

Aus dem Fachbereich Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

betreut am
Zentrum der Gesundheitswissenschaften
Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin
Direktor: Prof. Dr. Dr. David Groneberg

**Effekte eines Dehntrainings auf die Beweglichkeit von Büroangestellten im
Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der theoretischen Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Laura Fräulin
(geb. Maltry)
aus Groß-Gerau

Frankfurt am Main, 2020

Dekan:	Prof. Dr. Stefan Zeuzem
Referent/in:	PD Dr. Dr. Daniela Ohlendorf
Korreferent/in:	Prof. Dr. Johannes Frank
Tag der mündlichen Prüfung:	16.03.2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
Index of abbreviations	6
1 Zusammenfassung	7
1.1 Deutsch	7
1.2 Englisch	8
2 Übergreifende Zusammenfassung	10
2.1 Einleitung	10
2.2 Methode	11
2.2.1 Erste Publikation: Eine individualisiertes und standardisiertes Dehntraining zur Reduzierung von MSE bei Büroangestellten	11
2.2.1.1 Probanden	11
2.2.1.2 Rekrutierung	12
2.2.1.3 Messsysteme	12
2.2.1.4 Studienprotokoll	16
2.2.1.5 Auswertungsparameter	19
2.2.1.6 Statistische Auswertungsverfahren	19
2.2.2 Zweite Publikation: Ein gerätegestütztes Dehntraining für Büroangestellte - erhöhter Bewegungsumfang insbesondere bei eingeschränkter Flexibilität im Prä-Test	20
2.2.2.1 Probanden	20
2.2.2.2 Rekrutierung	20
2.2.2.3 Messsysteme	20
2.2.2.4 Studienprotokoll	20
2.2.2.5 Statistische Auswertungsverfahren	21
2.3 Ergebnisse der zweiten Publikation: Ein gerätegestütztes Dehntraining für Büroangestellte - erhöhter Bewegungsumfang insbesondere bei eingeschränkter Flexibilität im Prä-Test	22
2.4 Diskussion	23

Inhaltsverzeichnis

3	Übersicht der zur Veröffentlichung angenommenen Manuskripte bzw. Publikationen ..	27
4	Darstellung des eigenen Anteils	49
5	Literaturverzeichnis	51
6	Lebenslauf	55
7	Schriftliche Erklärung	60

Abkürzungsverzeichnis

MSE	-	Muskelskeletterkrankungen
BGF	-	betriebliche Gesundheitsförderung
BMI	-	Body Mass Index
Abb.	-	Abbildung
MDC	-	kleinster detektierbarer Unterschied
SF-36	-	Short-Form-36

Index of abbreviations

MSD - musculoskeletal disorders

WHP - work health promotion

BMI - body mass index

1 Zusammenfassung

1.1 Deutsch

Muskelskelett-Erkrankungen (MSE) bei Büroangestellten sind häufig mit einer höheren Muskelspannung und einer eingeschränkten Bewegungsreichweite assoziiert. Ein hohes präventives Potential haben daher Dehntrainings, da durch eine muskuläre Relaxation die Muskelspannung reduziert werden kann und gleichzeitig auf psychischer Ebene eine Möglichkeit zur Entspannung geboten wird. Auch im Rahmen von Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung (BGF), die im Kontext der Arbeitsmedizin immer mehr an Bedeutung gewinnt, stellen Dehntrainings einen erfolgsversprechenden Ansatz dar. Allerdings sind die bislang überprüften Ansätze sehr zeitaufwendig, was zu einem erheblichen Verlust an Arbeitszeit führt. Ein Dehnprogramm mit geringem Zeitaufwand ist das gerätegestützte „five-Business“ Dehntraining, bei dem in fünf Übungen ganze Muskelketten intensiv gedehnt werden. Da das Gerät individuell einstellbar ist, ist die Trainingsintensität standardisiert und gleichzeitig individualisiert. Ziel dieser Studie war daher das five-Business“ Dehntraining auf seine Wirksamkeit hinsichtlich einer Verbesserung der Beweglichkeit, der Lebensqualität und von MSE zu evaluieren. Im Rahmen dieser Dissertation wurde in der ersten Publikation zunächst eine konkrete Methode erarbeitet, die anschließend als 12-wöchige Intervention bei Büroangestellten (Training zwei Mal wöchentlich für je 10 Minuten) umgesetzt wurde. Für die zweite Publikation wurden Veränderungen in der Beweglichkeit im Anschluss an die Intervention und deren Abhängigkeit von soziodemographischen und anthropometrischen Faktoren analysiert. Dazu wurden fünf Beweglichkeitstests verwendet: der Finger-Boden-Abstand und die Lateralflexion wurden mit einem Maßband evaluiert, während die Gelenkwinkel beim modifizierten Schultertest nach Janda, dem modifizierten Thomas Test und der Retroflexion des Rumpfes nach Janda mit einem digitalen Inklinometer gemessen wurden. Insgesamt nahmen 216 (79w; 137m) Probanden im Alter von $44,81 \pm 10,55$ Jahren freiwillig an der Studie teil. Die Probanden waren $1,76 \pm 0,09$ m groß und wogen $78,03 \pm 15,11$ kg. Die mittleren Unterschiede zeigten, dass die Probanden im Schultertest (rechts: $2,1 \pm 7,7^\circ$, $p = 0,001$; links: $2,7 \pm 10,11^\circ$, $p = 0,001$), in der nach Janda modifizierten Retroflexion des Rumpfes ($5,4 \pm 8,6^\circ$, $p < 0,001$), im Finger-Boden-Abstand ($-1,9 \pm 4,0$ cm, $p < 0,001$) und in der Lateralflexion relativ zur Körpergröße (rechts: $-0,004 \pm 0,01$, $p = 0,002$; links: $-0,004 \pm 0,01$, $p < 0,001$) Zuwächse im Bewegungsausmaß erzielten. Im Thomas Test zeigten die Probanden eine Abnahme der Flexibilität (rechts: $-2,1 \pm 4,5^\circ$, $p < 0,001$; links: $-1,2 \pm 4,7^\circ$, $p = 0,001$). In allen Tests zeigten die Effektstärken geringe bis mittlere Effekte ($d = 0,24 - 0,62$). Probanden

mit unterdurchschnittlicher Beweglichkeit im Prä-Test zeigten die höchsten Beweglichkeitszuwächse. Weder Alter, Körpergröße, Gewicht, Body-Mass-Index (BMI) noch Geschlecht hatten einen signifikanten Einfluss auf die Beweglichkeitsveränderungen. Insgesamt kann für das „five-Business“ Dehntraining resümiert werden, dass es effektiv zur Beweglichkeitssteigerung beiträgt. Der vergleichsweise geringe Zeitaufwand ist ausreichend, um insbesondere bei unterdurchschnittlicher Flexibilität zu einem Gewinn an Bewegungsreichweite beizutragen. Da weder soziodemographische noch anthropometrische Faktoren die Beweglichkeitsveränderungen signifikant beeinflussten, kann das „five-Business“ Dehntraining auch bei heterogen zusammengesetzten Kollektiven angewendet werden. Somit ist es als wirksame Dehnintervention als BGF Maßnahme für schreibtischgebundenen Büroangestellte einsetzbar.

1.2 Englisch

Musculoskeletal disorders (MSDs) in office workers are often associated with increased muscle tension and limited range of motion. Stretch training therefore has a high preventive potential, as muscular relaxation can reduce muscle tension and at the same time provide an opportunity for relaxation on a psychological level. Stretch training is also a promising approach in the context of work health promotion (WHP), which is becoming increasingly important in the context of occupational medicine. However, the approaches reviewed so far are very time-consuming, which leads to a considerable loss of working time. One stretching program that requires little time is the device-supported "five-Business" stretch training, in which entire muscle chains are stretched intensively in five exercises. Since the device is individually adjustable, the training intensity is standardized and at the same time individualized. The aim of this study was therefore to evaluate the effectiveness of the "five-Business" stretch training in terms of improving mobility, quality of life and MSDs. Within the framework of this dissertation, a precise method was first developed in the first publication, which was then implemented as a 12-week intervention for office workers (training twice a week for 10 minutes each time). For the second publication, changes in mobility after the intervention and its dependence on socio-demographic and anthropometric factors were analyzed. Five mobility tests were used: fingertip-to-floor test and lateral flexion were evaluated with a tape measure, while joint angles were measured with a digital inclinometer in the modified Janda shoulder test, the modified Thomas test and the retroflexion of the trunk modified after Janda. A total of 216 (79w; 137m) volunteers aged 44.81 ± 10.55 years participated in the study. The subjects were 1.76 ± 0.09 m tall and weighed 78.03 ± 15.11 kg. The mean differences showed that the subjects in the shoulder test (right: $2.1 \pm 7.7^\circ$, $p = 0.001$; left: $2.7 \pm 10.11^\circ$, $p = 0.001$), in Janda-

modified retroflexion of the trunk ($5.4 \pm 8.6^\circ$, $p < 0.001$), in fingertip-to-floor distance (-1.9 ± 4.0 cm, $p < 0.001$) and in lateral flexion (right: -0.004 ± 0.01 , $p = 0.002$; left: -0.004 ± 0.01 , $p < 0.001$), the subjects achieved increases in the range of motion. In the Thomas Test, the subjects showed a decrease in flexibility (right: $-2.1 \pm 4.5^\circ$, $p < 0.001$; left: $-1.2 \pm 4.7^\circ$, $p = 0.001$). In all tests the effect sizes showed low to medium effects ($d = 0.24 - 0.62$). Subjects with limited mobility in the pre-test showed the highest mobility gains. Neither age, height, weight, body mass index (BMI) nor gender had a significant influence on the changes in mobility. Overall, the "five-Business" stretch training can be summarized as effectively contributing to an increase in mobility. The comparatively short training time required is sufficient to contribute to a gain in range of motion, especially when flexibility is below average. Since neither socio-demographic nor anthropometric factors significantly influence the changes in mobility, the "five-Business" stretch training can also be applied to heterogeneously composed collectives. Thus, it can be used as an effective stretching intervention as a WHP measure for deskbound office workers.

2 Übergreifende Zusammenfassung

2.1 Einleitung

Dehntrainingsprogramme werden in der betrieblichen Gesundheitsförderung (BGF) eingesetzt, um Muskel- und Skeletterkrankungen (MSE) bei Büroangestellten vorzubeugen oder zu reduzieren¹⁻³. MSE, insbesondere Rückenschmerzen, wie sie in dieser Zielgruppe häufig auftreten⁴⁻⁶ wurden mit längeren statischen Sitzzeiten in Verbindung gebracht⁷. Im Kontext des Büroarbeitsplatzes wurden Rückenschmerzen mit muskulären Verspannungen⁵ und damit einhergehenden Bewegungseinschränkungen⁸ assoziiert. Muskelverspannungen können durch dauerhafte Kontraktionen oder passiv durch Haltungsanpassungen verursacht werden⁹. Einen potenziellen Lösungsansatz stellen Dehntrainingsprogramme dar, die in den Arbeitsalltag integriert werden^{9,10}. Die effektivste Trainingsmethode zur Verbesserung des Bewegungsausmaßes ist das statische Dehnen¹¹, bei dem die muskulotendinösen Einheiten für 15-30 Sekunden in einer gestreckten Position gehalten werden, um die Muskelspannung zu reduzieren^{2,12}.

Aktuelle Evidenz unterstützt die Annahme, dass mit Dehntrainingsprogrammen MSE bei Büroangestellten reduziert werden können^{1,8,13}. In diesen Studien evaluieren die Autoren die Interventionen in der Regel mittels Fragebögen^{8,14-16}, während eine Überprüfung der Beweglichkeitsveränderungen nur selten durchgeführt wird^{8,9}. Beispielsweise evaluierten Shariat et al.¹⁷ ein Dehntraining, das aus 13 Übungen, die 11 Wochen lang dreimal pro Tag (10-15 Minuten pro Sitzung, insgesamt 30-45 Minuten pro Tag) durchgeführt wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass sich Schmerz und Bewegungsausmaß in allen untersuchten Regionen verbesserten (Effektstärken: partielles η^2 0,299-0,942)¹⁷. Das Bewegungsausmaß wurde mit einem Goniometer an Nacken, Schultern, Hüften und Knien erhoben.

Insgesamt sind die in der Literatur beschriebenen Dehntrainings relativ zeitintensiv. Die Probanden trainierten üblicherweise zweimal⁸ oder dreimal¹⁴ pro Tag für 10-15 Minuten oder absolvierten gar bis zu zehn sehr kurze Dehnpausen pro Stunde¹⁶. Aus der Sicht der Arbeitgeber sollten die Bewegungspausen kurz und geringgehalten werden, um Arbeitszeit zu sparen¹⁸. Eine BGF Maßnahme sollte daher auch bei geringem Zeitaufwand möglichst effektiv sein. Es sollte auch bekannt sein, ob die Wirksamkeit des Trainings von soziodemographischen und anthropometrischen Voraussetzungen abhängig ist. Kollektive aus Büroangestellten sind in Bezug auf Alter, Körpergewicht, Körpergröße und Body-Mass-Index (BMI) häufig heterogen zusammengesetzt¹⁹. Da sich gezeigt hat, dass Geschlecht, Alter und BMI das Risiko für MSE beeinflussen^{6,20}, könnten diese Parameter auch die Reaktion auf ein Dehntraining beeinflussen. Es kann weiterhin angenommen werden, dass Teilnehmer mit höherer Muskelspannung und daher begrenztem Bewegungsausmaß²¹ am meisten vom Dehntraining profitieren würden, während Teilnehmer mit höherer Flexibilität in geringerem Ausmaß reagieren würden. Aufgrund der aktuellen Studienlage ist jedoch unklar, ob ein Dehntraining für alle Mitarbeiter

gleich effektiv ist oder ob solche Maßnahmen für Probanden mit bestimmten körperlichen Voraussetzungen (z.B. hoher BMI oder relativ geringe Flexibilität) besser geeignet sind.

Um die Trainingsintensität für alle Probanden vergleichbar zu halten, wurde ein Dehntraining ausgewählt, bei dem eine standardisierte Ausführung gewährleistet ist. Dies bietet das "five-Business"-Dehntraining (FIVE-Konzept, Hüfingen, Germany), das aus fünf statischen rumpforientierten Dehnübungen besteht. Die Übungen werden an einem TÜV-geprüften Gerät ausgeführt, das sich durch verstellbare Holzstreben auf die individuelle Körpergröße und Flexibilität anpassen lässt. Das „five-Business“ Programm wurde auf Basis der von Myers beschriebenen myofaszialen Leitbahnen²² und den Grundlagen zur Rückenextension von McKenzie²³ konzipiert und greift außerdem Elemente des Yogas²⁴ auf. Der Fokus liegt auf der Dehnung ganzer Muskelketten und weniger isolierten Muskeln, wie es in den bisherigen Studien der Fall war^{8,13,17}. Charakteristisch ist die in drei der fünf Übungen angestrebte Extension der Wirbelsäule. Ziel ist es, eine Gegenbewegung zur Rumpf- und Hüftflexion, wie sie im Sitzen vorkommt anzubieten und so für eine variable Kompression der Bandscheiben zu sorgen.

2.2 Methode

2.2.1 Erste Publikation: Methode: Eine individualisiertes und standardisiertes Dehntraining zur Reduzierung von MSE bei Büroangestellten

2.2.1.1 Probanden

Für die Interventions-Kontroll-Studie sollen 350 Probanden zwischen 18 und 65 Jahren aus einem Kollektiv an Büroangestellten rekrutiert werden. Anhand einer nicht-probabilistischen Einteilung sollen 250 Teilnehmer der Interventionsgruppe zugeordnet werden und 100 der Kontrollgruppe. Zu den Ausschlusskriterien gehören: relevante Operationen und chirurgische Versteifungen relevanter Gelenke, relevanter künstlicher Gelenkersatz, schwere Erkrankungen wie Morbus Bechterew, chronisch destruktive Gelenkerkrankungen, Multiple Sklerose, myodystrophie oder neurodegenerative Erkrankungen, angeborene Fehlstellungen des Bewegungsapparates, akute Bandscheibenvorfälle, Einnahme von Muskelrelaxantien oder anderen Medikamenten, die die Elastizität der Muskeln beeinflussen, sowie Schwangerschaft. Alle Studienteilnehmer bestätigen schriftlich, dass sie über Nutzen und Risiken der Studie aufgeklärt wurden und, dass sie freiwillig an der Untersuchung teilnehmen.

Ein genehmigter Ethikantrag der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Landesärztekammer Baden-Württemberg genehmigt (F-2017-073) liegt vor.

2.2.1.2 Rekrutierung

Alle schreibtischgebundenen Mitarbeiter einer zu definierenden Büroeinheit werden vom betriebsinternen Gesundheitsmanagement des Unternehmens per Email über die Studie informiert und zu einer freiwilligen Teilnahme eingeladen. In der Nachricht ist ein Link enthalten, über den sich Interessenten registrieren können. Ein- und Ausschlusskriterien sowie die Verfügbarkeit für Trainingstermine werden im Anschluss telefonisch durch die Betreuer der Studie erfragt.

2.2.1.3 Messsysteme

Um die Effektivität der Dehnintervention hinsichtlich Veränderungen Bewegungsreichweite zu untersuchen, werden sportmotorische Tests durchgeführt. Die Auswahl der Tests erfolgte kongruent zu den gedehnten Muskelketten der einzelnen Übungen (Abbildung 1). Für die Erfassung des Beweglichkeitsausmaßes werden zwei unterschiedliche Messverfahren verwendet: ein Maßband (Übungen 3 & 5)²⁵⁻³¹ und ein digitales Inklinometer (Übung 1,2 & 4)³²⁻⁴².

Das handelsübliche Maßband ist in Schritten von 0,1 cm abgestuft. Hier werden üblicherweise gute Reproduzierbarkeiten angegeben, wie beispielsweise beim Finger-Boden-Abstand für den sehr gute Intrarater-Reliabilitäten (ICCs 0,97 - 0,99) vorliegen²⁵⁻²⁷. Das digitale Inklinometer (Model: Acumar™ DIGITAL INCLINOMETER Model ACU002 / Lafayette Instrument Company / Lafayette / USA) zeigt ganze Zahlen an, was zu einem absoluten Messfehler von 0,3° führt⁴³. Verglichen mit dem Goniometer ist es gleichwertig bezüglich der Messgenauigkeit³³ und hinsichtlich der Interrater-Reliabilität auch überlegen (Interrater-Reliabilität $r = 0.92$ zu $r = 0.53$ ³²). Antonaci et al.³⁵ empfehlen in der klinischen Untersuchung die Verwendung eines digitalen Inklinometers, da das exakte Anlegen des Goniometers aufgrund der kurzen Hebelarme oft schwierig ist. Des Weiteren ermittelten Kolber et al.⁴⁰ den kleinsten detektierbaren Interrater-Unterschied (MDC(90)) von 8° (Flexion), 4° (Abduktion), 9° (Außenrotation) und 8° (Innenrotation).

Beweglichkeits-Tests

Der Einfluss der Dehnübungen auf das Bewegungsausmaß wurde mittels fünf Beweglichkeits-Tests überprüft. Bei der Testauswahl wurde darauf geachtet, dass die Bewegungsrichtung und folglich die untersuchte Muskulatur mit den im Interventionsprogramm gedehnten Muskelketten ist (Abb. 1) übereinstimmt. Die Beweglichkeitstests werden mit einem digitalen

Inklinometer (Übung Stand, Chest und Hip)³²⁻⁴² und einem Maßband (Übungen Ischio und Lateral)²⁵⁻³¹ erhoben.

Folgende Beweglichkeitstest wurden zur Überprüfung der Effektivität des „five-Business“ Dehntrainings ausgewählt:

- 1) Modifizierter Schultertest nach Janda: Dieser Test soll Veränderungen durch die Übung „Chest“ aufzeigen. Zur Bestimmung der Mobilität des Schultergelenks insbesondere des M. pectoralis major wird die Untersuchung nach Janda in veränderter Form durchgeführt⁴⁴. Der Proband liegt auf dem Rücken auf einer Liege und der zu messende Arm hängt passiv über der Kante. Das Schultergelenk ist frei, während das Schulterblatt hingegen auf der Liege bleibt. Der Untersucher bewegt nun den Arm in eine ca. 90° abduzierte und außenrotierte Position, sodass das Bewegungsausmaß des mittleren und des oberen sternalen Anteils des M. pectoralis major gemessen wird. Im Gegensatz zu Janda ist der Ellenbogen gestreckt, wobei das Inklinometer proximal des Processus styloideus radii auf dem Radius angelegt wird. In Reliabilitätsstudien für die Beweglichkeit der Schulter wird für das Inklinometer eine Intrarater-Korrelation zwischen ICC = 0.65 und ICC = 0.96 angegeben^{36-38,45}. Für die Responsivität der Schulter konnten Valentine und Lewis³⁸ Messfehler für die Außenrotation von 1.3°, für die Innenrotation von 2.3°, die Abduktion von 4.8° und die Flexion von 3.9° feststellen.
- 2) Modifizierter Thomas Test: Dieser Test dient der Überprüfung der Beweglichkeit der Hüftflexoren⁴⁶, die insbesondere in der Übung „Hip“ gedehnt werden sollen. Der Proband liegt dabei in Rückenlage auf einer Liege und lässt das zu messende Bein passiv seitlich über den Rand der Liege hängen. Das kontralaterale Knie wird zur Brust gezogen und festgehalten. Um darüber hinaus valide Ergebnisse zu erhalten, muss die Beckenneigung kontrolliert werden⁴². Die Beckenneigung wurde durch Auflegen des digitalen Inklinometers von der Spina iliaca anterior superior abwärts standardisiert. In dieser Position wird die Ausrichtung des Beckens auf 0° eingestellt. Dann erfolgt die Platzierung des Inklinometers auf dem Oberschenkel oberhalb der Patella, um den Gelenkwinkel zu ermitteln^{46,47}. Für den Thomas Test werden gute Intrarater-Reliabilitäten angegeben (intrarater parallel-forms reliability für die Messungen mit Goniometer und Inklinometer liegt bei $r = 0.89 - 0.92$; $ICC = 0,91 - 0,93$ ⁴¹).
- 3) Retroflexion des Rumpfes nach Janda in modifizierter Version: Mittels des modifizierten Retroflexionstests nach Janda⁴⁴ wird insbesondere die Retroflexion der Lenden- und

Brustwirbelsäule, wie sie in den Übungen „Stand“, „Chest“ und „Hip“ vorkommt, überprüft. Der Proband liegt bäuchlings auf einer Liege und drückt sich mit den Händen aktiv in eine Retroflexion. Um einer Beckenrotation in der Sagittalebene vorzubeugen, wird das Becken auf Höhe der Spina iliaca posterior superior mit einem Spanngurt fixiert. Im Gegensatz zu Janda wird nicht der Ellbogeneinschlusswinkel als Parameter für die Rumpfextension herangezogen, sondern die Stellung der Brustwirbelsäule in der Sagittalebene durch Auflegen des Inklinometers auf dem Sternum bestimmt.

- 4) Finger-Boden-Abstand: Die Vorbeuge im hüftbreiten Stand mit gestreckten Knien²⁸ wird zur Überprüfung der Übung „Ischio“ eingesetzt. Der Proband steht dabei auf einem 15cm hohen Hocker, um auch eine Bewegungsreichweite unter Fußniveau erfassen zu können. Mit dem Maßband wird der Abstand zwischen den mittleren Fingerspitzen und dem Boden erfasst. Ziel ist die Beurteilung der Mobilität des Rückens, beider Hüften, der ischiokruralen Muskulatur und der neuromeningealen Strukturen. Die Reliabilität des Tests liegt zwischen $r = 0.76 - r = 0.99^{25-29}$ und zeigt eine gute Sensitivität für Veränderungen³⁰.
- 5) Lateralflexion: Mit diesem Test wird die Übung „Lateral“ evaluiert. Der Proband steht im hüftbreiten Stand und neigt sich zur Seite⁴⁸. Dabei sind die Hände an den Oberschenkeln angelegt. Sagittale Schwankungen in der Seitneigung werden durch Anlehnen des Rückens an eine Wand eliminiert. Mit einem Maßband wird der Abstand zwischen mittlerer Fingerspitze und Boden gemessen³¹. Die Intrarater-Reliabilität wird mit (fast) perfekt angegeben^{48,49}.



Abbildung 1. Beweglichkeits-Tests: Die Tests (a), (b) und (c) werden mit einem digitalen Inklinometer erhoben. In a) wird das Inklinometer auf den Stiloideus radii gehalten, in b) wird es proximal der Patella positioniert und in c) wird die Messung auf dem proximalen Teil des Sternums genommen. Bei d) und e) wird ein Maßband zwischen den Fingerspitzen und dem Boden verwendet. Alle Tests werden dreimal wiederholt, um Aufwärmefekte auszuschließen.

Nordischer Fragebogen

Zur Überprüfung muskuloskelettaler Beschwerden und Funktionseinschränkungen wird der Nordische Fragebogen⁵⁰ herangezogen. Neben epidemiologischen Angaben werden für

verschiedene Körperregionen die 7-Tages- und 12-Monatsprävalenz sowie die Lebenszeitprävalenz abgefragt.

SF-36

Zur Erfassung psychologischer, physischer sowie sozialer Faktoren der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wird der Short-Form-36 Fragebogen (SF-36) in der Version 1.3 verwendet⁵¹. Insgesamt werden 35 Items erfasst, die in den Subskalen Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Schmerz, Vitalität, Körperliche Funktionsfähigkeit, Körperliche Rollenfunktion, Psychische Gesundheit, Emotionale Rollenfunktion und Soziale Funktionsfähigkeit zusammengefasst werden.

2.2.1.4 Studienprotokoll

Das Dehntrainingsprogramm „five-Business“ wurde für die Implementierung als BGF-Maßnahme vom kommerziellen Anbieter „FIVE-Konzept“ (Hüfingen/Germany) entwickelt. Die Übungen können stehend und in alltäglicher Bürokleidung absolviert werden, lediglich Absatzschuhe > 5cm sind nicht geeignet. Das Gerät ist 60 kg schwer und seine Abmessungen betragen 116 cm x 82 cm x 128 cm.

Das „five-Business“ Dehntraining beinhaltet folgende fünf Übungen (Abbildung 2):

- 6) Stand: In der Übung „Stand“ (Abb. 2a) stehen die Probanden hüftbreit und lehnen mit dem Gesäß an der mittleren Strebe. Die Hände liegen auf der Hüfte und der Oberkörper wird retroflektiert (extendiert), während das Kinn zur Brust gezogen wird. Dies entspricht einer statischen, passiven Dehnung der Oberflächlichen Frontallinie¹ nach Myers²². Um eine progressive Belastung im Studienverlauf zu gewährleisten, kann durch Anheben der Arme das Drehmoment erhöht werden. Dadurch wird einerseits die Dehnungsspannung erhöht aber auch die isometrische Kontraktion verstärkt.
- 7) Chest: Die Grundposition ist identisch mit der Übung „Stand“. Zusätzlich werden bei der Rückbeuge die Arme angehoben und der Rumpf wird auf Höhe der Schulterblätter auf einer weiteren Holzstrebe abgelegt (Abb. 2b). So wird insbesondere der Brustbereich gedehnt und entspricht nach Myers²² den Strukturen der Tiefen Frontalen Armlinie² und der

¹ Oberflächliche Frontallinie: (M. sternalis), Fascia sternochondralis, M. rectus abdominis, M. quadrizeps femoris insb. M. rectus femoris, Patellasehne

² Tiefe Frontale Armlinie: M. pectoralis minor, Fascia clavipectoralis, M. biceps brachii, Anteriore Kante des Radiusperiosts, Muskeln des Daumenballens und Lig. Collaterale carpi radiale

Oberflächlichen Frontalen Armlinie³. Durch das aktive Zurückführen der Arme kann die Übung als aktives, statisches Dehnen charakterisiert werden.

- 8) Ischio: Der Proband stellt sich so ans Gerät, dass die Vorderfüße auf der schräg angebrachten Holzleiste stehen während die Fersen Bodenkontakt haben. Die Knie werden extendiert und in der Hüfte, in der LWS und in der BWS findet eine Flexion statt. Die Hände können entweder an der mittleren Holzstrebe abgelegt werden (Abb. 2c) oder zur Belastungssteigerung Richtung Zehenspitzen geführt werden. So wird ein statisches, passives Dehnen der oberflächlichen Rückenlinie⁴ erzeugt²².
- 9) Hip: Der Proband nimmt die gleiche Ausgangsposition wie in der Übung „Stand“ ein. Nun wird ein Fuß auf der unteren Holzstrebe positioniert und aktiv ins Polster gedrückt (Abb. 2d). So entsteht eine isometrische Kontraktion im M. quadrizeps femoris. Zur progressiven Belastungsgestaltung kann die untere Holzstrebe sukzessiv weiter nach oben gelegt werden. So entsteht ebenfalls eine Dehnung der Oberflächlichen¹ und Tiefen Frontallinie². Ziel ist insbesondere die hüftbeugende Muskulatur zu dehnen.
- 10) Lateral: Hier steht der Proband seitlich zu den Holzstreben und legt die Hüfte seitlich auf dem mittleren Holzstreben ab. Beide Arme werden aktiv angehoben und eine Lateralflexion über die Holzstreben hinweg wird angestrebt (Abb. 2e). So wird eine aktive, statische Dehnung der Laterallinie⁵ erzielt²². Eine Erhöhung der Dehnungsspannung wird durch Zuhilfenahme von Gewichten, die über dem Kopf gehalten werden ermöglicht.

³ Oberflächliche Frontale Armlinie: M. pectoralis major, M. latissimus dorsi, Septum intermusculare brachii mediale, Flexoren und Karpaltunnel) und der Funktionellen Frontallinie (FFL) (M. pectoralis major, M. rectus abdominis, M. adductor longus

⁴ Oberflächlichen Rückenlinie: Galea aponeurotica, epikraniale Faszie, Fascia sacrolumbale, M. erector spinae, Lig. sacrotuberale, Ischiokruralmuskulatur, M. gastrocnemius, Achillessehne, Fascia plataris, kurze Zehenflexoren

⁵ Laterallinie: M. splenius capitis, M. sternocleidomastoideus, Mm. intercostales internus/externus, Mm. obliquus internus/externus, M. gluteus maximus, M. gluteus medius, M. tensor fascia latae, Tractus iliotibialis, Lig. Capitis fibulae anterioris, Mm. Peroneus longus/previs

Fußnoten ¹⁻⁵ nach: Myers TW. *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists.*: Elsevier; 2014

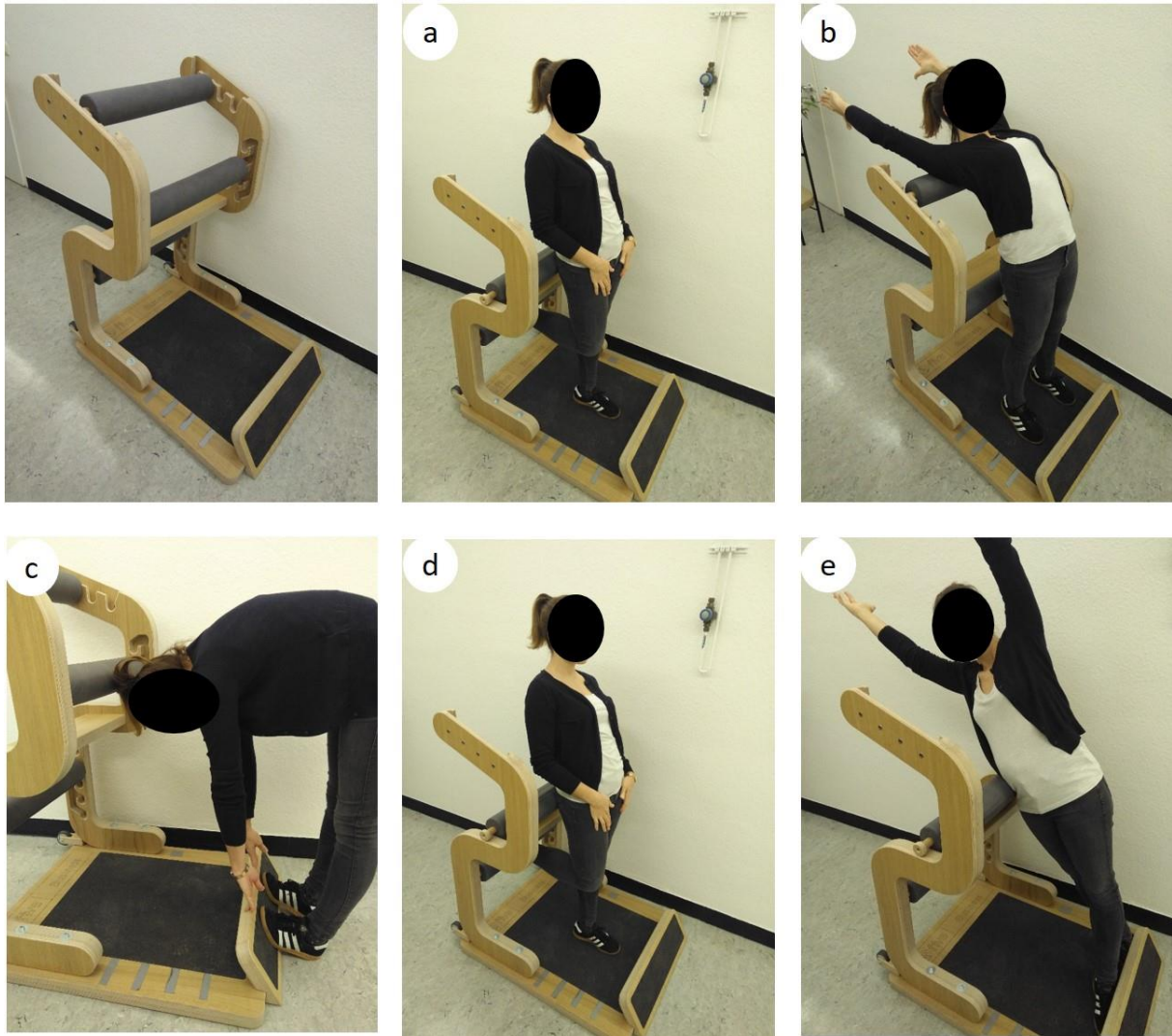


Abbildung 2. five-Business Dehntraining: Das Gerät „five-Business“ und alle fünf Übungen in der durchgeführten Reihenfolge. a) Stand, b) Chest, c) Ischio, d) Hip und e) Lateral.

Im 12-wöchigen Interventionszeitraum sind 22-24 Trainingseinheiten geplant. Die Probanden absolvieren zweimal wöchentlich das etwa 10-minütige Dehntraining. Dabei werden alle fünf Übungen zwei Mal durchgeführt. Die Belastungsdauer ist auf je 20 Sekunden festgelegt, was die Probanden selbstständig über eine zur Verfügung gestellte Stoppuhr messen. Geschulte Trainer begleiten alle Trainingseinheiten und steuern die Belastung nach Möglichkeit progressiv. Um ein standardisiertes Vorgehen für jeden Probanden zu gewährleisten, werden die hölzernen Streben des „five-Business“ Geräts mit Markierungen versehen. Bei jedem Trainingstermin wird außerdem ein Trainingstagebuch ausgefüllt, um potentielle Einflussfaktoren auf die Beweglichkeitsveränderungen, wie beispielsweise physiotherapeutische Behandlung oder Sport in der Freizeit, festzuhalten.

Im realen Arbeitsalltag von Büroangestellten führen Urlaub, Krankheiten und Geschäftsreisen zu Präsenzausfällen. Dem wird in der Studie durch die Gewährung von zwei Fehlterminen Rechnung getragen.

In den Wochen vor und nach dem Interventionszeitraum werden die Beweglichkeitstests und die Fragebogenerhebungen durchgeführt. Auf eine Randomisierung der Beweglichkeitstests wird aus Gründen der Praktikabilität im Messablauf bewusst verzichtet.

Analog zur Interventionsgruppe werden Messungen und Fragebogenerhebungen der Kontrollgruppe im Abstand von 12 Wochen durchgeführt. Um die etwaige Messabweichungen durch Wechsel der Untersucher zu vermeiden, werden die Prä- und Post-Messungen vom gleichen Untersucher durchgeführt^{36,52}. Alle Beweglichkeitsmessungen werden drei Mal wiederholt, da so etwaige Aufwärmeeffekte ausgeschlossen werden können⁵³. Aus den drei Messwiederholungen wird für die statistische Analyse ein Mittelwert gebildet.

2.2.1.5 Auswertungsparameter

Die Auswertung der Beweglichkeitstests erfolgt anhand der erhobenen Gelenkwinkel in Grad ° oder bei den Abständen zwischen Fingerspitzen und Boden in Zentimeter. Die Fragebögen werden anhand metrischer Summenskalen (SF-36) und in nominalen Antworten (Nordischer Fragebogen) analysiert.

2.2.1.6 Statistische Auswertungsverfahren

Alle Berechnungen werden mit dem Statistik Programm „IBM SPSS Statistics 25“ durchgeführt. Mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Lilliefors-Test werden die erhobenen Daten der Beweglichkeitstests und des SF-36 Fragebogens auf Normalverteilung getestet. Bei Normalverteilung wird zur Untersuchung eines Unterschieds zwischen Prä- und Post Messung der T-Test für gepaarte Stichproben angewendet, liegt keine Normalverteilung vor, wird der Wilcoxon-Matched-Pairs-Test verwendet.

Beim Nordischen Fragebogen liegen die Ergebnisse nominal bzw. ordinal vor, weshalb hier der Chi² -Test für unabhängige Gruppenvergleiche herangezogen wird. Der Vergleich zwischen Prä- und Postmessung wird mit dem McNemar-Test für gepaarte Stichproben oder dem Cochran-Q-Test für Messwiederholungen realisiert.

Weiterhin soll ein Vergleich zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe erfolgen. Bei normalverteilten intervallskalierten Werten wird hier der unabhängige T-Test verwendet, liegt keine Normalverteilung vor wird auf den Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test zurückgegriffen.

Die nominalen Daten des Nordischen Fragebogens werden mit dem Chi²-Test auf Unterschied überprüft. Das Signifikanzniveau liegt bei $\alpha = 0.05$.

2.2.2 Zweite Publikation: Ein gerätegestütztes Dehntraining für Büroangestellte - erhöhter Bewegungsumfang insbesondere bei eingeschränkter Flexibilität im Prä-Test

2.2.2.1 Probanden

Insgesamt haben sich 216 (79weiblich; 137männlich) Probanden freiwillig an der Interventionsstudie beteiligt. 25,5% (n=55 insgesamt; n=21 weiblich; n=34 männlich) verließen die Studie als Studienabbrecher, hauptsächlich, weil sie das Training nicht zweimal in ihre Arbeitswoche integrieren konnten. Dies war auf häufige Geschäftsreisen, Teilzeitbeschäftigung oder lange Urlaube zurückzuführen. 161 Teilnehmer (45weiblich/116männlich) schlossen die Studie erfolgreich ab. Die Ausschlusskriterien sind identisch mit denen der ersten Publikation.

2.2.2.2 Rekrutierung

Die Probanden wurden aus einem Bürogebäude eines Automobilherstellers in Stuttgart, Deutschland, rekrutiert. Insgesamt erhielten 1958 Mitarbeiter, die in dem vierstöckigen Gebäude arbeiteten, zwei Monate vor der Studie eine Power-Point-Präsentation per E-Mail, in der die Studie und der mögliche gesundheitliche Nutzen des Trainings erläutert wurden. Angesprochen wurden sowohl gesunde Mitarbeiter als auch Mitarbeiter mit leichten Muskel-Skelett-Beschwerden im Alter von 18-65 Jahren. Interessierte Mitarbeiter nahmen per E-Mail oder Telefon Kontakt mit den Studienleitern auf und vereinbarten einen Termin für den Basistest. Auch alle anderen Schulungstermine für die kommenden 12 Wochen und den Post-Test wurden sukzessive vereinbart. 8,22% der primär kontaktierten Mitarbeiter schlossen die Studie ab.

2.2.2.3 Messsysteme

Siehe Kapitel 2.2.1.3.

2.2.2.4 Studienprotokoll

Details können dem Kapitel 2.2.1.4 entnommen werden.

Die Studie wurde zwischen April und Juli 2018 durchgeführt. Vier „five-Business“ Geräte wurden strategisch im ersten und dritten Stock (zwei Geräte in einem Trainingsbereich) des vierstöckigen Gebäudes platziert, um kurze Wege für jeden Teilnehmer zu gewährleisten. Auf beiden Stockwerken überwachte je ein erfahrener Trainer die korrekte Ausführung der Dehnübungen. Der Trainingsbereich wurde von einer portablen, 1,60 m hohen Wand begrenzt um die Privatsphäre der Studienteilnehmer zu gewährleisten. Falls die Teilnehmer eine Trainingseinheit verpasst hatten, wurde per E-Mail ein neuer Termin vereinbart.

2.2.2.5 *Statistische Auswertungsverfahren*

Alle Tests wurden mit dem Statistikprogramm "IBM SPSS Statistics 26" durchgeführt (IBM Corp. Veröffentlicht 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corporation).

Um auf die intervallskalierten Daten auf Normalverteilung zu testen, wurde der Kolmogoroff-Smirnoff-Test mit Lilliefors-Korrektur verwendet. Da die überwiegende Mehrheit der Prä- und Post-Messwerte normalverteilt waren, wurden parametrische Tests gewählt. Um zu testen, ob sich die Bewegungsreichweite eines Probanden über den Interventionszeitraum verändert hatte, wurde ein T-Test für gepaarte Stichproben und eine Berechnung der Effektstärken nach Cohen⁵⁴ ($d = 0,2$ geringer Effekt; $d = 0,5$ mittlerer Effekt; $d = 0,8$ starker Effekt) durchgeführt. In der Lateralflexion wurden die Abstände zwischen Fingerspitze und Boden relativ zur Körpergröße (Abstand (cm)/Körpergröße (cm)) berechnet und werden daher ohne Einheit angegeben.

Um zu analysieren, ob soziodemographische Faktoren oder Prä-Messwerte die Trainierbarkeit beeinflussen, wurden Korrelationen durchgeführt. Für Alter, Gewicht, Größe, BMI und Prä-Messdaten wurden Spearman-Korrelationen zu den Prä-Post-Differenzen berechnet, da der Großteil der Differenzen nicht normalverteilt war. Es wurden auch Korrelationen zwischen den soziodemographischen Daten und den Prä-Messwerten durchgeführt (Pearson-Korrelationen, da die Mehrheit der Basisdaten normalverteilt war). Der Einfluss des Geschlechts auf die Trainierbarkeit (Prä-Post-Differenzen) und auf die Prä-Messwerte wurde mit dem Mann-Whitney-U-Test berechnet.

Zur weiteren Charakterisierung der Interventionsgruppe wurden die Probanden für jeden Test jeweils in drei Untergruppen eingeteilt. Für jeden der 8 Tests, wurden in die Untergruppen "unterdurchschnittlich" alle Teilnehmer eingeschlossen, deren Prä-Messwerte unter dem 25. Perzentil lagen. Den Untergruppen "durchschnittlich" wurden alle Teilnehmer zugeordnet, deren Prä-Messdaten zwischen dem 25. und dem 75. Perzentil lagen. Die Untergruppen "überdurchschnittlich" schlossen alle Teilnehmer ein, deren Prä-Messwerte über dem 75. Perzentil lagen. Für jede Untergruppe wurden jeweils Prä-Post-Differenzen, soziodemographische Analysen zu Geschlecht, Alter, Gewicht, Größe und BMI und Korrelationen berechnet. Um die Trainierbarkeit der Subgruppen weiter zu analysieren, wurden die Prä-Post-Differenzen zusätzlich mittels ANOVA mit einer Tamhane-Korrektur überprüft, da die überwiegende Mehrheit der Daten normalverteilt war. Das Signifikanzniveau betrug $\alpha = 0,05$ und alle Tests wurden zweiseitig durchgeführt.

2.3 Ergebnisse der zweiten Publikation: Ein gerätegestütztes Dehntraining für Büroangestellte - erhöhter Bewegungsumfang insbesondere bei eingeschränkter Flexibilität im Prä-Test

Die Probanden waren $44,81 \pm 10,55$ Jahre alt, $1,76 \pm 0,09$ m groß, wogen $78,03 \pm 15,11$ kg und hatten einen BMI von $25,03 \pm 3,92$ kg/m². T-Tests über die gesamte Interventionsgruppe zeigten hochsignifikante Zuwächse im Bewegungsumfang in vier von fünf Beweglichkeitstests beim Vergleich von Prä- und Postdaten. Die mittleren Unterschiede zeigten, dass die Probanden im Schultertest (rechts: $2,1 \pm 7,7^\circ$, $p = 0,001$, $d = 0,24$; links: $2,7 \pm 10,11^\circ$, $p = 0,001$, $d = 0,26$), in der nach Janda modifizierten Retroflexion des Rumpfes ($5,4 \pm 8,6^\circ$, $p < 0,001$, $d = 0,62$), im Finger-Boden-Abstand ($-1,9 \pm 4,0$ cm, $p < 0,001$, $d = 0,46$) und in der relativen Lateralflexion (rechts: $-0,004 \pm 0,01$, $p = 0,002$, $d = 0,25$; links: $-0,004 \pm 0,01$, $p < 0,001$, $d = 0,33$) Zuwächse im Bewegungsausmaß erzielten. Es ist zu beachten, dass im Finger-Boden-Abstand und bei der relativen Lateralflexion negative Differenzen eine größere Bewegungsreichweite im Post-Test bedeuten, da der Abstand zwischen Fingerspitzen und Boden mit zunehmender Flexibilität abnimmt. Im Thomas Test zeigten die Probanden eine Abnahme der Flexibilität (rechts: $-2,1 \pm 4,5^\circ$, $p < 0,001$, $d = 0,43$; links: $-1,2 \pm 4,7^\circ$, $p = 0,001$, $d = 0,26$). In allen Tests zeigten die Effektgrößen geringe bis mittlere Effekte ($d = 0,24 - 0,62$).

Spearman-Korrelationen zeigten, dass die Prä-Messdaten die stärkste Korrelation mit den Prä-Post-Differenzen (Trainierbarkeit) zeigten. Hier deuteten hochsignifikante und moderate Korrelationen in allen Tests darauf hin, dass eine anfänglich eingeschränkte Flexibilität mit größeren Zuwächsen in der Bewegungsreichweite verbunden ist. Dies gilt für alle Tests mit Ausnahme des Thomas Tests, bei dem die entgegengesetzte Richtung der Korrelationen auftrat. Hinsichtlich der Einflüsse soziodemographischer Faktoren wurden nur zwei signifikante Ergebnisse beobachtet: Beim Thomas Test (links) korrelierten die Unterschiede (T-Test) signifikant mit dem Geschlecht ($p = 0,01$) zugunsten weiblicher Teilnehmerinnen und bei der Retroflexion des Rumpfes korrelierten die Unterschiede signifikant mit dem Körpergewicht ($\rho = -0,177$; $p = 0,027$). Kein anderer univariater Test zwischen den Unterschieden und potentiellen Einflussfaktoren zeigte signifikante Ergebnisse.

Im Schultertest auf beiden Körperseiten, im Finger-Boden-Abstand und in der relativen Lateralflexion auf beiden Körperseiten zeigten die Untergruppen "unterdurchschnittlich" größere Zuwächse im Bewegungsausmaß als die Untergruppen "durchschnittlich", während die Untergruppen "überdurchschnittlich" leichte Abnahmen zeigten. Bei der Retroflexion des Rumpfes erfuhren die Teilnehmer der Untergruppe "unterdurchschnittlich" die größten

Gewinne im Bewegungsausmaß, gefolgt von den Untergruppen "durchschnittlich" und "überdurchschnittlich".

Insgesamt zeigten die T-Tests in den Untergruppen "unterdurchschnittlich" (mit Ausnahme des Thomas Tests) und "durchschnittlich" hochsignifikante Veränderungen im Bewegungsausmaß ($p < 0,001$ - $p = 0,004$, $d = 0,2$ - $1,5$). In den Untergruppen "überdurchschnittlich" (mit Ausnahme der Retroflexion des Rumpfes) war das Bewegungsausmaß im Post-Test verringert. Diese Abnahmen waren jedoch nur im Schultertest rechts ($p = 0,05$, $d = 0,4$), im Thomas Test (rechts $p < 0,001$, $d = 1$; links $p = 0,003$, $d = 0,1$) und in der relativen Lateralflexion rechts ($p = 0,009$, $d = 0,5$) signifikant.

Im Thomas Test auf beiden Körperseiten erfuhr die Untergruppe "unterdurchschnittlich" keine signifikanten Veränderungen, während die Untergruppen "durchschnittlich" und "überdurchschnittlich" leichte, aber hochsignifikante Abnahmen des Bewegungsumfanges zeigten (Untergruppe "durchschnittlich": rechts: $p = 0,001$, $d = 0,6$; links: $p = 0,004$, $d = 0,4$; Untergruppe "überdurchschnittlich": rechts $p < 0,001$, $d = 1$; links: $p = 0,003$, $d = 0,1$).

Die Tamhane-Korrektur der durchgeführten ANOVA zeigte, dass die Prä-Post-Differenzen zwischen der Untergruppe "unterdurchschnittlich" und der Untergruppe "überdurchschnittlich" in allen Tests signifikant unterschiedlich waren ($p < 0,001$ - $0,007$), was die Annahme der Abhängigkeit der Trainierbarkeit vom anfänglichen Bewegungsumfang unterstützt.

2.4 Diskussion

Die Ergebnisse der zweiten Studie zeigen, dass die Bewegungsreichweite von Büroangestellten mit dem standardisierten Dehntraining "five-Business" innerhalb von drei Monaten in vier von fünf Beweglichkeitstest signifikant verbessert werden konnte. Eine durchschnittliche Trainingshäufigkeit von zweimal pro Woche reichte aus, um niedrige bis moderate Effekte ($d = 0,24$ - $0,62$) zu erzielen. Konkret konnten im Schultertest (rechts: 7,1%; links: 9,2%), der Retroflexion des Rumpfes (7,7%), dem Finger-Boden-Abstand (25,3%) und der relativen Lateralflexion (rechts: 1,4%; links: 1,4%) Verbesserungen gezeigt werden, während nur im Thomas-Test Rückgänge auftraten (rechts: -9,3%; links: -5,7%). Somit kann die im Methodenansatz formulierte Annahme, dass das „five-Business“ Dehntraining effektiv die Bewegungsreichweite verbessert bestätigt werden. Thomas et al.¹¹ konnten zeigen, dass ein langfristiges statisches Dehnprogramm fünfmal pro Woche mit mindestens fünf Minuten Gesamtdehnungszeit pro Muskel in einer Woche zu einem möglichen mittleren Beweglichkeitszuwachs von 20,9% führen kann. In der vorliegenden Studie liegt der Beweglichkeitszuwachs im Finger-Boden-Abstand mit 25,3% darüber, in den anderen Tests war die Verbesserung geringer. Allerdings wurde die Trainingshäufigkeit bewusst niedriger

gewählt (zweimal pro Woche, 80 Sekunden pro Muskelgruppe), um die Durchführbarkeit des Trainings als BGF Programm zu berücksichtigen und tatsächliche Arbeitszeit einzusparen¹⁸. Lediglich im Thomas-Test traten negative Ergebnisse auf. Obwohl sich der Thomas-Test, wie die anderen Tests^{25,40,44,55}, als zuverlässig erwiesen hat⁴², sollten die vorliegenden Daten mit Vorsicht betrachtet werden. In der vorliegenden Studie waren 41% der Teilnehmer präadipös ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$), was dem Untersucher das Ertasten der Spina iliaca anterior superior bei der Kontrolle der Beckenkipfung im Thomas-Test⁴² deutlich erschwerte. Es ist daher unklar, ob die Probanden in diesem Test tatsächlich an Beweglichkeit verloren haben oder, ob die Ergebnisse durch die lumbale Extension verschlechtert wurden. Dies hatte jedoch keinen Einfluss auf die anderen Beweglichkeitstests, da der Körperfettanteil weder die Durchführung der Tests noch die Palpation der knöchernen Orientierungspunkte beeinträchtigte^{25,40,44,55}. Zwar trat zwischen der Prä-Post-Differenz der Retroflexion des Rumpfes und dem Körpergewicht eine signifikante Korrelation auf ($\rho = -0,177$), aber weder Körpergröße noch BMI zeigten signifikante Korrelationen, was der Fall gewesen wäre, wenn die Körperzusammensetzung einen Einfluss auf die Trainierbarkeit gehabt hätte.

Der stärkste Einflussfaktor auf die Trainierbarkeit war stattdessen die Beweglichkeit im Prä-Test, die in allen Tests mit Ausnahme des Thomas Tests positive signifikante Korrelationen ($\rho = 0,247 - 0,443$) zeigte. Durch die anschließende Aufteilung in die Untergruppen (Perzentile) konnten Unterschiede in den Beweglichkeitszuwächsen von Büroangestellten gezeigt werden. Insbesondere bei Probanden mit eingeschränkter anfänglicher Flexibilität wurden erhebliche Verbesserungen gemessen (z.B. Schultertest: 37,8-39,3%; Retroflexion des Rumpfes: 21,7%; Lateralflexion: 2,6-3,8%; durchschnittliche Flexibilität: Finger-Boden-Abstand: 33,8%). Die Beweglichkeitszuwächse waren in dieser Untergruppe erheblich größer als bei Probanden mit überdurchschnittlicher Flexibilität ($d = 0,477-1,075$). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das "five-Business" Dehntraining bei Probanden mit unter- oder durchschnittlicher Flexibilität am effektivsten ist.

Auf der Grundlage der hier vorgestellten Einteilung der Untergruppen kann das „five-Business“ Dehntraining insbesondere Mitarbeitern empfohlen werden, die eine eingeschränkte oder unterdurchschnittliche Beweglichkeit aufweisen. Außerdem könnte das Dehntraining auch aus präventiver Sicht für beweglichere Mitarbeiter angeboten werden. Da die Flexibilität mit zunehmendem Alter abnimmt⁵⁶, könnte ein Dehntraining zum Erhalt der Beweglichkeit beitragen. Da die Bevölkerung und auch die Arbeitskräfte in den Industrieländern ständig altern⁵⁷, könnte dies ein plausibler Ansatz sein. In den aktuellen Daten konnten jedoch keine Korrelationen zwischen Alter und Beweglichkeitszuwachs gefunden werden; es war lediglich

eine Tendenz in der Zusammensetzung der Untergruppen zu beobachten; durchschnittlich waren die Probanden in den Subgruppen mit unterdurchschnittlicher Flexibilität am ältesten. In diesen Untergruppen war auch der Männeranteil höher als der Frauenanteil. In zwei von fünf Tests waren die weiblichen Probanden zu Beginn der Studie signifikant flexibler als die männlichen Probanden, was durch die Ergebnisse von Shariat et al.⁶ bestätigt wird.

Insgesamt sind die vorliegenden Ergebnisse am besten mit der Studie von Shariat et al.¹³ vergleichbar, die ebenfalls ein Dehntraining als BGF Maßnahme mit Beweglichkeitstests evaluierte. Auch hier konnten die Autoren Beweglichkeitsverbesserungen zeigen, wobei die größten Zunahmen bei der Lateralflexion des Nackens auftraten. Ähnlich wie in der vorliegenden Studie dauerte die Intervention elf Wochen, allerdings war das Programm deutlich zeitaufwändiger. Es mussten dreimal täglich 13 Übungen durchgeführt werden, was zu einem Verlust von täglich 30-45 Minuten Arbeitszeit führte. In anderen Studien waren die Häufigkeit und Dauer der Dehnungsprogramme ebenfalls relativ groß^{8,13,14,16}. Ein hoher Verlust an Arbeitszeit könnte die Durchführbarkeit von Dehntrainings als BGF Maßnahme beeinträchtigen, auch wenn sie effektiv sein sollten.

Eine Limitation der vorliegenden Studie ist das Fehlen einer Kontrollgruppe. Durch Messung des Bewegungsausmaßes im gleichen Zeitintervall in einer vergleichbaren Kohorte könnte geklärt werden, ob die Flexibilität natürlichen Schwankungen unterliegt. Eine Follow-up Untersuchung würde auch Aufschluss über die Nachhaltigkeit der Beweglichkeitszuwächse geben. Auf dieser Grundlage könnten die erzielten positiven Ergebnisse besser interpretiert werden.

Sollte auch im Unternehmen eine Überprüfung der Beweglichkeit gewünscht sein, könnte auch eine Adaptation der Methode vorgenommen werden. Die Winkelmessungen könnten unter Umständen auch mit einer Goniometer Applikation, wie sie für Smartphones heute einfach verfügbar ist, erhoben werden. In einem Review fassen Keogh et al.⁵⁸ die verfügbare Evidenz zur Reliabilität solcher Anwendungen zusammengefasst. Die Autoren beschreiben eine meist adäquate Intra- und Interrater-Reliabilität sowie eine Validität für Smartphone-Geräte an allen untersuchten Gelenken⁵⁸. Allerdings sollten zunächst Vergleichsmessungen und bestenfalls eine Validitätsstudie durchgeführt werden, da die Ergebnisse des Smartphone Applikationen nicht zwangsläufig mit den hier vorgestellten Ergebnissen vergleichbar sein müssen.

Insgesamt hängt die erfolgreiche Umsetzung einer BGF Maßnahme hängt auch von der Teilnahmebereitschaft der Mitarbeiter ab, die üblicherweise gemischt ist^{18,59}. Dies spiegelt sich auch in der Teilnahmequote von nur 11% in dieser Studie wider. Durch die

Kommunikationsstrategie per E-Mail konnte angesichts der steigenden Anzahl von E-Mails, die Büroangestellte täglich bearbeiten müssen, möglicherweise nicht genügend Aufmerksamkeit erzeugt werden⁶⁰. Außerdem schieden in der vorliegenden Studie 25% der Probanden vor Beendigung der Intervention aus. Dies liegt leicht über den Abbruchquoten von 10-20 %, die in früheren Studien gezeigt wurden^{8,14}; allerdings wurde in diesen Studien auf die Bestätigung der Teilnehmer vertraut, dass die Übungen nach Anweisung ausgeführt wurden, eine aktive Überprüfung fand nicht statt. In der vorliegenden Studie wurden die Probanden während jedes Trainings betreut und falls ein Teilnehmer einen Termin versäumte, wurde er per E-Mail oder Anruf von den Studienleitern kontaktiert, um einen neuen Termin zu vereinbaren. Trotz des geringen Trainingsumfangs von 10 Minuten zweimal pro Woche war der häufigste Grund für Abbrüche Zeitmangel aufgrund von Teilzeitverträgen oder häufigen Meetings. Dies unterstreicht die Notwendigkeit hocheffizienter BGF Maßnahmen, die mit geringem Zeitaufwand auskommen¹⁸.

Da mit einem Dehntraining im Kontext der BGF die Reduktion der Muskelspannung angestrebt wird, sollten zukünftige Studien standardisierte Dehntrainingsprogramme mit geringem Zeitaufwand mit Myotonometer Messungen kombinieren⁶¹. Dies würde dazu beitragen, die Beziehung von Bewegungsreichweite und physiologischer Muskelspannung zu klären.

Insgesamt kann für das „five-Business“ Dehntraining resümiert werden, dass es effektiv zur Bewegungssteigerung beiträgt. Der vergleichsweise geringe Zeitaufwand ist ausreichend, um insbesondere bei unterdurchschnittlicher Flexibilität zu einem Gewinn an Bewegungsreichweite beizutragen. Da weder soziodemographische noch anthropometrische Faktoren signifikant die Bewegungsveränderungen beeinflussten, kann das „five-Business“ Dehntraining auch bei heterogen zusammengesetzten Kollektiven angewendet werden. Somit ist es als wirksame Dehnintervention als BGF Maßnahme für schreibtischgebundenen Büroangestellte einsetzbar. In Kombination mit den Fragebogenerhebungen zu MSE und Lebensqualität kann schließlich abgeschätzt werden, ob das „five-Business“ Dehntraining zur Gesunderhaltung der Mitarbeiter beiträgt.

3 Übersicht der zur Veröffentlichung angenommenen Manuskripte bzw. Publikationen

Artikel 1: Geteilte Erstautorenschaft

Holzgreve F, **Maltry L**, Lampe J, Schmidt H, Bader A, Rey J, Groneberg DA, van Mark A, Ohlendorf D. The office work and stretch training (OST) study: an individualized and standardized approach for reducing musculoskeletal disorders in office workers. *Journal of Occupational and Medical Toxicology* 2018;13(1):37. doi: 10.1186/s12995-018-0220-y.

Artikel 2: von der Fachzeitschrift zur Publikation angenommen

Fräulin L, Holzgreve F, Hänel J, Filmann N, Schmidt H, Bader A, Frei M, Groneberg DA, van Mark A, Ohlendorf D. A device-based stretch training for office workers resulted in increased range of motion especially at limited baseline flexibility. *Work*. 2020;Preprint:1-12.

METHODOLOGY

Open Access



The office work and stretch training (OST) study: an individualized and standardized approach for reducing musculoskeletal disorders in office workers

Fabian Holzgreve^{1†}, Laura Maltry^{1*†} , Jasmin Lampe¹, Helmut Schmidt², Andreas Bader³, Julia Rey⁴, David A. Groneberg¹, Anke van Mark¹ and Daniela Ohlendorf¹

Abstract

Background: Musculoskeletal disorders (MSD) are a common health problem in office workers. In Germany, MSD (mainly back pain related) are the main cause of workdays lost to incapacity. This is not only bothersome for the employees, but also causes higher costs for the health system and employers. Workplace health promotion programmes (WHPP) can help to reduce this as they reach large target groups and are easily accessible. In this context, stretch training exercises have already proven to be effective. In the present study, a new approach focusing on trunk extension is to be investigated.

Methods: To evaluate the training device “five-Business”, 250 office workers will train two times a week for 3 months. The control group will consist of 100 office employees. The device “five-Business” enables five different full body exercises. The intervention will be evaluated before week one and after week twelve via three assessments: a) the Short Form-36 (SF-36) to record the general health status and health-related quality of life, taking into account physical, psychological and social factors, b) the Nordic Questionnaire to evaluate complaints of the musculoskeletal system, c) Range of Motion (ROM) measurements using a digital inclinometer and a measuring tape respectively.

Conclusion: The “five-Business” combines elements of yoga and the McKenzie fundamentals, taking into account the Myers myofascial pathways in a highly torso-oriented, standardized stretching program. Due to the given exercise execution on the device and the individual adjustment possibilities of the stretching position (body size and range of motion) by the abutment, all exercises are individualized and standardized at the same time. In comparison to existing stretching interventions, this is a new approach in the framework of reducing musculoskeletal disorders and improving the quality of life in workplace health promotion.

Background

In industrial nations, the service sector is the dominant economic sector [1, 2], where the majority of working time is spent in a sitting position [3]. About 50% of the employees suffer from moderate pain and about 30% from severe back and neck pain [4, 5]. Risk factors include years spent in an office [6], gender [5–7], body mass index

(BMI) [7] and age [5–8]. The weighting of the influencing factors can vary depending on the cultural context, as observed in a comparison between Malaysian and Australian office workers [9]. If diseases of the musculoskeletal system (MSD) are not treated, this can ultimately lead to a greater number of work days lost to incapacity [6, 10–12]. One reason might be, that in physical therapy of MSD occupational factors are not consistently taken into account [13]. In Germany, MSD are the main cause of disability days [14, 15]. From 2011 to 2017, MSD-related diagnoses accounted for an average of 22% of all diagnoses [14]. These were mainly back pain related [15]. In the worst cases, these complaints can become chronic and the

* Correspondence: maltry@med.uni-frankfurt.de

†Fabian Holzgreve and Laura Maltry contributed equally to this work.

¹Institute of Occupational Medicine, Social Medicine and Environmental Medicine, Goethe- University, Theodor-Stern-Kai 7, Building 9a, 60596 Frankfurt am Main, Germany

Full list of author information is available at the end of the article



temporary inability to work can become an occupational disability. The high rate of MSD related absenteeism [14] is not only a burden for the employees, but also causes greater costs for employers and the health system. In 2016, the loss of gross value added caused by MSD in Germany amounted to 30.4 billion euros, which is equivalent to 1% of gross national income [16].

In the past, behavior oriented prevention and structural prevention in the form of WHPP appears to make sense, as they reach large target groups and are easily accessible [8, 17–19]. Usually these programmes pursue one of the following strategies: workplace optimisation, workplace policy changes (structural workflow, for example, standing meetings), provision of information (to improve lifestyle and physical activity levels) or multi-modal interventions [17, 20]. Interventions of this kind have been studied intensively. However, meta-analyses found only minor positive effects on physical activity [2, 8], reduction of sitting time [20], weight and lifestyle [8]. The study designs of the included studies were very inconsistent with regard to sample size ($n = 40$ –924), intervention period (9 weeks to 2 years) [8], grouping and target sizes. In total, younger volunteers (≤ 40 years) seemed to benefit more in these studies [8].

Although they are far less extensively studied, instructed stretching programmes at the workplace offer a more promising approach [12, 21–24]. For example, the research of Tunwattanapong et al. [21] demonstrated a reduction in neck and shoulder complaints (-1.4 ; 95% CI: $-2.2, -0.7$ using the visual analogue scale) and an improvement in quality of life (14.0; 95% CI: 7.1, 20.9 using the physical dimension of SF-36). However, to our knowledge, the investigated programs were neither standardized nor individualized, which could be important if a heterogeneous population, such as the many employees present in an office building, is to be reached. Therefore, a new and more global approach, the “five-Business” stretch training programme (“Five-Konzept”, Hüfingen, Germany), is presented in this study. Here, the exercises are executed on an adjustable wooden device (Fig. 1).

The objectives of the present study were to evaluate the “five-Business” stretch training programme in terms of its effects on ROM, its effectiveness in reducing MSD and its effects on the health-related quality of life.

“Five-Konzept”

Basically, the training method of “Five-Konzept” is a static and predominantly passive set of stretching exercises which is carried out on a special wooden device. Taking into account the course of the so-called myofascial pathways according to Myers [25], whole muscle chains are intensively stretched with isometric contraction. The focus of the exercise programme is on the musculature of the trunk, especially the extension of the spine, where the exercises partly resemble yoga positions.

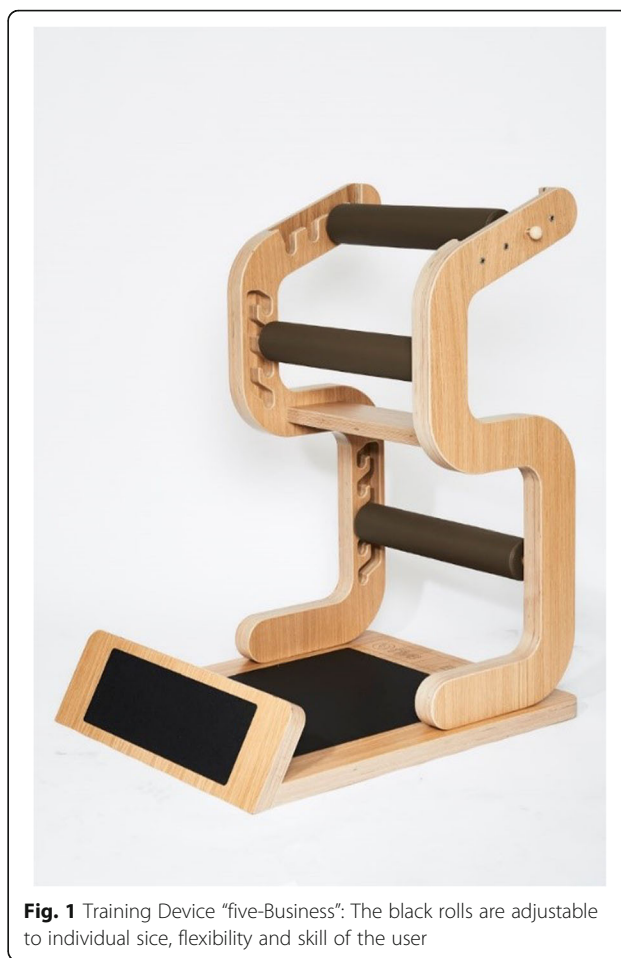


Fig. 1 Training Device “five-Business”: The black rolls are adjustable to individual size, flexibility and skill of the user

Since sitting usually involves flexion of the spine, these exercises can be seen as a counter-movement to sitting. This variable compression of the spinal discs improves their nutrition through diffusion [26]. For this reason, especially people with a sedentary lifestyle, such as office workers, can benefit from this programme.

Currently, this training method is mainly used by fitness providers throughout Germany, although no scientific studies of this new training concept have been published to date. However, it has already been shown that workplace-specific yoga training (Dru-Yoga) can contribute to the reduction of back pain and stress, as well as to the improvement of well-being (PANAS-X questionnaire) [27, 28]. The “five-Business” also includes the treatment in the trunk extension often recommended by McKenzie’s treatment concept [29, 30].

A special device (“five-Business” device, see Fig. 1) was developed for the application of the “Five-Konzept” in the context of WHPP. The device allows an individual setting for all exercises and summarizes the “Five-Konzept” validly.

Although the method is named “active muscle length training” rather than “stretching” by the provider, the authors decided to use the term stretching as, from a physiological point of view, this is the correct term.

Aims

Chronic disorders, as a result of persistent complaints in the sense of upper and low back pain, are often associated with mood disorders and a poorer quality of life [31].

This pilot study will evaluate the effectiveness of systematic stretch training exercises of the trunk in office workers at the workplace. The influence of the training on the quality of life, the muscular skeletal discomfort and the mobility of the stretched structures will be investigated. On the basis of these results, it can then be evaluated to what extent the training is suitable as a WHPP measure.

Hypotheses

Hypothesis 1

A systematic, occupation-specific and guided stretch training programme (“Five Konzept”) leads to an improvement of the quality of life.

Hypothesis 2

A systematic, occupation-specific and guided stretch training programme (“Five Konzept”) leads to a reduction of MSD, especially in the lower back area.

Hypothesis 3

A systematic, occupation-specific and guided stretch training programme (“Five Konzept”) leads to an increased mobility of the stretched structures.

Materials and methods

Subjects

Within the framework of the intervention control study, a total of 350 subjects aged between 18 and 65 years are to be measured, 250 of whom belong to the intervention group and a further 100 to the control group, the allocation being nonprobabilistic. All subjects work full-time at office workplaces. Exclusion criteria are subjects who have had relevant operations or who have surgical stiffening of the musculoskeletal system, relevant artificial joint replacement, severe diseases such as ankylosing spondylitis, chronic destructive joint diseases, multiple sclerosis, myodystrophic or neurodegenerative diseases, congenital malpositions of the musculoskeletal system or an acute herniated disc. In addition, the intake of muscle relaxants or other drugs that influence the elasticity of the musculature and pregnancy are considered contra indicators.

All participants will provide written informed consent to take part in the study in advance. The study is approved by the ethics committee of the Medical Faculty of the Landesärztekammer Baden-Württemberg (F-2017-073).

Recruitment

The program will be promoted via in-house e-mails from the health department of the respective company and, at

the same time, the possibility of registering for the study will be offered. The registration period is set for 2 weeks. Afterwards, all potential participants will be contacted by telephone to clarify the exclusion criteria and to divide them into intervention groups based on availability.

Intervention program

The intervention program “five-Business” has been designed by the commercial provider “Five-Konzept” (Hüfingen/Germany) for the implementation in company settings and for health promotion. All exercises are performed standing on one machine, wearing shoes (for safety reasons subjects were not allowed to wear heeled shoes > 5 cm) and in “working clothes” (Fig. 1). The dimensions of the device are 116 cm × 82 cm × 128 cm and the weight is 60 kg.

The subjects perform the following 5 exercises: (1) Stand, (2) Chest, (3) Ischio, (4) Hip and (5) Lateral.

1. Stand: In the exercise “stand”, knee, hip, lumbar spine and thoracic spine are extended to the maximum (Fig.2). The cervical spine, on the other hand, is flexed. Following the myofascial meridians after Myers [25], structures of the superficial frontal line (SFL) ((sternalis muscle), sternochondral fascia, rectus abdominis muscle, quadriceps femoris muscle in particular rectus femoris muscle and patellar tendon) are statically passively stretched. For the sake of completeness, a selection of structures of the deep frontal line (DFL), which are potentially strained due to the direction of movement, are listed below (endothoracic fascia, transversusthoracis muscle, pericardium, mediastinum, parietal pleura, diaphragm, anterior longitudinal ligament, sacral fascia, psoas muscle, iliac muscle, pectineus muscle, femoral triangle, medial intermuscular septum of the thigh, adductor brevis muscle and adductor longus muscle). By increasing the torque (e.g. by raising the arms), both the strain stress and the isometric contraction of the stretched musculature can be increased.
2. Chest: A back bend is carried out analogous to “Stand” and “Hip”. The abutment is positioned at the level of the shoulder blades; this brings the strain stress especially to the chest area. Structures of the deep frontal armline (DFA) [25] (minor pectoralis muscle, clavipectoral fascia, biceps brachii muscle, anterior edge of the radial periosteum, muscles of the ball of the thumb and radial collateral carpia), of the superficial frontal armline (SFA) [25] (pectoralis major muscle, latissimus dorsi muscle, septum intermusculare brachii mediale, flexors and carpal tunnel), the functional frontal



Fig. 2 All 5 exercises of the “five-Business”: exercises in the order of execution: 1) Stand, 2) Chest, 3) Ischio, 4) Hip and 5) Lateral

- line (FFL) [25] (pectoralis major muscle, rectus abdominis muscle and adductor longus muscle), as well as the upper SFL and DFL, are stretched. By actively returning the arms, the stretching stress in the chest area is increased so that the exercise can mainly be assigned to active static stretching.
3. Ischio: Static passive stretching of the entire superficial back line (SBL) [25] (galea aponeurotica, epicranial fascia, sacrolumbar fascia, erector spinae muscle, sacrotuberous ligament, ischiocrural musculature, gastrocnemius muscle, achilles tendon, plantar fascia and short toe flexors) is performed by extension in the ankle and knee joints, as well as flexion in the hip and spinal column.
 4. Hip: In principle, the same structures are used as for “Stand” (SFL/DFL). A special feature is the arbitrary isometric contraction of the agonists. This is ensured by strong pressing of the hung-up foot. The focus of the “Hip” exercise is on the strain on the hip-bending muscles and the associated structures.
 5. Lateral: During lateral flexion, passive static stretching is performed under consideration of the lateral line (LL) [25] (splenius capitis muscle, sternocleidomastoid muscle, intercostal internal/external muscle, obliquus internal/external muscle, gluteus maximus muscle, gluteus medius muscle, tensor fascia latae muscle, iliotibial tract, anterior ligament of the head of the fibula and the peroneus longus/previs muscles). The torque can be increased by elevating both arms or holding weights above the head. This results in both increased stretching stress and increased isometric contraction of the stretched musculature.

Questionnaires

Nordic questionnaire

The Nordic Questionnaire records complaints of the musculoskeletal system and was developed by Kuorinka et al. in 1987 [32]. It has been validated and is used internationally

in a wide variety of occupational groups such as administrative occupations [33–36], factory workers [37–40] or health professions [41–44]. Basically the Nordic Questionnaire asks general information, questions about the person, habits and work situation, but also provides overviews - divided into body regions - of the 7-day and 12-month prevalence of complaints, as well as the lifetime prevalence of complaints and functional impairments to date. Finally, it provides information on the focal points [1] neck, [2] shoulder and [3] lumbar spine in terms of the duration and frequency of complaints, impairment of work and leisure activities, as well as doctor consultation and the inability to work. This questionnaire is aimed at chronic and acute complaints of the musculoskeletal system, consisting of a 7-page survey which can be completed by ticking the appropriate box and which takes 15 to 20 min to complete.

Sf-36

The Short-Form-36 questionnaire (SF-36), developed by Ware and Sherbourne in 1992 in the United States [45], measures the general health status and health-related quality of life, taking into account physical, psychological and social factors. Currently, the SF-36 is widely used internationally [46–50]. The test residual reliability of the German version of the SF-36 varies over the individual subscales between $r = .67$ and $r = .85$. In a study with back pain patients ($n = 243$), the internal consistencies for all subscales were determined ($\alpha = .60-.93$) [51]. For the change sensitivity in lumbar back pain, low to moderate effect sizes are reported for the individual subscales (Standardized Effect Size (SES): (1).48; (2).13; (3) .20; (4) .39; (5).75; (6).28; (7).58; (8).21; (9)-.09; (10).32) [52]. The questionnaire responses are recorded as individual items and as sum scores, listed in a data table which serves as a basis for further statistical analysis.

Range of motion measurements

Range of Motion measurements are used to evaluate the effectiveness of the individual exercises with regard to changes in the stressed active and passive structures. The selection of the tests to be used are congruent with the

stretched muscle chains of the individual exercises (Fig. 1). Two different measuring methods are used to measure the degree of mobility: a measuring tape (exercises 3 & 5) [53–58] and a digital inclinometer (exercises 1, 2 & 4) [59–69]. The digital inclinometer (Model: Acumar™ DIGITAL INCLINOMETER Model ACU002 / Lafayette Instrument Company / Lafayette / USA) is equivalent to the goniometer in terms of measurement accuracy [60], but is also superior in some validation studies (interrater reliability ($r = .92$ to $r = .53$) [66], intrarater reliability [60, 67]. Antonaci and colleagues [59] recommend the use of a digital inclinometer in clinical investigations. Reliability studies for shoulder mobility report an intrarater correlation between ICC = .65 and ICC = .96 [62, 64, 68]. Intrarater correlations between $r = .89$ and $r = .94$ were found for cervical spine mobility [63]. For interrater reliability, correlations between ICC = .58 and ICC = .95 for the shoulder [62, 64, 65] and between $r = .81$ and $r = .84$ [63] for the cervical spine were given. For the responsivity of the shoulder, Valentine and Lewis [68] were able to determine measurement errors of 1.3° for external rotation, 2.3° for internal rotation, 4.8° for abduction and 3.9° for flexion, thus, changes from 5° - 10° can be measured. Furthermore, Kolber et al. [65] determined the smallest detectable interrater difference (MDC (90)) to be 8° (flexion), 4° (abduction), 9° (external rotation) and 8° (internal rotation).

The sports engine tests are listed according to the sequence of measurements to be carried out.

Shoulder test modified after Janda

This test is intended to show changes caused by the exercise “Chest”. In order to determine the mobility of the shoulder joint, especially of the pectoralis major muscle, the Janda examination is performed in a modified form [70]. In contrast to Janda, the elbow is stretched and the inclinometer is placed proximal to the processus styloideus radii on the radius. The measurement of the middle and upper sternal part of the pectoralis major muscle is carried out at approximately 90° abduction and rotated outside.

Modified Thomas test

The modified Thomas test is used to check for changes in flexibility in the hip-bending musculature. High interrater reliability ranges are given for the use of an inclinometer and goniometer have been determined ($r = .91$ – $.93$; ICC = $.89$ – $.92$). The intrarater parallel-forms reliability for the measurements made by the same examiner with both measuring instruments is $r = .89$ – $.92$; ICC = $.91$ – $.93$ [69]. In order to obtain valid results, the pelvic inclination must be controlled [71]. The pelvic inclination was standardized by placing the digital inclinometer from the anterior superior iliac spine downwards. In this position, the alignment of the pelvis is set to 0° . The inclinometer is then placed on the thigh, above the patella, to determine the joint angle.

Retroflexion of the trunk after Janda in the modified version

The retroflexion of the lumbar spine and thoracic spine, in particular, is checked by means of the modified retroflexion test according to Janda [70]. Since both ends of this range of motion are difficult to fix, angle measurement is only possible with difficulty. In order to counteract pelvic rotation in the sagittal plane, the pelvis was fixed to the treatment couch at the level of the posterior superior iliac spina with a tensioning strap. Furthermore, unlike Janda, the angle of the elbow is not used as a parameter for torso extension, but the position of the thoracic spine in the sagittal plane is determined by placing the inclinometer on the sternum.

Fingertip-to-floor test

The “fingertip-to-floor” test is used to evaluate the “Ischio” exercise. The aim is to assess the mobility of the back, both hips, the ischiocrural musculature and the neuromeningeal structures. The changes are measured using a conventional measuring tape. The reliability lies between $r = .76$ and $r = .99$ [53, 54, 56, 72] and shows a good sensitivity for changes [55].

Lateral inclination

The test of the lateral inclination evaluates the “Lateral” exercise. This is measured by the maximum lateral inclination with a standardized stand position. Sagittal fluctuations in the lateral inclination are eliminated by leaning the back against a wall. The lateral finger-to-ground distance is measured using a measuring tape [66].

Measurement protocol

The intervention study is scheduled to last 12 weeks. In the week before and the week after the study, the Range of Motion measurements and the surveys (Nordic Questionnaire and SF-36) will be carried out. For reasons of practicability, a randomization of the measurement sequence is deliberately omitted. The test persons complete the stretch training twice a week for approximately 10 min. Each exercise is held twice for 20 s; the time period is measured with a timer. The training is accompanied and controlled by trained trainer personnel throughout the intervention and only one-to-one supervision takes place. Where possible, attention is also paid to progressive load control; for this purpose, the training device is marked in advance so that the device setting and the stand position can be registered over the course of the training.

In order to be able to trace actual changes back to the intervention, the test persons must keep a training diary in order to identify influences from private physical activities. Since, over a total period of 14 weeks, including days for holidays, illness and business trips, it is not possible for office workers to participate consistently in training both during the study and in real working life.

Therefore, two goodwill appointments are offered so that at the end of the intervention period the test persons must have completed 22–24 training appointments. In the control group, the Range of Motion measurements and surveys (Nordic Questionnaire and SF-36) are carried out at 12-week intervals, analogously to the intervention group.

In order to achieve the most accurate measurement results possible, the measurements should always be carried out by the same experienced investigator [62, 73]. All measurements are performed three times, from which the mean value is calculated for further statistical analysis [74].

Evaluation criteria

The units of measurement are centimetres and degrees, as well as sum scores and information from the questionnaires according to the respective question.

Statistical data analysis

The statistics program “IBM SPSS Statistics 25” is used for the statistical evaluation. Firstly, all collected data are tested for normal distribution with the Kolmogoroff-Smirnoff-Lilliefors-Test.

For normally distributed data, the T-test is used for paired samples, whilst for non-normally distributed data, the Wilcoxon matched pairs test is used (hypotheses 1 & 3). Since the results of the Nordic Questionnaires are nominal or ordinal, the Chi-square test is used to test hypothesis 2 for independent group comparisons. In the pre-post comparison, the McNemar test for paired samples, or the Cochran-Q test for repeated measurements, is performed.

The independent T-test (normally distributed) and the Wilcoxon-Mann-Whitney-U-test (non-normally distributed, metric and ordinal) are used to compare the values between the intervention and control groups for metric values. The Chi-square test is used to check nominally scaled values.

Furthermore, correlations between complaints, changes in range of motion and quality of life, are to be tested. For this purpose, the Pearson correlation is performed for normally distributed values and the Spearman correlation for non-normally distributed values.

The statistical evaluation is carried out under the supervision and advice of Dr. J. Rey (Institute for Biostatistics and Mathematical Modelling of the Medical Department of the Goethe University Frankfurt).

Discussion

The combination of elements of yoga and the McKenzie fundamentals, taking into account the Myers myofascial pathways in a highly torso-oriented, standardized stretching program, could provide new approaches to reducing MSD and improving the quality of life in workplace health promotion [25, 27–30]. Device-supported mobility training is suitable for integration into everyday office life as it

can be carried out quickly and easily on a single device (TÜV tested). Due to the given exercise execution on the device and the individual adjustment possibilities of the stretching position (body size and range of motion) by the abutment, all exercises are individualized and standardized at the same time. Thus, it can also be used for heterogeneous groups in terms of physical proportions and capabilities. This is also an advantage over the stretching interventions evaluated so far [12, 21–24]. Shariat et al. [12, 23] evaluated 13 stretching exercises for the neck, shoulders and trunk, which were demonstrated in a video clip. After a two-week familiarization phase, the subjects trained three times a week with progressive exercise duration. A supervisor was available for questions and occasional monitoring. After eleven weeks, a reduction in pain in the trained areas, greater mobility and less perceived exertion could be observed. Using similar stretching exercises, Tunwattanapong et al. [21] also found positive effects in reducing neck pain and improving quality of life. However, the intervention group also received parallel instructions on ergonomic sitting. It is, therefore, unclear as to what influence the stretching had itself. However, the improvements observed were greater in subjects who had stretched at least three times a week than in those who had trained less frequently. In both interventions, the exercises were neither individualized nor standardized. In addition, a broad approach was chosen in both cases, taking into account not only the trunk but also the shoulders/arms and neck. The approach of a short, mainly torso-oriented stretching training exercise using myofascial muscle chains has not yet been investigated.

This stretch training exercise, developed for recreational sports, is now to be used within the framework of a WHPP to stretch muscle chains as a whole (especially in the trunk and hip area), which remain in a flexed position for several hours a day by sitting for long periods in a rigid, unfavorable manner. Despite the positive evidence described for the efficacy of similar stretching exercises, scientific studies have not found any connection between sitting per sé and low back pain [75] so far. Whether this also applies to other forms of MSD has not yet been clarified. Nevertheless, a concrete comparison of the known stretching techniques and the “five Business”, with regard to the influence on the quality of life and prevalence of MSD, should be sought in the future.

A main problem concerning the implementation of WHPP is the small number of participants in relation to the workforce addressed (2–60%) [8] and, also the long-term motivation of the employees. A device installed on site, that promotes an intuitive execution of the exercise and functions as a constantly present “reminder” of the training itself, could promote compliance. In further studies, it should be examined whether the “five-Business” is superior to conventional stretching in this respect. This could also depend on the individuals

psychosocial workplace risk, which can be assessed using the Short Questionnaire for Workplace Analysis (KFZA) [76]. Overall, as the physical constitution of office workers cannot be changed and the postural demands can not be significantly altered, it is advisable to optimize health prevention, such as has already been the case with exposure factors in physiotherapists [77] and musicians [78].

Limitations

An evaluation of the intervention, by means of the Range of Motion measurements, only records a change in mobility in the form of an altered movement amplitude. Through the application of the intervention, not only improvements in extensibility but also changes in strength, especially in isometric strength, can be expected. An effective measurement of the isometric maximum force is not planned for reasons of methodical implementation (material, temporal and spatial resources). Since the exercises Stand, Chest and Hip (with the exception of slightly different focal points) all include the back bend, no clear tests can be assigned to these exercises. Instead, in order to determine in which structure any changes occur, the hip and spine mobility in the extension direction is tested separately. Therefore, the modified Thomas test is used to examine the hip-bending musculature, while retroflexion of the trunk increasingly focuses on the mobility of the lumbar and thoracic spine. In addition to the modified shoulder test according to Janda, it should be noted that the determined joint angle includes the mobility of the elbow. This is particularly important in cases of muscular limitation of the elbow extension.

It should be noted that the muscle chains postulated by Myers have not yet been sufficiently investigated. Although there is strong evidence for SBL and FFL and moderate to strong evidence for LL, there is still no evidence for the existence of SFL [79].

When measuring mobility, the time of day plays a decisive role. Accordingly, the fingertip-to-floor distance decreases significantly in the course of the day [80]. A standardization of the time of day will only be possible approximately, in view of the availability of the office employees. Furthermore, an optimally standardized regular participation over a period of 3 months is not possible within the framework of such a study, since days lost due to the incapacity to work or to business or private travel cannot be avoided. Accordingly, the internal validity is not optimal. However, it should be noted at this point that no higher internal validity can be expected if the programme is implemented in the daily work of office employees. In this context motivation and experience of pain is unlikely to be homogenous in all subjects.

In the standardized Nordic Questionnaire, the 12-month pain prevalence is a fixed component. At this point, the query of the 3-month pain prevalence according to the

intervention period would increase the change sensitivity. However, a modification of the questionnaire would entail a new evaluation on the one hand, whilst, on the other hand, this would make a comparison with other study data more difficult.

Conclusion

This projects aims to provide health management departments information on whether a standardized and individualized stretch training exercise has an impact on MSD of the staff. Effective programs are necessary to reduce the high number of work days lost due to incapacity with MSD. Apart from the self reported MSD and quality of life, it is a further goal of this study to investigate if the training affects physiologically measurable ranges of motion. Based on these outcomes, health managers will obtain evidence-based information on which they can decide whether the program is suitable for their company.

Abbreviations

BMI: Body Mass Index; DFA: Deep Frontal Armline; DFL: Deep Frontal Line; FFL: Functional Frontal Line; LL: Lateral Line; MDC: Smallest detectable interrater difference; MSD: Musculoskeletal Disorders; ROM: Range of Motion; SBL: Superficial Back Line; SES: Standardized Effect Size; SF-36: Short Form 36; SFA: Superficial Frontal Armline; SFL: Superficial Front Line; WHPP: Workplace Health Promotion Programs

Acknowledgements

Wolf Harwarth from "Five Concept" contributed to the study protocol by introducing the authors to the training concept "FIVE Business".

Funding

There is no funding.

Availability of data and materials

Not applicable.

Authors' contributions

FH, LM and JL made substantial contributions to the conception and design of the manuscript. FH, LM, JL, DO, AVM made substantial contributions to the construction of the measurement protocol. HS and AB made substantial contributions to structural and executional aspects of the study protocol. JR has been involved in the statistical data analysis. All authors have read and approved the final manuscript.

Ethics approval and consent to participate

All participants will sign an informed consent to take part in the study in advance. The study is approved by the ethics committee of the Medical Faculty of the Landesärztekammer Baden-Württemberg (F-2017-073).

Consent for publication

Figures 1 and 2 were provided for publication by "FIVE Concepts" (Hüfingen, Germany).

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Author details

¹Institute of Occupational Medicine, Social Medicine and Environmental Medicine, Goethe- University, Theodor-Stern-Kai 7, Building 9a, 60596 Frankfurt am Main, Germany. ²Managing Director, Health and Safety, Daimler

AG, Stuttgart, Germany. ³Manager Corporate Health Promotion, Health and Safety, Daimler AG, Stuttgart, Germany. ⁴Institute of Biostatistics and Mathematical Modeling, Goethe-University, Frankfurt/Main, Germany.

Received: 9 November 2018 Accepted: 7 December 2018

Published online: 17 December 2018

References

1. Bundesamt S. Anteil des Dienstleistungssektors an der Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche in Deutschland von 1991 bis 2017 2018 [Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36153/umfrage/anteil-des-dienstleistungssektors-an-der-gesamten-bruttowertschoepfung/>].
2. Abraham C, Graham-Rowe E. Are worksite interventions effective in increasing physical activity? A systematic review and meta-analysis. *Health Psychol Rev*. 2009;3(1):108–44.
3. Ellegast RP, Kraft K, Groenesteijn L, Krause F, Berger H, Vink P. Comparison of four specific dynamic office chairs with a conventional office chair: impact upon muscle activation, physical activity and posture. *Appl Ergon*. 2012;43(2):296–307.
4. Shariat ATB, Arumugam M, Ramasamy R, Danaee M. Prevalence rate of musculoskeletal discomforts based on severity level among office workers. *Acta Medica Bulgarica*. 2016;43(1):54–63.
5. Janwantanakul P, Pensri P, Piamjarasrangri V, Sinsongsook T. Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occup Med (Lond)*. 2008;58(6):436–8.
6. Ye S, Jing Q, Wei C, Lu J. Risk factors of non-specific neck pain and low back pain in computer-using office workers in China: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2017;7(4):e014914.
7. Shariat A, Cardoso JR, Cleland JA, Danaee M, Ansari NN, Kargarfarid M, et al. Prevalence rate of neck, shoulder and lower back pain in association with age, body mass index and gender among Malaysian office workers. *Work (Reading, Mass)*. 2018;60(2):191–9.
8. Rongen A, Robroek SJ, van Lenthe FJ, Burdorf A. Workplace health promotion: a meta-analysis of effectiveness. *Am J Prev Med*. 2013;44(4):406–15.
9. Maakip I, Keegel T, Oakman J. Predictors of musculoskeletal discomfort: a cross-cultural comparison between Malaysian and Australian office workers. *Appl Ergon*. 2017;60:52–7.
10. Celik S, Celik K, Dirimese E, Tasdemir N, Arik T, Buyukkara I. Determination of pain in musculoskeletal system reported by office workers and the pain risk factors. *Int J Occup Med Environ Health*. 2018;31(1):91–111.
11. Jun D, Zoe M, Johnston V, O'Leary S. Physical risk factors for developing non-specific neck pain in office workers: a systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ Health*. 2017;90(5):373–410.
12. Shariat A, Mohd Tamrin SB, Arumugam M, Danaee M, Ramasamy R. Office exercise training to reduce and prevent the occurrence of musculoskeletal disorders among office workers: a hypothesis. *Malays J Med Sci*. 2016;23(4):54–8.
13. Oswald W, Hutting N, Engels JA, Bart Staal J, der Sanden MWG N-v, Heerkens YF. Work participation of patients with musculoskeletal disorders: is this addressed in physical therapy practice? *J Occup Med Toxicol*. 2017;12(1):27.
14. Anteile der zehn wichtigsten Krankheitsarten an den Arbeitsunfähigkeitstagen in Deutschland in den Jahren 2011 bis 2017 [Internet]. 2018 [cited 04.09.2018]. Available from: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/77239/umfrage/krankheit%2D%2D-hauptursachen-fuer-arbeitsunfaehigkeit/>.
15. Marschall Jörg HS, Hanna S, Hans-Dieter N. Gesundheitsreport 2017. Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten. Hamburg: DAK. p. 2017.
16. (BAuA) BfAuA. Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2016. 2018.
17. Shrestha N, Kukkonen-Harjula KT, Verbeek JH, Ijaz S, Hermans V, Pedisic Z. Workplace interventions for reducing sitting at work. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;6:CD010912.
18. Mehmood A, Maung Z, Consunji RJ, El-Menyar A, Peralta R, Al-Thani H, et al. Work related injuries in Qatar: a framework for prevention and control. *J Occup Med Toxicol*. 2018;13:29.
19. Mette J, Velasco Garrido M, Harth V, Preisser AM, Mache S. "It's still a great adventure" - exploring offshore employees' working conditions in a qualitative study. *J Occup Med Toxicol*. 2017;12:35.
20. Backé E-M, Kreis L, Latta U. Interventionen am Arbeitsplatz, die zur Veränderung des Sitzverhaltens anregen. *Arbeitsschutz und Ergonomie: Zentralblatt für Arbeitsmedizin*; 2018.
21. Tunwattanapong P, Kongkasuwan R, Kuptniratsaikul V. The effectiveness of a neck and shoulder stretching exercise program among office workers with neck pain: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(1):64–72.
22. Mothna MF, Naji L. Benefits of exercise training for computer-based staff: a Meta analyses. *Int J Kinesiology Sports Sci*. 2017;5(2):16–23.
23. Shariat A, Lam ET, Kargarfarid M, Tamrin SB, Danaee M. The application of a feasible exercise training program in the office setting. *Work (Reading, Mass)*. 2017;56(3):421–8.
24. Caputo GM, Di Bari M, Naranjo OJ. Group-based exercise at workplace: short-term effects of neck and shoulder resistance training in video display unit workers with work-related chronic neck pain—a pilot randomized trial. *Clin Rheumatol*. 2017;36(10):2325–33.
25. Myers TW. *Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapists*: Elsevier; 2014.
26. Urban JPG, Smith S, Fairbank JCT. Nutrition of the intervertebral disc. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(23):2700–9.
27. Hartfiel N, Burton C, Rycroft-Malone J, Clarke G, Havenhand J, Khalsa SB, et al. Yoga for reducing perceived stress and back pain at work. *Occup Med (Lond)*. 2012;62(8):606–12.
28. Hartfiel N, Clarke G, Havenhand J, Phillips C, Edwards RT. Cost-effectiveness of yoga for managing musculoskeletal conditions in the workplace. *Occup Med (Lond)*. 2017;67(9):687–95.
29. McKenzie R, May S. *The Lumbar Spine Mechanical Diagnosis & Therapy*: Spinal Publications New Zealand; 2003.
30. Saner-Bissig J. McKenzie - mechanische Diagnose und Therapie: 3 Tabellen: Thieme; 2007.
31. Roux C, Guillemin F, Boini S, Longuetaud F, Arnault N, Hercberg S, et al. Impact of musculoskeletal disorders on quality of life: an inception cohort study. *Ann Rheum Dis*. 2005;64(4):606–11.
32. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sorensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*. 1987;18(3):233–7.
33. Ayanniyi O, Ukpai BO, Adeniyi AF. Differences in prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among computer and non-computer users in a Nigerian population: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:177.
34. Johansson JÅ. Work-related and non-work-related musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*. 1994;25(4):248–51.
35. Malinska M, Bugajska J. The influence of occupational and non-occupational factors on the prevalence of musculoskeletal complaints in users of portable computers. *Int J Occup Saf Ergon*. 2010;16(3):337–43.
36. Piranveyseh P, Motamedzade M, Osatuke K, Mohammadfam I, Moghimbeigi A, Soltanzadeh A, et al. Association between psychosocial, organizational and personal factors and prevalence of musculoskeletal disorders in office workers. *Int J Occup Saf Ergon*. 2016;22(2):267–73.
37. Bläder S, Barck-Holst U, Danielsson S, Ferhm E, Kalpamaa M, Leijon M, et al. Neck and shoulder complaints among sewing-machine operators: a study concerning frequency, symptomatology and dysfunction. *Appl Ergon*. 1991;22(4):251–7.
38. Chakrabarty S, Sarkar K, Dev S, Das T, Mitra K, Sahu S, et al. Impact of rest breaks on musculoskeletal discomfort of Chikan embroiderers of West Bengal, India: a follow up field study. *J Occup Health*. 2016;58(4):365–72.
39. Nejad NH, Choobineh A, Rahimifard H, Haidari HR, Tabatabaei SH. Musculoskeletal risk assessment in small furniture manufacturing workshops. *Int J Occup Saf Ergon*. 2013;19(2):275–84.
40. Williams NR, Dickinson CE. Musculoskeletal complaints in lock assemblers, testers and inspectors. *Occup Med*. 1997;47(8):479–84.
41. Chanchai W, Songkham W, Ketsomporn P, Sappakitchanchai P, Siri Wong W, Robson MG. The Impact of an Ergonomics Intervention on Psychosocial Factors and Musculoskeletal Symptoms among Thai Hospital Orderlies. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13:5.
42. Liss GM, Jesin E, Kusiak RA, White P. Musculoskeletal problems among Ontario dental hygienists. *Am J Ind Med*. 1995;28(4):521–40.
43. Ramadan PA, Ferreira M Jr. Risk factors associated with the reporting of musculoskeletal symptoms in workers at a laboratory of clinical pathology. *Ann Occup Hyg*. 2006;50(3):297–303.
44. Shadmehr A, Haddad O, Azarnia S, Sanamlo Z. Disorders of the musculoskeletal system among Tehran, Iranian Dentists. *J Musculoskelet Pain*. 2014;22(3):256–9.
45. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992;30(6):473–83.
46. Arian M, Mirmohammadkhani M, Ghorbani R, Soleimani M. Health-related quality of life (HRQoL) in beta-thalassemia major (beta-TM) patients assessed by 36-item short form health survey (SF-36): a meta-analysis. *Qual Life Res*. 2018.
47. Gong QF, Tu L, Zhou L, Chen H. Associations between dietary factors and self-reported physical health in Chinese scientific workers. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(12):16060–9.

48. Graves JM, Fulton-Kehoe D, Jarvik JG, Franklin GM. Early imaging for acute low back pain: one-year health and disability outcomes among Washington state workers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(18):1617–27.
49. Gross DP, Algami FS, Niemeläinen R. Reference values for the SF-36 in Canadian injured workers undergoing rehabilitation. *J Occup Rehabil*. 2015;25(1):116–26.
50. Lu CH, Wang PX, Lei YX, Luo ZC. Influence of health-related quality of life on health service utilization in Chinese rural-to-urban female migrant workers. *Health Qual Life Outcomes*. 2014;12:121.
51. Morfeld M, Kirchberger I, Bullinger M. SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Deutsche Version des Short Form-36 Health Survey; 2011.
52. Cieza A, Ewert T, Ustun TB, Chatterji S, Kostanjsek N, Stucki G. Development of ICF Core Sets for patients with chronic conditions. *J Rehabil Med*. 2004(44 Suppl):9–11.
53. Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther*. 1990;70(7):443–7.
54. Gill K, Krag MH, Johnson GB, Haugh LD, Pope MH. Repeatability of four clinical methods for assessment of lumbar spinal motion. *Spine*. 1988;13(1):50–3.
55. Heikkilä S, Viitanen JV, Kautiainen H, Kauppi M. Sensitivity to change of mobility tests; effect of short term intensive physiotherapy and exercise on spinal, hip, and shoulder measurements in spondyloarthropathy. *J Rheumatol*. 2000;27(5):1251–6.
56. Kippers V, Parker AW. Toe-touch test. A measure of its validity. *Phys Ther*. 1987;67(11):1680–4.
57. Merritt JL, McLean TJ, Erickson RP, Offord KP. Measurement of trunk flexibility in normal subjects: reproducibility of three clinical methods. *Mayo Clin Proc*. 1986;61(3):192–7.
58. Spallek M, Kuhn W. Funktionsorientierte körperliche Untersuchungssystematik: die fokus-Methode zur Beurteilung des Bewegungsapparates in der Arbeits- und Allgemeinmedizin: ecomed Medizin; 2009.
59. Antonaci F, Ghirmal S, Bono G, Nappi G. Current methods for cervical spine movement evaluation: a review. *Clin Exp Rheumatol*. 2000;18(2 Suppl 19):S45–52.
60. Bierma-Zeinstra SM, Bohnen AM, Ramlal R, Ridderikhoff J, Verhaar JA, Prins A. Comparison between two devices for measuring hip joint motions. *Clin Rehabil*. 1998;12(6):497–505.
61. Clapis PA, Davis SM, Davis RO. Reliability of inclinometer and goniometric measurements of hip extension flexibility using the modified Thomas test. *Physiother Theory Pract*. 2008;24(2):135–41.
62. Green S, Buchbinder R, Forbes A, Bellamy N. A standardized protocol for measurement of range of movement of the shoulder using the Plurimeter-V inclinometer and assessment of its intrarater and interrater reliability. *Arthritis Care Res*. 1998;11(1):43–52.
63. Hole DE, Cook JM, Bolton JE. Reliability and concurrent validity of two instruments for measuring cervical range of motion: effects of age and gender. *Man Ther*. 1995;1(1):36–42.
64. Hoving J, Buchbinder R, Green S, Forbes A, Bellamy N, Brand C, et al. How reliably do rheumatologists measure shoulder movement? *Ann Rheum Dis*. 2002;61(7):612–6.
65. Kolber MJ, Saltzman SB, Beekhuizen KS, Cheng MS. Reliability and minimal detectable change of inclinometric shoulder mobility measurements. *Physiother Theory Pract*. 2009;25(8):572–81.
66. Petherick M, Rheault W, Kimble S, Lechner C, Senear V. Concurrent validity and intertester reliability of universal and fluid-based goniometers for active elbow range of motion. *Phys Ther*. 1988;68(6):966–9.
67. Rheault W, Miller M, Nothnagel P, Straessle J, Urban D. Intertester reliability and concurrent validity of fluid-based and universal goniometers for active knee flexion. *Phys Ther*. 1988;68(11):1676–8.
68. Valentine RE, Lewis JS. Intraobserver reliability of 4 physiologic movements of the shoulder in subjects with and without symptoms. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(9):1242–9.
69. Vigotsky AD, Lehman GJ, Beardsley C, Contreras B, Chung B, Feser EH. The modified Thomas test is not a valid measure of hip extension unless pelvic tilt is controlled. *PeerJ*. 2016;4:e2325.
70. Smolenski UC, Buchmann J, Beyer L, Harke G, Pahnke J, Seidel W. Janda Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik: Theorie und Praxis - 5., komplett überarbeitete Auflage: Elsevier Health Sciences Germany; 2016.
71. Smidt N, van der Windt DA, Assendelft WJ, Mourits AJ, Deville WL, de Winter AF, et al. Interobserver reproducibility of the assessment of severity of complaints, grip strength, and pressure pain threshold in patients with lateral epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(8):1145–50.
72. Perret C, Poiraudou S, Fermanian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(11):1566–70.
73. Riddle DL, Rothstein JM, Lamb RL. Goniometric reliability in a clinical setting. Shoulder measurements. *Phys Ther*. 1987;67(5):668–73.
74. Low JL. The reliability of joint measurement. *Physiotherapy*. 1976;62(7):227–9.
75. Hartvigsen J, Leboeuf-Yde C, Lings S, Corder EH. Is sitting-while-at-work associated with low back pain? A systematic, critical literature review. *Scand J Public Health*. 2000;28(3):230–9.
76. Appel P, Schuler M, Vogel H, Oezelsel A, Faller H. Short questionnaire for workplace analysis (KFZA): factorial validation in physicians and nurses working in hospital settings. *J Occup Med Toxicol*. 2017;12(1):11.
77. Girbig M, Freiberg A, Deckert S, Druschke D, Kopkow C, Nienhaus A, et al. Work-related exposures and disorders among physical therapists: experiences and beliefs of professional representatives assessed using a qualitative approach. *J Occup Med Toxicol*. 2017;12:2.
78. Ohlendorf D, Wanke EM, Filmann N, Groneberg DA, Gerber A. Fit to play: posture and seating position analysis with professional musicians - a study protocol. *J Occup Med Toxicol*. 2017;12:5.
79. Wilke J, Krause F, Vogt L, Banzer W. What is evidence-based about myofascial chains: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(3):454–61.
80. Ensink FB, Saur PM, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: influence of time of day and individual factors on measurements. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(11):1339–43.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



A device-based stretch training for office workers resulted in increased range of motion especially at limited baseline flexibility

L. Fräulin^{a,*}, F. Holzgreve^a, J. Hänel^a, N. Filmann^b, H. Schmidt^c, A. Bader^c, M. Frei^d,
D. A. Groneberg^a, A. van Mark^a and D. Ohlendorf^a

^a*Institute for Occupational Medicine, Social Medicine and Environment Medicine, Goethe-University Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany*

^b*Institute for Biostatistics and Mathematical Modelling, Center for Health Sciences, Goethe-University Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany*

^c*Health & Safety, Daimler AG, Stuttgart, Germany*

^d*Works Medical Service, Mercedes-Benz AG, Rastatt, Germany*

Received 23 January 2020

Accepted 20 August 2020

Abstract.

BACKGROUND: It is unclear whether and under which conditions stretch training programs lead to gains in flexibility when applied in work health promotion for office workers in order to reduce musculoskeletal disorders (MSD).

OBJECTIVE: The aim of this study was to analyze whether the stretch training “five-Business” leads to gains in range of motion (ROM). Furthermore, the influence of baseline flexibility and socio-demographic factors (sex, age, weight, height and body mass index (BMI)) on trainability was assessed.

METHODS: 161 office workers ($n=45$ female; $n=116$ male) without major MSD were recruited. Over three months, a standardized static stretch training (“five-Business”) was executed on a device, supervised twice per week for 10 min. ROM was assessed using a digital inclinometer (shoulder, hip and trunk extension) and a tape measure (fingertip-to-floor and lateral inclination).

RESULTS: ROM gains ($p \leq 0.001$) were present in all tests, except for the hip extension. ROM changes correlated moderately (0.24–0.62) with the baseline flexibility ($p \leq 0.001$). Subjects with limited flexibility reached the largest gains (1.41–25.33%). Regarding the socio-demographic factors only one low correlation occurred (weight - retroflexion; -0.177).

CONCLUSION: The “five-Business” stretch training effectively increases ROM in office workers, especially when baseline flexibility is limited.

Keywords: Musculoskeletal disorders, desk worker, occupational medicine

1. Introduction

Stretch training programs are used in work health promotion programs (WHPP) to reduce musculoskeletal disorders (MSD) in office workers [1–3]. MSD, especially back pain, are a common health problem in this population [4–6] and has been

*Address for correspondence: Laura Fräulin, Institute for Occupational Medicine, Social Medicine and Environment Medicine, Goethe-University Frankfurt, Theodor-Stern-Kai 7, House 9b, 60590 Frankfurt am Main, Germany. Tel.: +49 69 63017610; Fax: +49 69 63016621; E-mails: Maltry@med.uni-frankfurt.de; fraeulin@med.uni-frankfurt.de.

37 associated to prolonged static sitting [7]. In this work- 89
38 ing environment, back pain has been associated with 90
39 muscle tightness [5] and limited range of motion 91
40 (ROM) [8]. However, it has been proposed that this 92
41 can be addressed through stretch training programs 93
42 [9, 10]. The most effective approach for increasing 94
43 ROM is static stretching [11], in which the muscu- 95
44 lotendinous units are held in an elongated position 96
45 for 15–30 sec in order to reduce muscle tightness [2, 97
46 12]. Muscle tightness can be caused by neuronally 98
47 activated spasms and contractions or passively by 99
48 postural adaptations [9]. 100

49 Current evidence supports the assumption that 101
50 stretch training programs can reduce MSD in office 102
51 workers [3, 8, 14, 15]. In these studies, the authors 103
52 usually evaluate the intervention via questionnaires 104
53 [8, 16–18], such as the visual analog scale (VAS) 105
54 [8, 17] or the Corlett-Bishop body map [14, 16]. 106
55 Tunwattanapong et al. [8], for example, combined 107
56 instructions for ergonomic posture with a stretch 108
57 training program for the neck, shoulders and trunk, 109
58 which the subjects were instructed to perform twice 110
59 a day for 10–15 min. The training program was not 111
60 equipment supported and presented to the partici- 112
61 pants in a brochure. In both VAS (–1.4; 95% CI: 113
62 –2.2, –0.7) and the physical sum scale of the Short 114
63 Form-36 (14.0; 95% CI: 7.1, 20.9) improvements in 115
64 the number of neck and shoulder complaints were 116
65 demonstrated. 117

66 In the context of WHPP it is nevertheless rarely 118
67 assessed whether stretch training programs actu- 119
68 ally lead to an increase in flexibility [8, 9]. For 120
69 example, questionnaires reporting the pain intensi- 121
70 ty in the neck, shoulders and lower back (Cornell 122
71 Musculoskeletal Discomfort Questionnaire) and per- 123
72 ceived exertion (Borg CR-10 scale) were combined 124
73 with a ROM assessment via a goniometer on the 125
74 neck, shoulders, hips and knees [15]. The stretch 126
75 training consisted of 13 exercises which had to be 127
76 executed three times per day (10–15 min per ses- 128
77 sion, resulting in 30–45 min in total per day) for 129
78 11 weeks. The results showed that pain and ROM 130
79 improved in all assessed regions (effect sizes: partial 131
80 η^2 0.299–0.942) [15]. 132

81 This frequency in training is common in the cur- 133
82 rent literature where subjects stopped working twice 134
83 [8] or three times [18] per day for 10–15 min, or 135
84 even up to ten very short breaks per hour [17]. From 136
85 the employers' point of view, the movement breaks 137
86 should be kept short and few in order to save working 138
87 time. If a WHPP is associated with a considerably 139
88 high loss of actual working time, it is unlikely to 140

be implemented, even though it may be effective [19].

Office workers, naturally, are heterogeneous in terms of age, body weight, height and body mass index (BMI) [20]. Since it has been shown that sex, age and BMI affect the risk for MSD [6, 21], these parameters might as well influence the response to a stretch training. It can also be assumed that participants with higher muscle tension and, therefore, limited ROM [22], would profit most from stretch training, while those with higher flexibility would respond less. Based on the current study situation, it is however unclear if a stretch training is equally effective for all employees, or whether such measures are more suitable for subjects with certain physical conditions (e.g. high BMI or relatively low flexibility).

The first aim of the present study was to assess whether a static stretch training program leads to an increase in ROM in office workers. Regarding the feasibility of the training as a WHPP, we chose a relatively low training frequency (twice per week, for 10 min each) over a period of three months. Secondly, we aim to analyze age, sex, weight, height, BMI and baseline flexibility as possible influencing factors on the trainability. In order to get reliable results, it needs to be ensured, that the training intensity is comparable in all subjects. This can be achieved using the “five-Business” stretch training, which consists of five static stretching exercises executed on a single device (Fig. 1). Here, a standardized execution is ensured, since wooden struts determine the stretch position. These struts can be adjusted according to body size and flexibility allowing for an individual customization for each subject. Based on the results, occupational health managers can decide whether and for whom this stretch training program is suitable.

2. Methods

2.1. Subjects

A total of 216 ($n = 79$ female; $n = 137$ male) adult subjects volunteered to participate in this intervention study. 25.5% ($n = 55$ total; $n = 21$ female; $n = 34$ male) left the study as drop-outs, mostly because they could not integrate the training twice into their working week. This was due to frequent business trips, part-time work or long holidays. 161 participants ($n = 45$ female; $n = 116$ male) completed the study successfully. Subjects were recruited from an

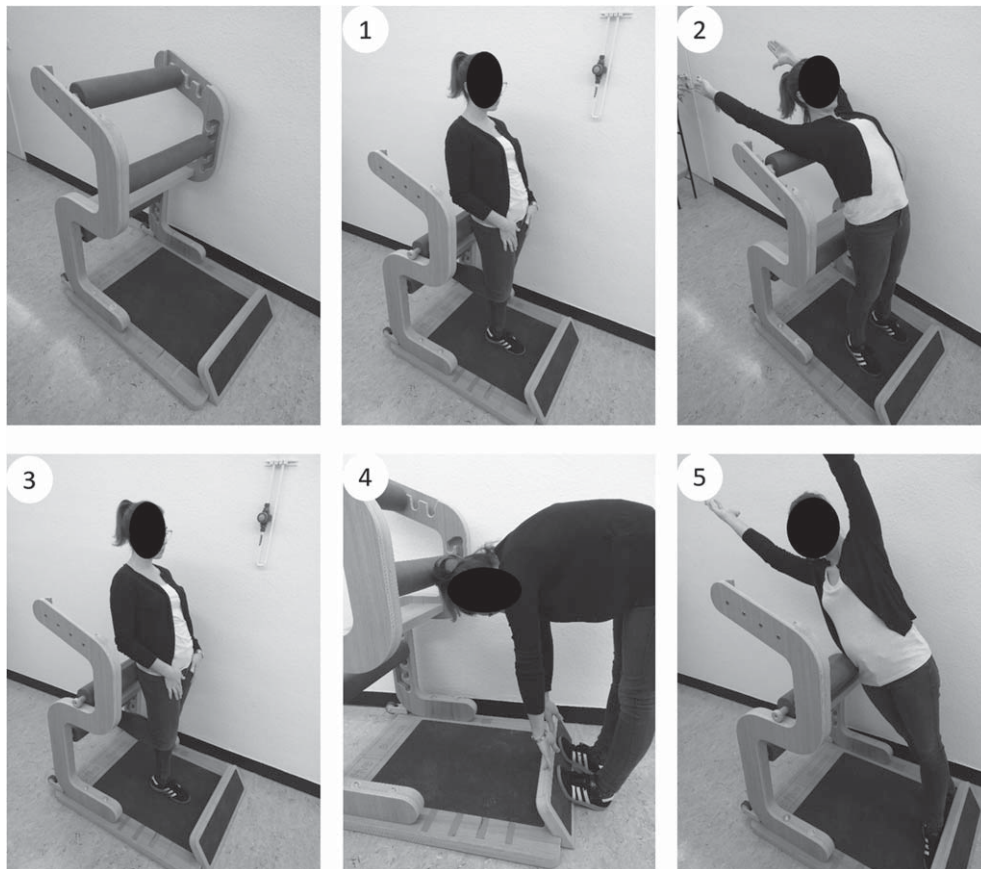


Fig. 1. The “five-Business” training: The device “five-Business” (left) and all 5 exercises performed on the device in exercise order. 1) Stand, 2) Chest, 3) Ischio, 4) Hip and 5) Lateral (right).

137 office building in the automotive industry in Stuttgart,
 138 Germany. In total, 1958 employees who worked in
 139 the four-story building received a PowerPoint pre-
 140 sentation via email two months prior to the study, in
 141 which the study and the potential health benefits of
 142 the training were explained. Healthy employees as
 143 well as employees with mild musculoskeletal com-
 144 plaints aged 18–65 years were addressed. Interested
 145 employees contacted the study directors via email or
 146 telephone and arranged an appointment for the base-
 147 line testing. All other training appointments for the
 148 upcoming 12 weeks and the post-test were also suc-
 149 cessively scheduled. 8.22% of the primarily contacted
 150 employees completed the study.

151 Exclusion criteria were: relevant surgeries/surgical
 152 stiffening of relevant joints, relevant artificial joint
 153 replacement, severe diseases such as Bechterew’s dis-
 154 ease, chronic destructive joint diseases, multiple scler-
 155 osis, myodystrophic or neurodegenerative diseases,
 156 congenital malpositions of the musculoskeletal sys-
 157 tem, acute herniated disc, intake of muscle relaxants

or other medications that influence the elasticity of
 the muscles and pregnancy.

Written informed consent was obtained by all par-
 ticipants. A positive ethics recommendation from
 the Medical Association of Baden-Württemberg (F-
 2017-073) was obtained.

2.2. The intervention program

The intervention program “five-Business” has
 been designed by the commercial provider Five-
 Konzept (Hüfingen, Germany) for the implementa-
 tion in WHPPs. The program contains five stretching
 exercises of the trunk in different degrees of free-
 dom on a specially developed device (Fig. 1). All
 exercises can be performed in business clothing. The
 device offers the opportunity to adjust the struts to
 the subjects’ individual anthropometry. At the same time
 a standardized exercise execution is ensured. Each
 exercise was held twice for 20 sec, with the subjects
 being able to choose their own break duration. One

177 training session took a maximum of 10 min. In the
178 period of three months, 22–24 sessions had to be
179 completed as the intervention was scheduled for a
180 time frame of 12 weeks by training twice a week.
181 As the study took place in a regular office, where
182 employees go on holidays or business trips, a two
183 week break from training was allowed. Missed ses-
184 sions could be made up for by training three times per
185 week after the vacation. Four devices were strategi-
186 cally placed on the first and third floor (two devices in
187 one training area) of the four story building, ensuring
188 short distances for each participant. On both floors
189 an experienced trainer supervised the correct execu-
190 tion of the stretching. The training area was framed
191 by a portable 1.60 m high wall. If subjects missed a
192 training session, they would be contacted via email
193 to schedule a new appointment.

194 In the “five-Business” program the positions had
195 to be held statically by the stretched musculature,
196 requiring light isometric contractions. Taking into
197 account the course of the myofascial pathways, whole
198 muscle chains were stretched [25]. The training
199 focused on the muscles of the trunk and, in particular,
200 the extension of the spine. The exercises partly resem-
201 bled yoga positions. In addition, the “five-Business”
202 included the trunk extension, a treatment frequently
203 recommended by McKenzie and May [26].

204 2.3. Range of motion tests

205 Evaluation was carried out by means of ROM tests
206 (see Fig. 2), which were chosen because of their
207 congruency to the addressed musculature by the five
208 stretching exercises. Sufficient descriptions of these
209 tests can be found in Holzgreve et al. [27]. In the lat-
210 eral inclination, the distances between fingertip and
211 floor were calculated relative to body height (distance
212 (cm)/body height (cm)) and are therefore displayed
213 without unit.

214 Two different measurement devices were used to
215 measure flexibility. A digital inclinometer was used
216 for the angle measurement in the shoulder test, mod-
217 ified after Janda [28], the modified Thomas test [29]
218 and the retroflexion of the trunk, modified after Janda
219 [28]. Specifically, the Acumar™ digital inclinome-
220 ter Model ACU002 (Lafayette Instrument Company,
221 Lafayette, USA) was chosen. This device displays
222 integers which leads to an absolute measurement
223 error of 0.3° . For the fingertip-to-floor test [30]
224 and the lateral inclination [31], a tape measure was
225 applied. The custom made tape measure was gradu-
226 ated in 0.1 cm increments.

227 2.4. Statistical analysis

228 To test for normal distribution, the Kolmogoroff-
229 Smirnov test with Lilliefors correction was used.
230 As the vast majority of baseline and post data were
231 normally distributed, parametric tests were chosen.
232 To test whether a subjects' ROM changed, a *t*-test
233 for paired samples was performed including effect
234 sizes according to Cohen ($d=0.2$ low effect; $d=0.5$
235 medium effect; $d=0.8$ strong effect) [32].

236 In order to analyze whether socio-demographic
237 factors or baseline data influence trainability, cor-
238 relations were performed. For age, weight, height,
239 BMI and baseline data Spearman correlations were
240 calculated against baseline-post differences, since
241 the majority of the difference data was not nor-
242 mally distributed. Also correlations between the
243 socio-demographic data and the baseline data were
244 performed (Pearson correlations, since the major-
245 ity of the baseline data was normally distributed).
246 The influence of the subjects' sex on trainability and
247 baseline data was assessed using the Mann-Whitney
248 U test.

249 To further characterize the intervention group, sub-
250 jects were respectively clustered into three subgroups
251 for each test. In subgroups “limited”, all participants
252 were included whose pre-tests results laid below the
253 25th percentile. Subgroups “average” included all
254 participants with baseline data between the 25th and
255 the 75th percentile. Subgroups “advanced” included
256 all participants whose baseline results laid above the
257 75th percentile. These three subgroups were conse-
258 quently calculated for each test. Here, baseline-post
259 differences, effect sizes and relative changes from
260 baseline as well as socio-demographic analyses on
261 sex, age, weight, height and BMI were calculated
262 for each subgroup, respectively. To further analyze
263 the trainability of the subgroups, baseline-post dif-
264 ferences were additionally checked by means of
265 ANOVA with a Tamhane-correction since the vast
266 majority of data were normally distributed. The
267 significance level was $\alpha=0.05$ and all tests were per-
268 formed two-sidedly. All tests were performed using
269 SPSS Statistics for Windows version 26 (IBM Corp.,
270 Armonk, NY, USA).

271 3. Results

272 Subjects on average \pm SD were 44.81 ± 10.55
273 years old, 1.76 ± 0.09 m tall, weighed $78.03 \pm$
274 15.11 kg and had a BMI of 25.03 ± 3.92 kg/m².



Fig. 2. ROM tests: Tests (a), (b) and (c) are performed with a digital inclinometer. In a) the inclinometer is held on the stiloideus radii, in b) proximal to the patella and in c) on the proximal part of the sternum. For d) and e), a tape measure is used between the fingertips and the floor. All tests are repeated three times to rule out acute effects.

275 *T*-tests on the whole intervention group revealed
 276 highly significant gains in flexibility in four out
 277 of five ROM tests, when comparing baseline
 278 and post data (Table 1). The mean differences
 279 showed that subjects experienced gains in ROM
 280 in the shoulder test (right: $2.1 \pm 7.7^\circ$, $p=0.001$,
 281 $d=0.24$; left: $2.7 \pm 10.11^\circ$, $p=0.001$, $d=0.26$), the
 282 retroflexion of the trunk modified after Janda
 283 ($5.4 \pm 8.6^\circ$, $p<0.001$, $d=0.62$), the fingertip-to-
 284 floor test (-1.9 ± 4.0 cm, $p<0.001$, $d=0.46$) and in
 285 the lateral flexion (right: -0.004 ± 0.01 , $p=0.002$,
 286 $d=0.25$; left: -0.004 ± 0.01 , $p<0.001$, $d=0.33$).
 287 Note that in the fingertip-to-floor test and in the lateral

inclusion, negative differences are positive as the
 288 distance to the floor decreases with greater flexibil-
 289 ity. In the Thomas test, subjects showed decreases in
 290 flexibility (right: $-2.1 \pm 4.5^\circ$, $p<0.001$, $d=0.43$; left:
 291 $-1.2 \pm 4.7^\circ$, $p=0.001$, $d=0.26$). In all tests, the effect
 292 sizes showed low to medium effects ($d=0.24-0.62$).
 293

3.1. Influences on trainability

294
 295 Spearman correlations between the socio-
 296 demographic factors and the baseline data against
 297 the baseline-post differences (Table 2a) revealed that
 298 the baseline data showed the strongest correlation
 299

Table 1

Changes in range of motion in the whole intervention group. For each test the results of the baseline and the post-test are displayed. In the lateral inclination, the distances between fingertip and floor were calculated relative to body height (distance (cm)/body height (cm)) and are therefore displayed without unit. \bar{x} = mean (all means are displayed with \pm standard deviation); \bar{x} diff was calculated by subtracting the post data of the baseline data. p -value shows the significance of the t -test, significant data is printed in italics. As the majority of the data was normally distributed, p -values were calculated using the t -test for paired samples. Effect sizes were calculated according to Cohen ($d=0.2$ low effect; $d=0.5$ medium effect; $d=0.8$ strong effect)

		Shoulder right (°)	Shoulder left (°)	Thomas test right (°)	Thomas test left (°)	Retro-flexion (°)	Fingertip-to- floor (cm)	Rel. lateral incl. right	Rel. lateral incl. left
All subjects	N	157	159	158	157	159	159	157	157
	pre \bar{x}	29.6 \pm 14.0	29.4 \pm 12.7	22.5 \pm 6.6	21.1 \pm 6.6	69.8 \pm 12.2	7.5 \pm 11.3	0.283 \pm 0.02	0.284 \pm 0.02
	post \bar{x}	31.7 \pm 13.3	32.1 \pm 13.0	20.4 \pm 6.7	19.9 \pm 6.7	75.1 \pm 11.4	5.6 \pm 10.5	0.279 \pm 0.02	0.279 \pm 0.02
	\bar{x} diff	2.1 \pm 7.7	2.7 \pm 10.11	-2.1 \pm 4.5	-1.2 \pm 4.7	5.4 \pm 8.6	-1.9 \pm 4.0	-0.004 \pm 0.01	-0.004 \pm 0.01
	p -value (t -test for paired samples)	<i>0.001</i>	<i>0.001</i>	<i><0.001</i>	<i>0.001</i>	<i><0.001</i>	<i><0.001</i>	<i>0.002</i>	<i><0.001</i>
	Effect sizes (Cohen's D)	0.24	0.26	0.43	0.26	0.62	0.46	0.25	0.33

Table 2

Correlations. 2a shows the correlation of socio-demographic data with baseline data. Since data were mostly normally distributed, Pearson correlation coefficients of socio-demographic factors and baseline flexibility were calculated. 2b shows the correlations of socio-demographic data and baseline data with trainability (baseline-post differences). Since the vast majority of the data was not normally distributed, Spearman Correlations were calculated. Displayed are Spearman-Rho values. In 2a and 2b "a" indicates that a Mann-Whitney U test was used (not normally distributed data) since sex was dichotomously distributed. Where significances occurred, (f) indicates that females showed higher flexibility. Note that in the fingertip-to-floor test and both lateral tests, lower results indicate advanced higher flexibility. * $p < 0.05$ (2-tailed); ** $p < 0.01$ (2-tailed); *** $p < 0.005$ (2-tailed)

2a		Shoulder right (°)	Shoulder left (°)	Thomas test right (°)	Thomas test left (°)	Retro-flexion (°)	Fingertip-to- floor (cm)	Rel. lateral incl. right	Rel. lateral incl. left
All subjects	Age	-0.201*	-0.18**	-0.108	-0.03	-0.158*	0.153	0.224**	0.214**
	Height	-0.295**	-0.242**	-0.095	-0.101	-0.046	0.281**	0.106	0.164*
	Weight	-0.245**	-0.221**	0.081	0.012	0.193*	0.268**	0.162*	0.242**
	BMI	-0.137	-0.133	0.153	0.077	0.272**	0.148	0.134	0.205**
	Sex Difference p -value	<i><0.001^a(f)</i>	<i><0.001^a(f)</i>	0.889 ^a	0.624 ^a	0.522 ^a	<i><0.001^a(f)</i>	0.982 ^a	0.509 ^a
2b		Diff. Shoulder right (°)	Diff. Shoulder left (°)	Diff. Thomas test right (°)	Diff. Thomas test left (°)	Diff. Retro- flexion (°)	Diff. Fingertip- to-floor (cm)	Diff. Rel. lateral incl. right	Diff. Rel. lateral incl. left
All subjects	Age	-0.032	0.026	0.006	-0.102	-0.105	0.021	0.064	0.057
	Height	0.038	-0.068	-0.120	-0.117	-0.151	0.102	-0.132	-0.060
	Weight	0.030	-0.115	-0.071	0.026	-0.177*	0.058	-0.081	0.019
	BMI	-0.005	-0.103	-0.014	0.095	-0.136	-0.015	-0.022	0.061
	Sex Difference p -value	0.611 ^a	0.433 ^a	0.173 ^a	<i>0.010^a(f)</i>	0.157 ^a	0.439 ^a	0.095 ^a	0.647 ^a
	Baseline data	-0.341***	-0.333***	-0.344***	-0.303***	-0.443***	0.393***	0.284***	0.247**

with trainability. Here, highly significant and moderate correlations in all tests, indicated that limited initial flexibility is connected to larger gains in ROM. This accounts for all tests except for the Thomas test where the opposite direction of correlations occurred.

Regarding the influences of socio-demographic factors, only two significant results were observed: in the Thomas test (left) the differences correlated (*t*-test) significantly with sex ($p=0.01$) and in the retroflexion of the trunk, the differences correlated significantly with body weight ($p=0.027$). No other univariate test between the differences and potential influencing factors showed significant results.

In Table 2b the Pearson correlations between the baseline data and the socio-demographic factors shown. Percentiles to divide the three subgroups for each test are displayed in Table 3. The average age and gender distribution for the subgroups in all tests are also presented.

In the shoulder test on both body sides, in the fingertip-to-floor test and in the lateral inclination on both body sides, subgroups “limited” showed larger gains than subgroups “average”, while subgroups “advanced” showed slight decreases. In the retroflexion of the trunk, the differences between baseline and post data showed that participants of subgroup “limited” experienced the largest gains in range of motion, followed by subgroup “average” and “advanced”.

In total, in subgroups “limited” (except for the Thomas test) and “average”, the *t*-tests revealed highly significant changes in range of motion ($p<0.001 - p=0.004$, $d=0.2-1.5$). In subgroups “advanced” (except for the retroflexion of the trunk), participants experienced decreases in range of motion. These decreases, however, were significant only in the shoulder test on the right ($p=0.05$, $d=0.4$), the Thomas test (right $p<0.001$, $d=1$; left = 0.003, $d=0.1$) and the lateral flexion on the right ($p=0.009$, $d=0.5$).

In the Thomas test on both body sides, subgroups “limited” experienced no significant changes while subgroups “average” and “advanced” showed slight, but highly significant decreases in range of motion (subgroup “average”: right: $p=0.001$, $d=0.6$; left: $p=0.004$, $d=0.4$; subgroup “advanced”: right >0.001 , $d=1$; left: $p=0.003$, $d=0.1$). Relative changes in range of motion are displayed in Fig. 3 and the data can be seen in Table 4.

Tamhane correction of the performed ANOVA revealed that baseline-post differences ($p<0.001-0.007$) were significantly differ-

Table 3

Grouping of flexibility according to percentiles of the pre-test. Subgroups are divided according to their baseline flexibility. In “limited” all participants were included whose pre-tests results lay below the 25th percentile. “Average” includes all participants with a pre-test result between the 25th and the 75th percentile. “Advanced” includes all participants whose pre-test results lay above the 76th percentile. In the first column (gray), average age and gender distribution are presented. From the second column ROM values are shown. Note that in the fingertip-to-floor test and both lateral tests, lower results indicate advanced flexibility. In the lateral tests, relative values are calculated: measured results (cm)/height (cm)

	Age (years)/ Sex (% male)	Shoulder right (°) right (°)	Shoulder left (°) left (°)	Thomas test right (°)	Thomas test left (°)	Retroflexion (°)	Fingertip-to- floor (cm)	Rel lateral incl. right	Rel. lateral incl. left
Limited	47.9/68.9	≤ 19	≤ 21	≤ 18	≤ 17	≤ 61.66	≥ 15	≥ 0.2991	≥ 0.2981
Average	45.0/67.0	>19 & ≤ 40.33	>21 & ≤ 37.58	>18 & ≤ 27.25	>17 & ≤ 25.66	>61.66 & ≤ 78.3	<15 & ≥ 0.67	<0.2991 & ≥ 0.2663	<0.2981 & ≥ 0.2657
Advanced	42.3/54.7	>40.33	>37.58	>27.25	>25.66	>78.3	<0.67	<0.2663	<0.2657

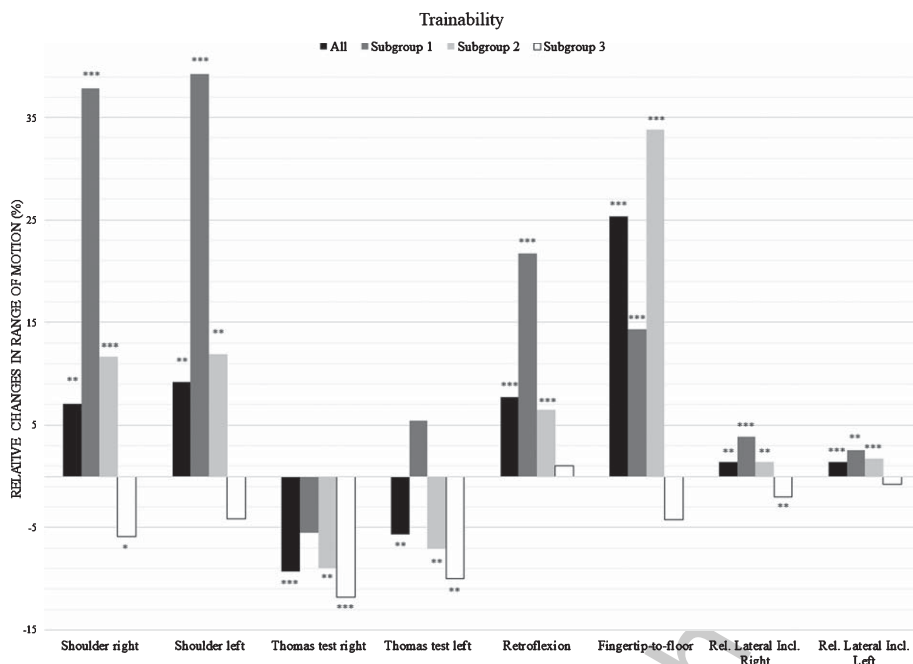


Fig. 3. Relative changes of ROM: Changes in ROM from baseline to post measurement for all tests are presented in percentages. The whole intervention group (all) and all subgroups are displayed in the column diagram. Stars above the columns indicate significance of the changes derived from *t*-testing between baseline and post data. * $p < 0.05$ (2-tailed); ** $p < 0.01$ (2-tailed); *** $p < 0.005$ (2-tailed).

Table 4
Relative changes in ROM. For each subgroup of each test the changes in range of motion from baseline to post-test are presented

	Shoulder right (%)	Shoulder left (%)	Thomas test right (%)	Thomas test left (%)	Retroflexion (%)	Fingertip-to-floor (%)	Rel. lateral incl. right (%)	Rel. lateral incl. left (%)
All	7.09	9.18	-9.33	-5.69	7.74	25.33	1.41	1.41
Limited	37.84	39.26	-5.52	5.47	21.71	14.29	3.85	2.56
Average	11.67	11.95	-8.93	-7.08	6.47	33.82	1.41	1.76
Advanced	-5.87	-4.16	-11.82	-9.96	1.07	-4.23	-1.98	-0.78

ent between subgroup “limited” and subgroup “advanced” in all tests, supporting the dependence of trainability on the initial range of motion. Magnitudes of differences across subgroups showed that in all tests the differences in trainability are the largest between subgroup “limited” and subgroup “advanced”. This as well as statistics on socio-demographic factors, in addition to *t*-tests for all subgroups in each test, is shown in Table 5.

4. Discussion

The results of this study demonstrate that the standardized stretch training “five-Business” significantly improved the ROM in four out of five tests in the setting of work health promotion within three months. An average training frequency of twice per

week was sufficient to achieve low to moderate effects ($d = 0.24–0.62$) in the intervention group. Precisely, in the shoulder test (right: 7.1%; left: 9.2%), the retroflexion of the trunk (7.7%), the finger-tip-to-floor test (25.3%) and the relative lateral inclination (right: 1.4%; left: 1.4%) improvements were shown, while only in the Thomas test decreases occurred (right: -9.3%; left: -5.7%).

Apart from the fingertip-to-floor test (25.3%), these increases in ROM are lower than the possible mean ROM gain of 20.9% described by Thomas et al. [11] when executing a long-term static stretching program five times per week with at least five minutes of total stretching time per muscle in a week. In the present study, the training frequency was consciously chosen lower (twice per week, 80 seconds per muscle group) considering the feasibility of the training as WHPP and to save actual working time [19].

Übersicht der zur Veröffentlichung angenommenen Manuskripte bzw. Publikationen

Table 5

Descriptive data for subgroups in ROM tests. \bar{x} = mean (all means are displayed with \pm standard deviation); p -value shows the significance of the t -test, significant data is printed in italics. Note that in the fingertip-to-floor test and both lateral tests, lower results are better. In the lateral tests, relative values are calculated: measured results (cm)/height (cm). Intergroup differences display the magnitude of differences between the groups including significances and effect sizes. They were calculated by subtracting the \bar{x} diff. * $p < 0.05$ (2-tailed); ** $p < 0.01$ (2-tailed); *** $p < 0.005$ (2-tailed). Effect sizes were calculated according to Cohen ($d = 0.2$ low effect; $d = 0.5$ medium effect; $d = 0.8$ strong effect)

		Shoulder right (°)	Shoulder left (°)	Thomas test right (°)	Thomas test left (°)	Retro-flexion (°)	Fingertip-to- floor (cm)	Rel. lateral incl. right	Rel. lateral incl. left	
Limited	N	40	40	41	41	38	42	39	40	
	pre \bar{x}	11.1 \pm 5.2	13.5 \pm 5.4	14.5 \pm 3.0	12.8 \pm 3.4	53.9 \pm 6.3	21.7 \pm 5.3	0.312 \pm 0.02	0.312 \pm 0.01	
	post \bar{x}	15.3 \pm 6.5	18.8 \pm 7.6	13.7 \pm 4.5	13.5 \pm 4.9	65.7 \pm 9.1	18.5 \pm 6.1	0.300 \pm 0.02	0.302 \pm 0.01	
	\bar{x} diff	4.2 \pm 5.6	5.3 \pm 6.2	-0.8 \pm 3.7	0.7 \pm 4.1	11.7 \pm 7.6	-3.1 \pm 4.1	-0.012 \pm 0.02	-0.008 \pm 0.01	
	Effect size (Cohens D)	0.7	0.8	0.2	0.2	1.5	0.6	0.6	1	
	p -value	<0.001	<0.001	0.172	0.252	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	
	Sex (m/f)	35/5	33/7	26/15	25/16	18/20	35/7	24/15	26/14	
	\bar{x} Weight (kg)	82.0 \pm 12.6	81.0 \pm 14.4	76.8 \pm 13.1	77.7 \pm 13.0	75.2 \pm 15.3	84.4 \pm 15.4	81.2 \pm 14.8	83.7 \pm 14.4	
	\bar{x} Height (m)	1.80 \pm 0.08	1.79 \pm 0.09	1.77 \pm 0.09	1.77 \pm 0.09	1.73 \pm 0.10	1.80 \pm 0.07	1.78 \pm 0.10	1.79 \pm 0.09	
	BMI (kg/m ²)	25.4 \pm 3.4	25.4 \pm 3.9	24.4 \pm 3.1	24.7 \pm 3.3	24.0 \pm 3.4	25.8 \pm 4.3	25.7 \pm 3.9	26.1 \pm 4.1	
	Age (years)	46.5 \pm 10.4	45.7 \pm 11.1	45.1 \pm 11.8	45.4 \pm 10.6	47.0 \pm 9.5	46.8 \pm 9.9	48.7 \pm 9.1	49.0 \pm 8.8	
	Intergroup difference limited - average (Cohen's D)	0.7 (-0.109)	2.7 (0.315)	1.2 (-0.28)	2.6* (-0.511)	7.1*** (-0.922)	-0.9 (0.2)	<-0.1* (0.506)	<-0.1 (0.3)	
	Intergroup difference limited - advanced (Cohen's D)	6.8*** (-0.981)	8.8*** (0.998)	2.9** (-0.733)	3.3** (-0.696)	10.8*** (-0.477)	-3.3*** (0.729)	<-0.1*** (1.075)	<-0.1** (1)	
	Average	N	78	78	78	77	80	80	79	78
pre \bar{x}		30.0 \pm 5.3	29.3 \pm 4.6	22.4 \pm 2.2	21.2 \pm 2.1	69.5 \pm 5.0	6.8 \pm 4.7	0.283 \pm 0.01	0.284 \pm 0.01	
post \bar{x}		33.5 \pm 8.6	32.9 \pm 10.2	20.4 \pm 4.7	19.7 \pm 4.5	74.1 \pm 8.9	4.6 \pm 5.3	0.280 \pm 0.01	0.279 \pm 0.01	
\bar{x} diff		3.5 \pm 7.2	3.5 \pm 9.7	-2.0 \pm 4.8	-1.5 \pm 4.5	4.6 \pm 7.8	-2.3 \pm 3.9	-0.004 \pm 0.01	-0.005 \pm 0.01	
Effect size (Cohens D)		0.5	0.5	0.6	0.4	0.6	0.4	0.3	0.5	
p -value		<0.001	0.002	0.001	0.004	<0.001	<0.001	0.012	<0.001	
Sex (m/f)		52/26	52/26	52/26	50/27	57/23	50/30	54/25	53/25	
\bar{x} Weight (kg)		80.2 \pm 14.9	75.9 \pm 14.8	77.7 \pm 14.3	78.6 \pm 16.6	77.6 \pm 12.6	76.8 \pm 15.9	77.8 \pm 15.8	78.1 \pm 15.7	
\bar{x} Height (m)		1.77 \pm 0.08	1.76 \pm 0.08	1.76 \pm 0.08	1.76 \pm 0.09	1.76 \pm 0.08	1.75 \pm 0.09	1.76 \pm 0.08	1.76 \pm 0.08	
BMI (kg/m ²)		25.6 \pm 4.1	25.4 \pm 3.9	25.0 \pm 3.9	25.2 \pm 4.4	24.9 \pm 3.3	24.9 \pm 4.0	25.0 \pm 4.1	25.2 \pm 4.1	
Age (years)		45.9 \pm 10.6	45.9 \pm 10.5	45.7 \pm 10.0	44.3 \pm 10.8	44.7 \pm 10.3	44.2 \pm 10.8	45.5 \pm 10.4	44.1 \pm 10.5	
Intergroup difference average -advanced (Cohen's D)		5.9** (-0.805)	6.2** (-0.604)	1.8 (-0.377)	1.0 (-0.224)	3.7* (-1.412)	-2.4** (0.925)	<-0.1** (0.9)	<-0.1* (0.7)	
Advanced		N	39	39	39	42	41	37	39	39
		pre \bar{x}	47.7 \pm 5.6	45.7 \pm 7.5	31.3 \pm 3.3	26.1 \pm 3.6	85.1 \pm 5.1	-7.1 \pm 5.3	0.253 \pm 0.01	0.254 \pm 0.01
	post \bar{x}	44.9 \pm 8.4	43.8 \pm 8.4	27.6 \pm 4.0	26.5 \pm 5.2	86.0 \pm 8.8	-6.8 \pm 4.8	0.258 \pm 0.01	0.257 \pm 0.05	
	\bar{x} diff	-2.8 \pm 8.4	-1.90 \pm 8.1	-3.7 \pm 4.2	-2.6 \pm 5.3	0.9 \pm 7.7	0.3 \pm 3.2	0.005 \pm 0.1	0.002 \pm 0.01	
	Effect size (Cohens D)	0.4	0.2	1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.3	
	p -value	0.05	0.118	<0.001	0.003	0.438	0.629	0.009	0.20	
	Sex (m/f)	16/23	18/21	23/16	28/14	27/14	17/20	23/16	22/17	
	\bar{x} Weight (kg)	71.2 \pm 15.3	73 \pm 15.7	80.1 \pm 18.9	77.4 \pm 14.4	81.7 \pm 19.0	73.2 \pm 10.2	75.2 \pm 13.5	72.0 \pm 12.4	
	\bar{x} Height (m)	1.72 \pm 0.09	1.70 \pm 0.09	1.76 \pm 0.10	1.76 \pm 0.09	1.76 \pm 0.08	1.74 \pm 0.08	1.75 \pm 0.08	1.74 \pm 0.08	
	\bar{x} BMI (kg/m ²)	23.9 \pm 3.9	23.9 \pm 3.7	25.8 \pm 4.8	25.0 \pm 3.6	26.3 \pm 5.2	24.1 \pm 3.1	24.4 \pm 3.5	23.5 \pm 3.0	
	\bar{x} Age (years)	41.3 \pm 10.0	41.7 \pm 9.8	42.2 \pm 10.1	45.3 \pm 10.2	43.4 \pm 11.8	43.4 \pm 10.7	39.4 \pm 10.3	41.7 \pm 11.2	

L. Fritain et al. / A device-based stretch training for office workers

384 Only in the Thomas test, negative results occurred.
385 Although the Thomas test, like the other tests [28,
386 33–35], has been shown to be reliable [29], the present
387 data should be handled with care. In this study, 41% of
388 the participants were predisposed ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$).
389 A higher body fat percentage makes it difficult for the
390 rater to palpate the spina iliaca anterior superior when
391 controlling for pelvic tilt in the Thomas test [29]. It
392 is therefore uncertain whether the subjects in this test
393 actually became less flexible or if the results were
394 deteriorated by lumbar extension. However, this did
395 not affect the other tests, as body composition did not
396 impair the execution of the tests or the palpation of
397 bony landmarks [28, 33–35].

398 This had no impact on the ROM gains, since there
399 was only a low correlation between body weight
400 and the baseline-post difference of the retroflexion
401 of the trunk ($\rho = -0.177$) but neither body height
402 nor BMI showed any correlations, which would have
403 been the case if body composition had an impact on
404 the trainability. The stronger influencing factor was
405 baseline flexibility, showing positive significant cor-
406 relations ($\rho = 0.247\text{--}0.443$) in all tests except for
407 the Thomas test. This is comparable to the effective-
408 ness of strength training, which is higher in subjects
409 with low training status [36].

410 The subsequent subgroups clustering (percentiles)
411 provided a clearer insight in the actual differences
412 in trainability of office workers (Table 5). Especially
413 in subjects with limited initial flexibility consider-
414 able gains in ROM were measured (shoulder test:
415 37.8–39.3%; retroflexion of the trunk: 21.7%; relative
416 lateral inclination: 2.6–3.8%; subgroup with aver-
417 age initial flexibility: fingertip-to-floor test: 33.8%).
418 The magnitude of their ROM gains were consid-
419 erably larger than in subjects with advanced
420 flexibility ($d = 0.477\text{--}1.075$). These findings indi-
421 cate that the “five-Business” stretch training is
422 most effective for subjects with limited or average
423 flexibility.

424 Based on the division of subgroups presented here,
425 occupational staff can recommend the stretch train-
426 ing especially to those employees who might achieve
427 significant gains in ROM. For preventive reasons,
428 a stretch training could nevertheless be useful for
429 employees showing advanced flexibility. Consider-
430 ing that flexibility decreases with increasing age
431 [37], stretch training could contribute to maintain-
432 ing the ROM. In three out of five tests, this was
433 also visible in the present study (Table 2b). Since
434 the population and also the workforce in industrial
435 countries is consistently aging [38], this could be a

436 plausible approach. However, in the current data, no
437 correlations between age and trainability were found
438 (Table 2b), although there was a tendency in subgroup
439 composition (Table 5); on average, in all ROM tests,
440 the subjects were the oldest in the subgroups with
441 limited flexibility. In these subgroups, the male pro-
442 portion was also higher than the female. In two out
443 of five tests, female subjects were significantly more
444 flexible than male subjects at baseline (Table 2a),
445 which is supported by the findings of Shariat et al.
446 [6].

447 The present findings are best comparable to
448 another study by Shariat et al. [14], who also eval-
449 uated a stretch training program as a WHPP using
450 ROM tests. The authors as well showed improve-
451 ments in ROM, with the largest gains occurring in
452 the lateral bending of the neck. Similar to the present
453 study, the intervention lasted eleven weeks, however,
454 the program was more time consuming; 13 exercises
455 had to be performed three times per day, summing up
456 to 30–45 min of working time lost to training. In other
457 studies, the frequency and duration of the stretch pro-
458 grams were also rather large [8, 14, 17, 18]. A high
459 loss of actual working time could impair the feasi-
460 bility of stretch trainings in WHPP, even though they
461 may be effective.

462 A limitation of the present study is the lack of a
463 control group. By measuring ROM at the same time
464 interval in a comparable cohort, it could be clarified
465 whether the flexibility is subject to natural variations.
466 A follow-up testing would also provide information
467 on the sustainability of the improvements. On this
468 basis, the positive results obtained could be better
469 interpreted.

470 The successful implementation of a WHPP also
471 depends on the willingness of employees to partici-
472 pate, which has been reported to be mixed [19, 39].
473 This is also reflected in the participation rate of only
474 11% in this study. The communication strategy via
475 email possibly did not generate enough attention in
476 view of the increasing number of emails that office
477 employees now have to process on a daily basis [40].
478 Another indicator for the acceptance of the training
479 among the employees is the maintenance of the train-
480 ing over a longer period. While in the present study,
481 25% of the subjects were lost during the intervention,
482 in the literature drop-out rates of 10–20% [8, 18] have
483 been reported; however, in these studies the authors
484 did not actively monitor whether subjects actually
485 performed the exercises, but trusted their confirma-
486 tion. In the present study, subjects were supervised
487 during each training and when participants missed an

488 appointment, they were reminded via email or phone
 489 call to rearrange a session. Despite the low frequency
 490 of 10 minutes twice per week, the most common rea-
 491 son for drop-outs was the lack of time due to part-time
 492 contracts or frequent business meetings. This empha-
 493 sizes the necessity of highly efficient trainings with
 494 low time expenditure, which was also highlighted by
 495 Sargent et al. [19].

496 Since the primary goal of a stretch training in
 497 WHPP is to reduce MSD, future studies should com-
 498 bine standardized stretch training programs requiring
 499 low time expenditure with questionnaires on MSD
 500 and, preferably, with measurement of muscle tension
 501 using a myotonometer [41]. This would contribute to
 502 clarify the relationship of MSD, ROM and physio-
 503 logical muscle tension.

504 Conclusion

505 The standardized and individualized stretch train-
 506 ing “five-Business” performed twice per week over
 507 a three month period increases ROM in the trunk.
 508 Participants with limited or average range of motion
 509 exhibited the highest gains in ROM while partici-
 510 pants with advanced baseline flexibility experienced
 511 no changes, or even decreases. This program can
 512 therefore be regarded as effective. When implying
 513 a stretch training in a WHPP, occupational staff
 514 should consider assessing the baseline flexibility of
 515 the employees to estimate the training success.

516 Conflict of interest

517 All authors declare that they have no competing
 518 interests.

519 Funding

520 There was no funding.

521 References

- 522 [1] Van Eerd D, Munhall C, Irvin E, Rempel D, Brewer S, van
 523 der Beek AJ, Dennerlein JT, Tullar J, Skivington K, Pinion
 524 C, Amick B. Effectiveness of workplace interventions in
 525 the prevention of upper extremity musculoskeletal disorders
 526 and symptoms: an update of the evidence. *Occup Environ*
 527 *Med.* 2016;73(1):62-70.
- [2] Wadeson A, White MM, Zhang W, Lau MY, Kaber DB. 528
 Effects of stretching on muscle activation in gas cylinder 529
 handling. *Work.* 2020;66:149-60. 530
- [3] Gasibat Q, Simbak NB, Aziz A, Petridis L, Tróznai Z. 531
 Stretching exercises to prevent work-related musculoskele- 532
 tal disorders: A review article. *AJSSM.* 2017;5(2):27-37. 533
- [4] Celik S, Celik K, Dirimese E, Tasdemir N, Arik T, 534
 Buyukkara I. Determination of pain in musculoskeletal sys- 535
 tem reported by office workers and the pain risk factors. *Int* 536
J Occup Med Environ Health. 2018;31(1):91-111. 537
- [5] Jun D, Zoe M, Johnston V, O’Leary S. Physical risk factors 538
 for developing non-specific neck pain in office workers: a 539
 systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ* 540
Health. 2017;90(5):373-410. 541
- [6] Shariat A, Cardoso JR, Cleland JA, Danaee M, Ansari NN, 542
 Kargarfard M, Mohd Tamrin SB. Prevalence rate of neck, 543
 shoulder and lower back pain in association with age, body 544
 mass index and gender among Malaysian office workers. 545
Work. 2018;60(2):191-9. 546
- [7] Bontrup C, Taylor WR, Fliesser M, Visscher R, Green T, 547
 Wippert P-M, Zemp R. Low back pain and its relationship 548
 with sitting behaviour among sedentary office workers. *Appl* 549
Ergon. 2019;81:102894. 550
- [8] Tunwattanapong P, Kongkasuwan R, Kuptniratsaikul V. The 551
 effectiveness of a neck and shoulder stretching exercise pro- 552
 gram among office workers with neck pain: a randomized 553
 controlled trial. *Clin Rehabil.* 2016;30(1):64-72. 554
- [9] Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise 555
 and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(1):109-19. 556
- [10] De Vries HA. Evaluation of Static Stretching Procedures for 557
 Improvement of Flexibility. *Research Quarterly American* 558
Association for Health, Physical Education and Recreation. 559
 1962;33(2):222-9. 560
- [11] Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The Relation 561
 Between Stretching Typology and Stretching Duration: 562
 The Effects on Range of Motion. *Int J Sports Med.* 563
 2018;39(4):243-54. 564
- [12] Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch 565
 on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 566
 1994;74(9):845-50. 567
- [13] Ellegast RP, Kraft K, Groenesteijn L, Krause F, Berger 568
 H, Vink P. Comparison of four specific dynamic office 569
 chairs with a conventional office chair: impact upon mus- 570
 cle activation, physical activity and posture. *Appl Ergon.* 571
 2012;43(2):296-307. 572
- [14] Shariat A, Lam ET, Kargarfard M, Tamrin SB, Danaee M. 573
 The application of a feasible exercise training program in 574
 the office setting. *Work.* 2017;56(3):421-8. 575
- [15] Shariat A, Mohd Tamrin SB, Arumugam M, Danaee M, 576
 Ramasamy R. Office Exercise Training to Reduce and Pre- 577
 vent the Occurrence of Musculoskeletal Disorders among 578
 Office Workers: A Hypothesis. *The Malaysian Journal of* 579
Medical Sciences : MJMS. 2016;23(4):54-8. 580
- [16] Lacaze DH, Sacco Ide C, Rocha LE, Pereira CA, Casarotto 581
 RA. Stretching and joint mobilization exercises reduce call- 582
 center operators’ musculoskeletal discomfort and fatigue. 583
Clinics (Sao Paulo, Brazil). 2010;65(7):657-62. 584
- [17] Marangoni AH. Effects of intermittent stretching exercises 585
 at work on musculoskeletal pain associated with the use of a 586
 personal computer and the influence of media on outcomes. 587
Work. 2010;36(1):27-37. 588
- [18] Jepsen JR, Thomsen G. Prevention of upper limb symptoms 589
 and signs of nerve afflictions in computer operators: The 590
 effect of intervention by stretching. *Journal of Occupational* 591
Medicine and Toxicology. 2008;3(1):1. 592

- 593 [19] Sargent GM, Banwell C, Strazdins L, Dixon J. Time and
594 participation in workplace health promotion: Australian
595 qualitative study. *Health Promot Int.* 2018;33(3):436-47. 635
- 596 [20] Attaur-Rasool S, Shirwany TA. Body mass index and
597 dynamic lung volumes in office workers. *J Coll Physicians
598 Surg Pak.* 2012;22(3):163-7. 636
- 599 [21] Ye S, Jing Q, Wei C, Lu J. Risk factors of non-specific
600 neck pain and low back pain in computer-using office
601 workers in China: a cross-sectional study. *BMJ open.*
602 2017;7(4):e014914. 637
- 603 [22] Matsukiyo A, Goh AC, Asagai Y. Relationship between
604 muscle-tendon length, range of motion, and resistance to
605 passive movement in children with normal and increased
606 tone. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(2):349-55. 638
- 607 [23] Janwantanakul P, Pensri P, Jiamjarasrangri V, Sinsongsook
608 T. Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms
609 among office workers. *Occup Med (Lond).* 2008;58(6):
610 436-8. 639
- 611 [24] Marschall J HS, Zich K, Tisch T, Sörensen J, Nolting HD.
612 DAK Gesundheitsreport. Hamburg: DAK Forschung; 2018. 640
- 613 [25] Myers TW. *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for
614 Manual and Movement Therapists.* Elsevier; 2014. 641
- 615 [26] McKenzie R, May S. *The Lumbar Spine Mechanical Diag-
616 nosis & Therapy.* Spinal Publications New Zealand; 2003. 642
- 617 [27] Holzgreve F, Maltry L, Lampe J, Schmidt H, Bader A, Rey
618 J, Groneberg DA, van Mark A, Ohlendorf D. The office
619 work and stretch training (OST) study: an individualized and
620 standardized approach for reducing musculoskeletal disor-
621 ders in office workers. *Journal of occupational medicine and
622 toxicology (London, England).* 2018;13:37. 643
- 623 [28] Smolenski UC BJ, Beyer L, Harke G, Pahnke J, Seidel W.
624 Janda. *Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik: Theorie und
625 Praxis.* 5 ed. Germany: Elsevier Health Sciences; 2016. 644
- 626 [29] Vigotsky AD, Lehman GJ, Beardsley C, Contreras B, Chung
627 B, Feser EH. The modified Thomas test is not a valid mea-
628 sure of hip extension unless pelvic tilt is controlled. *PeerJ.*
629 2016;4:e2325. 645
- 630 [30] Heikkilä S, Viitanen JV, Kautiainen H, Kauppi M. Sen-
631 sitivity to change of mobility tests; effect of short term
632 intensive physiotherapy and exercise on spinal, hip, and
633 shoulder measurements in spondyloarthropathy. *J Rheumatol.*
634 2000;27(5):1251-6. 646
- [31] Petherick M, Rheault W, Kimble S, Lechner C, Senear
635 V. Concurrent validity and intertester reliability of univer-
636 sal and fluid-based goniometers for active elbow range of
637 motion. *Phys Ther.* 1988;68(6):966-9. 638
- [32] Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sci-
639 ences.* 2nd ed. New York: Routledge; 1988. 640
- [33] Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical
641 measurements of forward bending using the modified
642 fingertip-to-floor method. *Phys Ther.* 1990;70(7):443-7. 643
- [34] Gill K, Krag MH, Johnson GB, Haugh LD, Pope
644 MH. Repeatability of four clinical methods for assess-
645 ment of lumbar spinal motion. *Spine (Phila Pa 1976).*
646 1988;13(1):50-3. 647
- [35] Kolber MJ, Saltzman SB, Beekhuizen KS, Cheng MS.
648 Reliability and minimal detectable change of inclinometric
649 shoulder mobility measurements. *Physiother Theory Pract.*
650 2009;25(8):572-81. 651
- [36] Komi P. *Strength and Power in Sport.* 2 ed. Oxford: Black-
652 well Science; 2008. 653
- [37] Hwang J, Jung MC. Age and sex differences in ranges
654 of motion and motion patterns. *Int J Occup Saf Ergon.*
655 2015;21(2):173-86. 656
- [38] Scheibe S, Yeung DY, Doerwald F. Age-related differences
657 in levels and dynamics of workplace affect. *Psychol Aging.*
658 2019;34(1):106-23. 659
- [39] Tsai R, Alterman T, Grosch JW, Luckhaupt SE. Availabil-
660 ity of and Participation in Workplace Health Promotion
661 Programs by Sociodemographic, Occupation, and Work
662 Organization Characteristics in US Workers. *Am J Health
663 Promot.* 2019;33(7):1028-38. 664
- [40] Mark G, Iqbal S, Czerwinski M, Johns P, Sano A, Lutchn
665 Y. Email Duration, Batching and Self-interruption: Patterns
666 of Email Use on Productivity and Stress. *ACM - Association
667 for Computing Machinery;* 2016. 1717-28. 668
- [41] Hu X, Lei D, Li L, Leng Y, Yu Q, Wei X, Lo WLA. Quan-
669 tifying paraspinal muscle tone and stiffness in young adults
670 with chronic low back pain: a reliability study. *Sci Rep.*
671 2018;8(1). 672

4 Darstellung des eigenen Anteils

Publikation 1

Hierbei handelt es sich um eine geteilte Erstautorenschaft mit Herrn Holzgreve.

Holzgreve F* leistete wesentliche Beiträge zur Konzeption und Gestaltung des Manuskripts, leistete wesentliche Beiträge zum Aufbau des Messprotokolls und führte die Messungen vor Ort durch.

Maltry L* leistete wesentliche Beiträge zur Konzeption und Gestaltung des Manuskripts, leistete wesentliche Beiträge zum Aufbau des Messprotokolls und führte die Messungen vor Ort durch.

Lampe J leistete wesentliche Beiträge zur Konzeption und Gestaltung des Manuskripts, leistete wesentliche Beiträge zum Aufbau des Messprotokolls und führte die Messungen vor Ort durch.

Schmidt H hat wesentliche Beiträge zu strukturellen und ausführungsspezifischen Aspekten des Studienprotokolls geleistet.

Bader A hat wesentliche Beiträge zu strukturellen und ausführungsspezifischen Aspekten des Studienprotokolls geleistet.

Rey J war an der statistischen Datenanalyse beteiligt.

Groneberg DA hat wesentliche Beiträge zu strukturellen und ausführungsspezifischen Aspekten des Studienprotokolls geleistet.

van Mark A leistete wesentliche Beiträge zum Aufbau des Messprotokolls.

Ohlendorf D leistete wesentliche Beiträge zum Aufbau des Messprotokolls und las finale Korrektur.

Publikation 2

Zur Publikation von der Fachzeitschrift angenommen

Fräulin L	konzipierte und plante die Experimente und führte die Untersuchungen durch. Sie schrieb das Manuskript mit Unterstützung von F.H., N.F., A.v.M., D.A.G., und D.O.
Holzgreve F	konzipierte und plante die Experimente und führte die Untersuchungen durch.
Hänel J	konzipierte und plante die Experimente und führte die Untersuchungen durch.
Filmann N	verifizierte die analytischen Methoden.
Schmidt H	konzipierte die ursprüngliche Idee und leitete u. A. das Projekt.
Bader A	konzipierte die ursprüngliche Idee und leitete u. A. das Projekt.
Frei M	konzipierte die ursprüngliche Idee und leitete u. A. das Projekt.
Groneberg DA	half bei der Überwachung des Projekts.
van Mark A	konzipierte die ursprüngliche Idee. Konzipierte und plante die Untersuchungen und war mit der Überwachung des Projekts tätig.
Ohlendorf D	konzipierte die ursprüngliche Idee. Konzipierte und plante die Untersuchungen und war mit der Überwachung des Projekts tätig.

5 Literaturverzeichnis

1. Gasibat Q, Simbak NB, Aziz A, Petridis L, Tróznai Z. Stretching exercises to prevent work-related musculoskeletal disorders: A review article. *AJSSM*. 2017;5(2):27-37.
2. Wadeson A, White MM, Zhang W, Lau MY, Kaber DB. Effects of stretching on muscle activation in gas cylinder handling. *Work*. 2020;66:149-160.
3. Van Eerd D, Munhall C, Irvin E, et al. Effectiveness of workplace interventions in the prevention of upper extremity musculoskeletal disorders and symptoms: an update of the evidence. *Occup Environ Med*. 2016;73(1):62-70.
4. Celik S, Celik K, Dirimese E, Tasdemir N, Arik T, Buyukkara I. Determination of pain in musculoskeletal system reported by office workers and the pain risk factors. *Int J Occup Med Environ Health*. 2018;31(1):91-111.
5. Jun D, Zoe M, Johnston V, O'Leary S. Physical risk factors for developing non-specific neck pain in office workers: a systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ Health*. 2017;90(5):373-410.
6. Shariat A, Cleland JA, Danaee M, Kargarfard M, Sangelaji B, Tamrin SBM. Effects of stretching exercise training and ergonomic modifications on musculoskeletal discomforts of office workers: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther*. 2018;22(2):144-153.
7. Bontrup C, Taylor WR, Fliesser M, et al. Low back pain and its relationship with sitting behaviour among sedentary office workers. *Appl Ergon*. 2019;81:102894.
8. Tunwattanapong P, Kongkasuwan R, Kuptniratsaikul V. The effectiveness of a neck and shoulder stretching exercise program among office workers with neck pain: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2016;30(1):64-72.
9. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*. 2012;7(1):109-119.
10. De Vries HA. Evaluation of Static Stretching Procedures for Improvement of Flexibility. *Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation*. 1962;33(2):222-229.
11. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The Relation Between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. *Int J Sports Med*. 2018;39(4):243-254.
12. Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. 1994;74(9):845-850.
13. Shariat A, Lam ET, Kargarfard M, Tamrin SB, Danaee M. The application of a feasible exercise training program in the office setting. *Work*. 2017;56(3):421-428.
14. Jepsen JR, Thomsen G. Prevention of upper limb symptoms and signs of nerve afflictions in computer operators: The effect of intervention by stretching. *J Occup Med Toxicol*. 2008;3(1):1.
15. Lacaze DH, Sacco Ide C, Rocha LE, Pereira CA, Casarotto RA. Stretching and joint mobilization exercises reduce call-center operators' musculoskeletal discomfort and fatigue. *Clinics (Sao Paulo)*. 2010;65(7):657-662.
16. Marangoni AH. Effects of intermittent stretching exercises at work on musculoskeletal pain associated with the use of a personal computer and the influence of media on outcomes. *Work*. 2010;36(1):27-37.

17. Shariat A, Mohd Tamrin SB, Arumugam M, Danaee M, Ramasamy R. Office Exercise Training to Reduce and Prevent the Occurrence of Musculoskeletal Disorders among Office Workers: A Hypothesis. *Malays J Med Sci.* 2016;23(4):54-58.
18. Sargent GM, Banwell C, Strazdins L, Dixon J. Time and participation in workplace health promotion: Australian qualitative study. *Health Promot Int.* 2018;33(3):436-447.
19. Attaur-Rasool S, Shirwany TA. Body mass index and dynamic lung volumes in office workers. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2012;22(3):163-167.
20. Ye S, Jing Q, Wei C, Lu J. Risk factors of non-specific neck pain and low back pain in computer-using office workers in China: a cross-sectional study. *BMJ Open.* 2017;7(4):e014914.
21. Matsukiyo A, Goh AC, Asagai Y. Relationship between muscle-tendon length, range of motion, and resistance to passive movement in children with normal and increased tone. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(2):349-355.
22. Myers TW. *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists.*: Elsevier; 2014.
23. McKenzie R, May S. *The Lumbar Spine Mechanical Diagnosis & Therapy.*: Spinal Publications New Zealand; 2003.
24. Hartfiel N, Burton C, Rycroft-Malone J, et al. Yoga for reducing perceived stress and back pain at work. *Occup Med (Lond).* 2012;62(8):606-612.
25. Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther.* 1990;70(7):443-447.
26. Perret C, Poiraudeau S, Fermanian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1566-1570.
27. Kippers V, Parker AW. Toe-touch test. A measure of its validity. *Phys Ther.* 1987;67(11):1680-1684.
28. Merritt JL, McLean TJ, Erickson RP, Offord KP. Measurement of trunk flexibility in normal subjects: reproducibility of three clinical methods. *Mayo Clin Proc.* 1986;61(3):192-197.
29. Gill K, Krag MH, Johnson GB, Haugh LD, Pope MH. Repeatability of four clinical methods for assessment of lumbar spinal motion. *Spine.* 1988;13(1):50-53.
30. Heikkila S, Viitanen JV, Kautiainen H, Kauppi M. Sensitivity to change of mobility tests; effect of short term intensive physiotherapy and exercise on spinal, hip, and shoulder measurements in spondyloarthropathy. *J Rheumatol.* 2000;27(5):1251-1256.
31. Spallek M, Kuhn W. *Funktionsorientierte körperliche Untersuchungssystematik: die fokus-Methode zur Beurteilung des Bewegungsapparates in der Arbeits- und Allgemeinmedizin.* ecomed Medizin; 2009.
32. Petherick M, Rheault W, Kimble S, Lechner C, Senear V. Concurrent validity and intertester reliability of universal and fluid-based goniometers for active elbow range of motion. *Phys Ther.* 1988;68(6):966-969.

33. Bierma-Zeinstra SM, Bohnen AM, Ramlal R, Ridderikhoff J, Verhaar JA, Prins A. Comparison between two devices for measuring hip joint motions. *Clin Rehabil.* 1998;12(6):497-505.
34. Rheault W, Miller M, Nothnagel P, Straessle J, Urban D. Intertester reliability and concurrent validity of fluid-based and universal goniometers for active knee flexion. *Phys Ther.* 1988;68(11):1676-1678.
35. Antonaci F, Ghirmai S, Bono G, Nappi G. Current methods for cervical spine movement evaluation: a review. *Clin Exp Rheumatol.* 2000;18(2 Suppl 19):S45-52.
36. Green S, Buchbinder R, Forbes A, Bellamy N. A standardized protocol for measurement of range of movement of the shoulder using the Plurimeter-V inclinometer and assessment of its intrarater and interrater reliability. *Arthritis Care Res.* 1998;11(1):43-52.
37. Hoving J, Buchbinder R, Green S, et al. How reliably do rheumatologists measure shoulder movement? *Annals of the Rheumatic Diseases.* 2002;61(7):612-616.
38. Valentine RE, Lewis JS. Intraobserver reliability of 4 physiologic movements of the shoulder in subjects with and without symptoms. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(9):1242-1249.
39. Hole DE, Cook JM, Bolton JE. Reliability and concurrent validity of two instruments for measuring cervical range of motion: effects of age and gender. *Manual therapy.* 1995;1(1):36-42.
40. Kolber MJ, Saltzman SB, Beekhuizen KS, Cheng MS. Reliability and minimal detectable change of inclinometric shoulder mobility measurements. *Physiother Theory Pract.* 2009;25(8):572-581.
41. Clapis PA, Davis SM, Davis RO. Reliability of inclinometer and goniometric measurements of hip extension flexibility using the modified Thomas test. *Physiother Theory Pract.* 2008;24(2):135-141.
42. Vigotsky AD, Lehman GJ, Beardsley C, Contreras B, Chung B, Feser EH. The modified Thomas test is not a valid measure of hip extension unless pelvic tilt is controlled. *PeerJ.* 2016;4:e2325.
43. Grabe M. *Measurement Uncertainties in Science and Technology.* 2nd ed. Berlin: Springer International Publishing; 2014.
44. Smolenski UC BJ, Beyer L, Harke G, Pahnke J, Seidel W. Janda. *Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik: Theorie und Praxis.* 5 ed. Germany: Elsevier Health Sciences; 2016.
45. Smidt N, van der Windt DA, Assendelft WJ, et al. Interobserver reproducibility of the assessment of severity of complaints, grip strength, and pressure pain threshold in patients with lateral epicondylitis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(8):1145-1150.
46. Kim WD, Shin D. Correlations Between Hip Extension Range of Motion, Hip Extension Asymmetry, and Compensatory Lumbar Movement in Patients with Nonspecific Chronic Low Back Pain. *Med Sci Monit.* 2020;26:e925080.
47. Roach SM, San Juan JG, Suprak DN, Lyda M, Bies AJ, Boydston CR. Passive hip range of motion is reduced in active subjects with chronic low back pain compared to controls. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(1):13-20.

48. Jonsson E, Ljungkvist I, Hamberg J. Standardized measurement of lateral spinal flexion and its use in evaluation of the effect of treatment of chronic low back pain. *Ups J Med Sci.* 1990;95(1):75-86.
49. Uswr PT. *The Reliability of Bubble Inclinometer and Tape Measure in Determining Lumbar Spine Range of Motion in Healthy Individuals and Patients.* Vol 52015.
50. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon.* 1987;18(3):233-237.
51. Ware JE, Jr., Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care.* 1992;30(6):473-483.
52. Riddle DL, Rothstein JM, Lamb RL. Goniometric reliability in a clinical setting. Shoulder measurements. *Physical therapy.* 1987;67(5):668-673.
53. Low JL. The reliability of joint measurement. *Physiotherapy.* 1976;62(7):227-229.
54. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* 2nd ed. New York: Routledge; 1988.
55. Gill K, Krag MH, Johnson GB, Haugh LD, Pope MH. Repeatability of four clinical methods for assessment of lumbar spinal motion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1988;13(1):50-53.
56. Hwang J, Jung MC. Age and sex differences in ranges of motion and motion patterns. *Int J Occup Saf Ergon.* 2015;21(2):173-186.
57. Scheibe S, Yeung DY, Doerwald F. Age-related differences in levels and dynamics of workplace affect. *Psychol Aging.* 2019;34(1):106-123.
58. Keogh JW, Cox A, Anderson S, et al. Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS One.* 2019;14(5):e0215806.
59. Tsai R, Alterman T, Grosch JW, Luckhaupt SE. Availability of and Participation in Workplace Health Promotion Programs by Sociodemographic, Occupation, and Work Organization Characteristics in US Workers. *Am J Health Promot.* 2019;33(7):1028-1038.
60. Mark G, Iqbal S, Czerwinski M, Johns P, Sano A, Lutchyn Y. *Email Duration, Batching and Self-interruption: Patterns of Email Use on Productivity and Stress.*: ACM – Association for Computing Machinery; 2016.
61. Hu X, Lei D, Li L, et al. Quantifying paraspinal muscle tone and stiffness in young adults with chronic low back pain: a reliability study. *Sci Rep.* 2018;8(1).

7 Schriftliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

Effekte eines Dehntrainings auf die Beweglichkeit von Büroangestellten im Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung

am Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin unter Betreuung und Anleitung von PD Dr. Dr. Daniela Ohlendorf ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keinem medizinischen Fachbereich einer in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Vorliegende Ergebnisse der Arbeit wurden in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht:

Artikel 1: Geteilte Erstautorenschaft

Holzgreve F*, **Maltry L***, Lampe J, Schmidt H, Bader A, Rey J, Groneberg DA, van Mark A, Ohlendorf D. The office work and stretch training (OST) study: an individualized and standardized approach for reducing musculoskeletal disorders in office workers. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2018;13(1):37. doi: 10.1186/s12995-018-0220-y.

Artikel 2: Von der Fachzeitschrift zur Veröffentlichung angenommen

Fräulin L, Holzgreve F, Hänel J, Filmann N, Schmidt H, Bader A, Frei M, Groneberg DA, van Mark A, Ohlendorf D. A device-based stretch training for office workers resulted in increased range of motion especially at limited baseline flexibility. *Work.* 2020;Preprint:1-12.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)