parameter zeigte einen statistisch signifikant positiven Effekt für NEU (Tabelle 1).

Tabelle 1: Statistischer Vergleich der Montagereihenfolgen (Referenzmontage vs. Neukonfiguration) für die primären Parameter

Primäre Parameter	Referenzmontage	Neukonfiguration	p-Wert
Statische Muskelaktivität Median (Interquartilsabstand)	1,19 (0,84) %MVE	1,22 (1,42) %MVE	0,018
muskuläre Erholzeiten Median (Interquartilsabstand)	0,51 (1.76) %	0,54 (1.71) %	0,290
muskuläre Ermüdung Mittelwert (Standardabweichung)	-0,65 (0,61) Hz/h	-0,74 (0,69) Hz/h	0,439

motorische Variabilität Mittelwert (Standardabweichung)	5,09 (1,96) %MVE	5,03 (1,86) %MVE	0,703
Beschwerdehäufigkeit Anzahl	30	28	0,625

Die statische Muskelaktivität (%MVE) des rechten Trapezmuskels, sowie die der anderen Muskeln war signifikant höher während NEU. Zudem wurde nach der Exposition mit NEU die mentale und körperliche Arbeitsbelastung als signifikant höher empfunden. Zykluszeiten, Produktfehler sowie die Beschleunigung des rechten Unterarms und die mittlere Herzfrequenz zeigten sich statistisch unverändert im Vergleich von REF und NEU. (Tabelle 2)

Tabelle 2: Statistischer Vergleich der Montagereihenfolgen (Referenzmontage vs. Neukonfiguration) für Kontrollparameter

Kontrollparameter	Referenzmontage	Neukonfiguration	p-Wert
Statische Muskelaktivität Trapezius links Median (Interquartilsabstand)	1,56 (2,07) %MVE	2,18 (2,00) %MVE	0,013
Statische Muskelaktivität Handgelenksextensor Median (Interquartilsabstand)	1,93 (1,55) %MVE	2,57 (1,27) %MVE	0,027
Statische Muskelaktivität Handgelenksflexor Median (Interquartilsabstand)	0,54 (0,48) %MVE	0,62 (0,52) %MVE	0,006
Mentale Arbeitsbelastung Median (Interquartilsabstand)	20 (20)	30 (30)	0,004
Körperliche Arbeitsbelastung Median (Interquartilsabstand)	38 (20)	48 (28)	0,028
Zykluszeit Median (Interquartilsabstand)	62,4 (3,2) s	63,2 (5,5) s	0,066
Produktfehler pro Zyklus Median (Interquartilsabstand)	0,78 (2,78)	1,55 (3,15)	0,893
Beschleunigungshöhe medio-lateral Median (Interquartilsabstand)	191,0 (113,3) mm/s ²	192,1 (119,5) mm/s ²	0,418
Beschleunigungshöhe antero-posterior Median (Interquartilsabstand)	142,2 (86,4) mm/s ²	141,0 (90,2) mm/s ²	0,372
Mittlere Herzfrequenz Mittelwert (Standardabweichung)	95,1 (13,4) bpm	94,2 (14,6) bpm	0,552

4. Diskussion

Während Zykluszeiten und Produktfehler konstant gehalten wurden, wirkte sich NEU, entgegen der Forschungshypothese, negativ auf die statische Muskelaktivität als Risikoindikator für muskuloskelettale Beschwerden und Erkrankungen sowie die Wahrnehmung der Arbeitsbelastung aus. Der Effekt zeigte sich nicht nur für die Muskulatur der Zielregion der Neukonfiguration, sondern auch für alle weiteren betrachteten Muskeln wie beispielsweise am Handgelenk. Zusammen mit einer höheren wahrgenommenen mentalen Arbeitsbelastung könnte dies für höhere Anforderungen an die Konzentration während NEU sprechen, die möglicherweise aus einer nicht intuitiven Arbeitssystemgestaltung durch Nichtanpassung auf NEU (bspw. Abfolge der Komponentenaufnahme) resultierte und sich schließlich negativ auf die Entspannungsfähigkeit der Muskulatur auswirkte. Zudem ist der Anteil der muskulären Erholungszeit mit ca. 0,5 % in beiden Konfigurationen eher gering. Dies spricht möglicherweise dafür, dass das angewandte Konzept zur Erhöhung der Erholungshäufigkeit für diese Montagetätigkeiten eingeschränkte Effektivität besitzt.

Danksagung: Wird danken den Mitgliedern des Forschungsbegleitkreises für den konstruktiven fachlichen Austausch. Das Projekt wird von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung gefördert (Förderkennzeichen: FF-FP-0458).



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© GfA-Press, Sankt Augustin

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

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.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de