

Messung von Muskel-Skelett-Belastungen mit dem CUELA-Messsystem

Problem

An vielen Arbeitsplätzen gehören Belastungen des Muskel-Skelett-Systems durch manuelle Lastenhandhabung, ungünstige Körperhaltungen oder repetitive Bewegungsabläufe immer noch zum Alltag. Für die Erfassung und Bewertung physischer Belastungsfaktoren sind zahlreiche Methoden verfügbar, die in der Regel auf Befragungen oder Beobachtungen basieren. Diese Verfahren haben den Nachteil, dass Belastungskategorien nur grob klassifiziert und damit der Komplexität von Arbeitsprozessen nicht gerecht werden können. Als Abhilfe entwickelte das IFA das CUELA-Messverfahren (Computer-Unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems), das eine kontinuierliche Erfassung und Analyse physischer Belastungsfaktoren direkt am Arbeitsplatz ermöglicht.

Aktivitäten

Bei der Entwicklung von CUELA wurden folgende Anforderungen an das Messsystem gestellt:

- ortsungebundene Langzeiterfassung von Belastungsfaktoren (Körperbewegungen, -haltungen und -kräfte) unter realen Arbeitsplatzbedingungen über eine Arbeitsschicht mit hoher Auflösung
- Einsatz von robuster und langzeitstabiler Sensorik



Verschiedene Varianten des CUELA-Messsystems: Basissystem, Erweiterung Kopf und Schulter-Arm-Bereich, Sitzsystem und Inertialsystem

- komfortable und möglichst rückwirkungsfreie Anbringung der Sensorik mit individuellen Einstellmöglichkeiten
- effiziente Analysemöglichkeit der Messdaten mit einer Software, die verschiedene Bewertungsverfahren sowie eine Schnittstelle zu einem Datenbanksystem bereitstellt.

Hard- und Software des Messsystems entwickelte das IFA in enger Kooperation mit den Unfallversicherungsträgern

Ergebnisse und Verwendung

CUELA erfasst Körper-/Gelenkbewegungen mithilfe von Bewegungssensoren (Goniometer und 3D-Inertialsensoren), die auf der Kleidung der Arbeitsperson angebracht werden (siehe Abbildung). Alle Messdaten werden im Datenspeicher mit einer Abtastfrequenz von 50 Hz digitalisiert

und auf handelsüblichen Compact-Flash-Karten abgespeichert. Ein sehr geringer Energieverbrauch ermöglicht zusammen mit den verwendeten kompakten Lithium-Ionen-Akkus einen mehrstündigen Betrieb des Systems im Feld, auch an nicht stationären Arbeitsplätzen. Der Datenspeicher verfügt über einen Online-Aufzeichnungsmodus, bei dem sich die Messdaten über eine Bluetooth-Verbindung direkt an einen Computer weiterleiten und in Echtzeit visualisieren lassen. Es bestehen individuelle, auf Körperumfang und -größe bezogene Einstellmöglichkeiten. Die mit dem Messsystem ausgerüsteten Arbeitnehmer können ihrer gewohnten Tätigkeit nachgehen.

Die Abbildung zeigt Varianten des CUELA-Messsystems und deren Anbringung am Probanden. Das Basissystem wird auf der Arbeitskleidung angebracht und besteht aus Inertialsensoren und Goniometern. Es erfasst Bewegungen des Rückens und der unteren Extremitäten und kann mit einer Erweiterung zur 3D-Bewegungserfassung der oberen Extremitäten und des Kopfes kombiniert werden. Das für die Bewegungsanalyse an Sitzarbeitsplätzen entwickelte CUELA-Sitzsystem besteht aus flachen 3D-Inertialsensoren und Goniometern. Das CUELA-Inertialsystem besteht ausschließlich aus 3D-Inertialsensoren, die auf oder unter der Kleidung angebracht werden („Wearable Computing“). Die synchrone Erfassung von Bodenreaktionskräften erfolgt mithilfe von Fußdruckmesssohlen. Aus den Bodenreaktionskräften lassen sich über ein biomechanisches Menschmodell gehandhabte Lastgewichte auch während dynamischer Bewegungen bestimmen.

Zusätzlich können weitere Module zur Erfassung physischer Belastungsparameter (Herzfrequenz, Muskelaktivität, Energieumsatz) und auch Arbeitsumgebungsfaktoren (z. B. Lärm, Vibration) eingesetzt werden. Alle Daten werden in der CUELA-Software zusammengeführt und sind synchron zur Videoaufnahme der Arbeitsplatzsituation darstellbar. Die kontinuierlichen Messdaten können als Eingabewerte für biomechanische Modell-

rechnungen genutzt werden. Diese erlauben eine Abschätzung von Gelenkkraften und -momenten und von kumulativen Dosiswerten. Ferner sind in der CUELA-Software einige arbeitswissenschaftliche und arbeitsmedizinische Bewertungsverfahren integriert, die eine automatisierte Auswertung der Messdaten ermöglichen. Das CUELA-Messsystem wird seit mehr als fünfzehn Jahren im Feld, auch von Unfallversicherungsträgern, eingesetzt. Die Systemvarianten sind je nach Aufgabenstellung einzeln oder kombiniert in der Praxis verwendbar.

Nutzerkreis

Alle Wirtschaftszweige mit beruflichen Tätigkeiten, bei denen Heben, Tragen oder Arbeiten in extremen Rumpfbeugehaltungen eine herausragende Belastung darstellen

Weiterführende Informationen

- www.dguv.de/ifa, Ergonomie und CUELA-Messsystem, Webcode [d5128](#)
- Ellegast, R.P.; Hermanns, I.; Schiefer, C.: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 64 (2010) Nr. 2, S. 101-110
- Ellegast, R.P.: Berufsbezogene Belastungen des Stütz- und Bewegungsapparats – Objektivierung, Messung. 10.4.5, 35. Erg.-Lfg. 4/11. In: Handbuch der betriebsärztlichen Praxis. Hrsg.: Hofmann, F.; Kralj, N. ecomed Medizin, Landsberg/L. 2011 - Loseblatt-Ausgabe

Fachliche Anfragen

IFA, Fachbereich 4: Arbeitsgestaltung – Physikalische Einwirkungen

Literaturanfragen

IFA, Zentralbereich