

Vergleichende ergonomische Laboranalyse besonders dynamischer Büroarbeitsstühle

Rolf Ellegast¹, Kathrin Keller¹, Helmut Berger², Frank Krause³, Liesbeth Groenesteijn³, Merle Blok³, Peter Vink³

¹ BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin

² VBG – Ihre Gesetzliche Unfallversicherung, Nikolaus-Dürkopp-Str. 8, 33602 Bielefeld

³ TNO Work and Employment, P.O. Box 718 NL-2130 AS Hoofddorp, Niederlande

Einleitung

Häufiges und dauerhaftes Arbeiten in statischen Sitzhaltungen kann bei Beschäftigten an Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen zu Verspannungen der Muskulatur und zu Wirbelsäulenbeschwerden führen [1]. Hierbei kann es sowohl zu statischen Überbelastungen der Muskulatur, insbesondere im Schulter-Nackebereich, als auch zu funktionellen Unterbeanspruchungen bestimmter Muskelpartien, wie beispielsweise der Rücken- und Bauchmuskulatur, kommen [2]. In den vergangenen Jahren wurde daher bei der Entwicklung von Bürodrehstühlen das Konzept des dynamischen Sitzens gefördert. Einige Hersteller von Bürodrehstühlen haben durch konstruktive Elemente, wie z. B. einer dynamischen Aufhängung der Sitzfläche oder auch einer aktiven Eigenrotation der Sitzfläche, besondere Stuhleigenschaften geschaffen, die das dynamische Sitzen fördern und damit Muskel-Skeletterkrankungen an Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen präventiv vermeiden sollen. Auf Initiative der VBG wurde vor diesem Hintergrund am BGIA in Kooperation mit dem niederländischen TNO-Institut eine vergleichende ergonomische Untersuchung zur Evaluierung von vier besonderen dynamischen Büroarbeitsstühlen im Vergleich zu einem konventionellen Büroarbeitsstuhl im Labor und Feld durchgeführt [3]. Die Fragestellungen des hier vorgestellten Laborteils der Studie waren:

Führen besondere dynamische Büroarbeitsstühle im Vergleich zum Referenzstuhl zu einer signifikanten Veränderung der Muskelaktivität (m. erector spinae, m. trapezius), der Sitzhaltungen/-bewegungen und der physischen Aktivität?

Welchen Einfluss haben verschiedene Tätigkeiten auf das Ausmaß der Bewegung und der muskulären Aktivität an Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen?

Methoden

In Laborumgebung wurde ein praxisnaher Bildschirm- und Büroarbeitsplatz aufgebaut. 10 Probanden (5 Männer und 5 Frauen) nahmen an den Laborversuchen teil. Das mittlere Alter der Männer betrug 35,2 Jahre (SD: 12,3 Jahre) und der Frauen 34,8 Jahre (SD: 12,7 Jahre). Die Körpergröße lag im Bereich von 1,75 m bis 1,86 m bei den Männern und von 1,62 m bis 1,68 m bei den Frauen. Das Körpergewicht variierte von 76 kg bis 100 kg bei den Männern und von 47 kg bis 78 kg bei den Frauen.

Vier besonders dynamische Büroarbeitsstühle mit den Labeln A, B, C, und E sowie ein Referenzstuhl (D) wurden vergleichend untersucht. Stuhl A besaß einen Motor unter der Sitzfläche, der fünfmal in der Minute eine Rotation um $0,8^\circ$ nach links und rechts ausführte. Stuhl B war mit einem Federsystem ausgestattet, das Schwingungen der Sitzfläche in der Horizontalen erlaubt. Die Sitzfläche von Stuhl C war durch ein spezielles Pendelgelenk dynamisch aufgehängt. Stuhl E besaß ebenfalls ein spezielles Sitzgelenk, mit dem besondere Sitzflächenneigeverstellungen ermöglicht werden. Der Referenzstuhl D hatte keine besonderen dynamischen Eigenschaften. Alle Stühle, mit Ausnahme des Stuhls C, waren mit einer Synchronmechanik ausgestattet.

Jeder Proband testete im Labor alle fünf Bürodrehstühle bei der Durchführung der folgenden, standardisierten Tätigkeiten (Dauer der Tätigkeit in Klammern):

- Lesen und Korrigieren (zweimal jeweils 10 Minuten)
- Wordprocessing (zweimal jeweils 20 Minuten)
- Konzentrierte Mausnutzung (20 Minuten)
- Aktensortieren (10 Minuten)
- Telefonieren (10 Minuten)

Die Körperhaltungs- und -bewegungsmessung erfolgte mittels des CUELA-Messsystems für sitzende Tätigkeiten [3]. Aus den Messsignalen der 3D-Beschleunigungsaufnehmer wurden folgende Körper-/Gelenkwinkel berechnet: Kopfnäigung (sagittal und lateral), Flexion/Extension und Lateralflexionen der Wirbelsäule im Brustwirbelsäulen- (Th 3) sowie Lendenwirbelsäulenbereich (L1 und L5), Kyphose-/Lordose der Lendenwirbelsäule, Lage der Ober- und Unterschenkel (rechts/links) im Raum. Die 3D-Beschleunigungsmesswerte wurden darüber hinaus in körperliche Aktivitätsmaße (PAI-Werte) umgerechnet [4].

Mittels Oberflächen-Elektromyographie (EMG) wurde die Muskelaktivität des Musculus trapezius (rechts/links) und Musculus erector spinae (rechts/links) gemessen. Zur Bewertung der EMG-Signale wurde der RMS-Wert aus den EMG-Rohsignalen berechnet. Zur Normierung der RMS-Werte führten die Probanden zu Beginn und zum Ende der Messung Referenzaktivitäten aus, so dass alle Muskelaktivitäten in Bezug zu einer Referenzaktivität (RVC – Reference Voluntary Contraction) stehen.

Zur Messung der Einstellung des Bürodrehstuhles wurden Beschleunigungsaufnehmer zur 2D-Erfassung der Rückenlehnen- und Sitzflächenneigung eingesetzt. Mit FSR-Drucksensoren (jeweils sechs auf der Sitzfläche und der Rückenlehne und jeweils drei auf den Armlehnen) wurde der zeitliche und räumliche Umfang der Nutzung von Sitzfläche, Armlehne und Rückenlehne erfasst.

Alle Messdaten wurden synchron mit einer Abtastfrequenz von 50 Hz in einem Datenlogger des CUELA-Messsystems erfasst und wurden in der CUELA-Software zusammen mit einer digitalisierten Videoaufnahme der Arbeitsplatzsituation ausgewertet. Zur statistischen Auswertung wurden die folgenden beiden Nullhypothesen überprüft:

1. Die Stühle bewirken ein gleiches Ausmaß an Bewegung und muskulärer Aktivität.
2. Die Tätigkeiten bewirken ein gleiches Ausmaß an Bewegung und muskulärer Aktivität.

Hierzu wurde eine ANOVA-Analyse mit Messwiederholungen (Allgemeines Lineares Modell, ALM) bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ mit der Software SPSS (Vers. 15.0) durchgeführt.

Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die über 10 Probanden gemittelten Mittelwerte, 50. und 95. Perzentile der Verteilungen der Muskelaktivitäten (m. erector spinae und m. trapezius, jeweils rechts und links) in %RVC für alle besonderen dynamischen Stühle (A, B, C, E) und den Referenzstuhl D, zusammen mit den statistischen Ergebnissen (p-Werte) der Innersubjekteffekte Stuhl und Tätigkeit, dargestellt. Die EMG-Messungen lieferten über alle untersuchten Tätigkeiten im Labor geringe Muskelaktivitäten mit Werten kleiner 20 %RVC (Mediane). In den 95.Perzentilwerten der Verteilungen der Muskelaktivitäten wurden für alle untersuchten Muskeln Werte kleiner 50 %RVC gemessen. Die Streuungen der Muskelaktivitäten des m. trapezius links/rechts waren größer als die des m. erector spinae links/rechts. Es konnten keine signifikanten Unterschiede der Muskelaktivitäten für die besonderen dynamischen Stühle im Vergleich zum Referenzstuhl gemessen werden. Im Gegensatz hierzu wurden beim Vergleich der standardisierten Tätigkeiten signifikante Unterschiede der EMG-Aktivitäten ermittelt. Insbesondere waren die Aktivitäten des m. trapezius rechts/links stark von den ausgeführten Tätigkeiten abhängig.

Tabelle 2 zeigt die über 10 Probanden gemittelten Mittelwerte, 50. und 95. Perzentile der Verteilungen ausgewählter Körperwinkel und physischer Aktivitätsindizes (PAI-Werte) in ° bzw. %g für alle besonderen dynamischen Stühle (A, B, C, E) und den Referenzstuhl D. Die zugehörigen Standardabweichungen sind in Klammern angegeben. Ferner sind die statistischen Ergebnisse (p-Werte) der Innersubjekteffekte Stuhl und Tätigkeit gelistet. Wie erwartet, wurden negative Beckenneigungswinkel (gegenüber dem aufrechten Stand) mit Werten zwischen -13° und -20° für die Mediane gemessen. Die Rumpfneigungswinkel lagen für alle Stühle in den Medianen im aufrechten bis leicht nach hinten geneigten Winkelbereich (zwischen -3° und 1°). Die Lendenwirbelsäule war überwiegend in Kyphosehaltung mit Medianwerten zwischen 43 % und 57 % der maximalen individuellen Kyphosehaltungen. Für alle Stühle waren die physischen

Aktivitätsindizes (PAI-Werte) der Brustwirbelsäule und der Lendenwirbelsäule (am Lendenwirbel L1) auch im 95. Perzentil kleiner als 1%g. Die Messungen der Körperhaltungen und -winkel sowie der physischen Aktivitäten (PAI-Werte) ergaben ebenfalls nur in Ausnahmen signifikante Unterschiede zwischen den besonderen dynamischen Stühlen und dem Referenzstuhl. Lediglich bei den PAI-Werten von L1 zeigten die Innersubjekteffekte für den Stuhl signifikante Unterschiede, die auf Differenzen im Vergleich der Stühle A mit dem Referenzstuhl D zurückzuführen waren. Allerdings ist das physische Aktivitätsniveau für beide Stühle bei den hier untersuchten standardisierten Tätigkeiten sehr gering. Im Gegensatz hierzu wurden beim Vergleich der standardisierten Tätigkeiten signifikante Unterschiede der Körperhaltungen und PAI-Werte zwischen den einzelnen standardisierten Tätigkeiten ermittelt.

Beim Vergleich der gemessenen Sitzparameter (Sitzflächenneigung und –seitneigung sowie Rückenlehnenneigung) wurden zwischen den dynamischen Stühlen und dem Referenzstuhl z. T. signifikante Unterschiede ermittelt, die aber offensichtlich keinen signifikanten Einfluss auf die Sitzdynamik der Probanden hatte.

Diskussion

Die Laboruntersuchung ergab, dass die untersuchten dynamischen Büroarbeitsstühle im Vergleich zum Referenzstuhl zu keiner signifikanten Veränderung der Muskelaktivität (m. erector spinae, m. trapezius) und der Sitzhaltungen/-bewegungen führte. Der Einfluss der verschiedenen Tätigkeiten auf das Ausmaß der Bewegung und der muskulären Aktivität am Büro- und Bildschirmarbeitsplatz war bei den standardisierten Laborversuchen dagegen signifikant. Die ausgeübte Tätigkeit hat demnach einen größeren positiven Einfluss auf die individuelle Sitzdynamik des Menschen als die Beschaffenheit der untersuchten Büroarbeitsstühle. Dieser Aspekt sollte bei der ergonomischen Gestaltung von Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen Berücksichtigung finden.

Literatur

- [1] Rohlmann, A., Wilke, H.-J., Graichen, F., Bergmann, G.. Wirbelsäulenbelastung beim Sitzen auf einem Bürostuhl mit nach hinten kippbarer Rückenlehne. Biomed Techn (Berl) 47 (2002) 91-96.
- [2] Diebschlag, W., Heidinger, F.. Ergonomische Sitzgestaltung zur Prävention sitzhaltungsbedingter Wirbelsäulenschädigungen. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed (ASP) 25 (1990) 123-126.
- [3] Ellegast, R.P., Keller, K., Hamburger, R., Berger, H., Krause, F., Groenesteijn, L., Blok, M., Vink, P.. Ergonomische Untersuchung besonderer Büroarbeitsstühle. BGIA-Report 5/2008, ed.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Sankt Augustin 2008, <http://www.dguv.de/bgia/de/pub/rep/rep07/bgia0508/index.jsp>.
- [4] Weber, B., Wiemeyer, J., Hermanns, I., Ellegast, R.. Assessment of everyday physical activity: Development and evaluation of an accelerometry based measuring system. Int. Journal of Computer Sciences in Sport, 6 (2007), 4-20.

	Stuhl					Innersubjekteffekte	
	A	B	C	E	D	Stuhl	Tätigkeit
Muskelaktivität							
EMG erector spinae links (%RVC)							
Mittelwert	10,6 (8,0)	11,7 (10,4)	7,7 (10,6)	9,8 (8,3)	11,0 (9,8)	0,359	0,009
50. Perzentil	9,9 (9,2)	10,2 (9,3)	7,0 (11,4)	8,6 (9,0)	10,2 (10,2)	0,526	0,010
95. Perzentil	22,6 (11,6)	27,8 (40,9)	19,8 (13,6)	22,9 (14,9)	21,0 (13,4)	0,353	0,539
EMG erector spinae rechts (%RVC)							
Mittelwert	10,2 (9,0)	11,5 (8,5)	9,8 (10,1)	9,2 (8,3)	11,0 (6,8)	0,789	0,003
50. Perzentil	9,4 (9,9)	10,6 (9,2)	8,9 (11,1)	8,5 (9,3)	10,1 (7,4)	0,838	0,007
95. Perzentil	23,5 (11,5)	27,2 (27,0)	23,2 (13,8)	20,6 (10,5)	21,5 (10,7)	0,453	0,280
EMG trapezius links (%RVC)							
Mittelwert	11,7 (18,5)	10,6 (21,2)	6,9 (30,5)	12,8 (19,3)	8,0 (23,1)	0,594	0,000
50. Perzentil	9,9 (18,5)	8,4 (20,7)	4,2 (30,8)	11,5 (18,4)	7,0 (22,1)	0,394	0,000
95. Perzentil	30,6 (32,9)	33,1 (41,7)	33,1 (49,1)	29,5 (32,7)	25,8 (33,5)	0,903	0,000
EMG trapezius rechts (%RVC)							
Mittelwert	18,4 (23,3)	19,1 (25,4)	13,1 (23,5)	13,6 (19,7)	10,0 (21,0)	0,276	0,000
50. Perzentil	15,2 (24,0)	15,3 (26,5)	9,3 (24,8)	10,9 (20,0)	7,3 (21,6)	0,265	0,000
95. Perzentil	44,0 (38,7)	48,7 (38,5)	41,3 (37,1)	36,1 (31,1)	33,1 (28,8)	0,199	0,000

Tabelle 1: Mittelwerte (Standardabweichung) über 10 Probanden der Mittelwerte, 50. und 95. Perzentile der Verteilungen der Muskelaktivitäten (m. erector spinae und m. trapezius) in %RVC für alle besonderen dynamischen Stühle (A, B, C, E) und den Referenzstuhl D, zusammen mit den statistischen Ergebnissen (p-Werte) der Innersubjekteffekte Stuhl und Tätigkeit.

	Stuhl					Innersubjekteffekte	
	A	B	C	E	D	Stuhl	Tätigkeit
Körperwinkel							
Beckenneigung (°)							
Mittelwert	-13 (13)	-18 (14)	-17 (15)	-20 (16)	-17 (15)	0,151	0,000
50. Perzentil	-13 (14)	-18 (15)	-17 (16)	-20 (17)	-18 (16)	0,165	0,000
95. Perzentil	-6 (14)	-11 (14)	-12 (15)	-13 (17)	-10 (16)	0,204	0,000
Rumpfneigung (°)							
Mittelwert	1 (10)	-2 (11)	0 (13)	-3 (13)	-2 (12)	0,448	0,000
50. Perzentil	1 (11)	-2 (12)	0 (13)	-3 (14)	-3 (12)	0,433	0,000
95. Perzentil	7 (12)	5 (11)	4 (13)	3 (15)	5 (12)	0,572	0,020
Lordose / Kyphose (%ind.max.)							
Mittelwert	57 (20)	43 (26)	47 (32)	55 (21)	53 (24)	0,126	0,001
50. Perzentil	57 (20)	43 (27)	47 (32)	56 (22)	53 (25)	0,126	0,002
95. Perzentil	67 (19)	58 (22)	58 (27)	66 (21)	64 (22)	0,379	0,000
Physische Aktivität (PAI)							
PAI BWS (%g)							
Mittelwert	0,3 (0,2)	0,4 (0,1)	0,3 (0,2)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,310	0,000
50. Perzentil	0,2 (0,1)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,561	0,000
95. Perzentil	0,8 (0,4)	0,9 (0,4)	0,8 (0,4)	0,8 (0,4)	0,8 (0,4)	0,210	0,000
PAI L1 (%g)							
Mittelwert	0,2 (0,1)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,2 (0,1)	0,003	0,000
50. Perzentil	0,1 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,018	0,000
95. Perzentil	0,5 (0,3)	0,6 (0,3)	0,6 (0,4)	0,6 (0,3)	0,6 (0,4)	0,010	0,000

Tabelle 2: Mittelwerte (Standardabweichung) über 10 Probanden der Mittelwerte, 50. und 95. Perzentile der Verteilungen ausgewählter Körperwinkel und physischer Aktivitätsindizes (PAI-Werte) in ° bzw. %g für alle besonderen dynamischen Stühle (A, B, C, E) und den Referenzstuhl D, zusammen mit den statistischen Ergebnissen (p-Werte) der Innersubjekteffekte Stuhl und Tätigkeit.