Aus der Klinik und Poliklinik für Innere Medizin A
(Direktor Prof. Dr. med. Markus M. Lerch)
der Universitätsmedizin der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Kumulative Dissertation zur Publikation *Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel*

Inaugural -Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin

(Dr. med.)

der

Universitätsmedizin

der

Ernst - Moritz-Arndt-Universität

Greifswald

2020

vorgelegt von: Frederick Charles Roskoden
geboren am: 01.04.1991
in: Berlin-Mitte

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter: Prof. Dr. Markus M. Lerch

2. Gutachter: Prof. Dr. Georg Lamprecht

Ort, Raum: Greifswald, Hörsaal Ellernholzstraße 1-2

Tag der Disputation: 10.03.2020

Vorwort

Die Erfassung von individuellen Parametern zu körperlicher Aktivität hat außerhalb von wissenschaftlicher Forschung und Sportmedizin im Endverbrauchersegment in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen. Dies wurde mir seit Beginn der Beschäftigung mit dieser wissenschaftlichen Arbeit und Studie zunehmend deutlich. Bei der Werbung von Probanden im Jahr 2013 war das Interesse, den eigenen Energieverbrauch im Alltag zu erfahren, bei vielen möglichen Teilnehmern eher verhalten. Eine Apparatur am Arm zu tragen, die größer ist als eine gewöhnliche Uhr erschien unpraktisch, der Nutzen wurde als gering eingeschätzt.

Gleichwohl in 2013 schon vergleichbare Geräte, sogenannte „Fitness-Tracker“ oder „Wearables“ erhältlich waren, scheint es inzwischen für einige Menschen nutzbringend zu sein, jeden Tag die Schrittzahl und den Kalorienverbrauch zu erfassen, zu speichern und zu vergleichen. Die Geräte werden in unterschiedlicher Ausführung als Lifestyle Produkt von verschieden Herstellern angeboten, als Wachstumsmarkt angesehen und somit auch medial rezipiert [1].

Auch wenn sich diese Studie nur mit einem kleinen Ausschnitt der Möglichkeiten zur Erfassung von Aktivitätsdaten mit einem arbeitsmedizinischen oder ernährungsmedizinischen Ansatz beschäftigt, so geben aktuelle Übersichtsarbeiten bereits einen Ausblick über Etablierung der zugrundeliegenden Methodik in den Bereichen der Bevölkerungsprävention (Verminderung von Adipositas) oder Einbindung in Lebensversicherungskonzepte (Rabatt für Kunden mit messbar „aktiven“ Lebensstil) [2].

Schließlich bin ich froh, mich in einem so aktuellen und umfassenden Themenfeld wissenschaftlich betätigt zu haben.

Frederick Charles Roskoden im Januar 2019

Inhaltsverzeichnis

Deckblatt
Vorwort
Inhaltsverzeichnis
Tabellenverzeichnis
Abbildungsverzeichnis
Abkürzungsverzeichnis
1 Einleitung 7
2 Material und Methoden 10
2.1 Studienablauf 10
2.2 Körperliche Aktivität und SenseWear Body Media 12
2.3 Metabolismus und Energieumsatz 13
2.4 Ernährungsgewohnheiten 13
2.5 Chronischer Stress 13
2.6 Schlafqualität 13
2.7 Anthropometrie 14
2.8 Statistische Überlegungen 14
3 Ergebnisse 16
3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Publikation 16
3.1.1 Allgemeine Daten 16
3.1.2 Körperliche Aktivität 17
3.1.3 Schlafqualität 21
3.1.4 Chronischer Stress 21
3.1.5 Ernährungsgewohnheiten 23
3.2 Unveröffentlichte Daten und Analyseergebnisse 26
3.2.1 Körperliche Aktivität in Aktivitätsniveaus in den Probandengruppen für die Gesamtzeit 26
3.2.2 Körperliche Aktivität in Aktivitätsniveaus in den Probandengruppen für die Arbeitszeiten 27
3.2.3 Auswertung der körperliche Aktivität in Aktivitätsniveaus und Interpretation als Aktivitätsmuster 28
4 Diskussion 30
4.1 Zusammenfassung der Diskussion aus zugrundeliegenden Publikation 30

4.1.1 Allgemeine Daten 30
4.1.2 Körperliche Aktivität 30
4.1.3 Chronische Stressbelastung 32
4.1.4 Ernährungsgewohnheiten 33
4.1.5 Limitationen 35
4.2 Diskussion der unveröffentlichten Ergebnisse zu unterschiedlichen Aktivitätsniveaus 36
4.3 (neue) nicht veröffentliche Diskussionsansätze 38
5 Zusammenfassung 40
Literaturverzeichnis
Eidesstattliche Erklärung
Lebenslauf
Danksagung
Anhang
Publikationsartikel

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Basisdaten der Probanden in Gruppen und Subgruppen 17

Tabelle 2: Mediane prozentuale Verteilung des Aktivitätsniveaus für die gesamte Beobachtungszeit nach METs für Gruppen und Subgruppen 27

Tabelle 3: Mediane prozentuale Verteilung des Aktivitätsniveaus für die Gesamtheit der Arbeitszeiten nach METs für Gruppen und Subgruppen 28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Grafische Darstellung zum schematischen Ablauf der Studie 11

Abbildung 2 – Grafische Darstellung des SensewearPro3 Armbandes 12

Abbildung 3 – Individuelle körperliche Aktivität in metabolic equivalents of task (METs) für Schichtarbeitende und nicht-Schichtarbeitende, sowie deren Subgruppen 18

Abbildung 4 – Gesamtschrittzahl pro Minute der Tragedauer für Schichtarbeitende und nicht-Schichtarbeitende, sowie deren Subgruppen 19

Abildung 5 – Individueller Ruheenergieumsatz in metabolic equivalents of task (METs) für Gruppen und Subgruppen 20

Abbildung 6 – Anteil der Teilnehmer mit gestörter Schlafqualität gemäß Pittsburgh-Sleep-Quality Index (PSQI) 21

Abbildung 7 – Positive Testbefunde der Teilnehmer für Stressbelastungen in verschiedenen Kategorien des Trierer Inventars zum chronischen Stress (TICS) für Gruppen und Subgruppen 22

Abbildung 8 – Tägliche Energiezufuhr (A) und tägliche anteilige Fettzufuhr der Nahrung (B) für Gruppen und Subgruppen 24

Abbildung 9 – Täglich anteilige Kohlenhydrat- (A) und Zuckerzufuhr (B) für Gruppen und Subgruppen 25

Abkürzungsverzeichnis

BIA - bioelektrische Impedanzanalyse

BMI - Body-Mass-Index

bspw. - beispielsweise

bzw. - beziehungsweise

etc. - et cetera

MET(s) - metabolic equivalent(s) of task

NG - nicht-schichtarbeitende Gruppe

NN - nicht-schichtarbeitende Subgruppe der Pflegekräfte

NO - nicht-schichtarbeitende Subgruppe des Verwaltungspersonals

PSQI - Pittsburgh Sleep Quality Index

SF - Standardfehler

SG - schichtarbeitende Gruppe

SN - schichtarbeitende Subgruppe der Pflegekräfte

SWA - SensewearPro3 Armband

TICS - Trier Inventar zum chronischen Stress

1 Einleitung

Dieser Arbeit liegt die Publikation „Physical activity, energy expenditure, nutritional habits, quality of sleep and stress levels in shift-working health care personnel" [3] zugrunde. Um die Verständlichkeit dieser Arbeit zu verbessern wurden die Grafiken aus der Publikation entnommen und wichtige Passagen erneut wiedergegeben.

Ferner werden neue Aspekte und nicht veröffentlichte Ergebnisse dargestellt, wobei diese Arbeit die Publikation ergänzen soll.

Der Einfluss und die Folgen von Schichtarbeit auf die menschliche Physiologie und Gesundheit werden in der Literatur umfangreich behandelt. Bei einem wachsenden Anteil von 15 bis 20% Schichtarbeitern in Industrieländern [4] sei nochmal auf die Notwendigkeit von Untersuchungen hierzu hingewiesen.

Eine Meta-Analyse von Veröffentlichungen der letzten 40 Jahre zeigte zumindest für regelmäßige Nachtschichtarbeit ein um 57% signifikant erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines metabolischen Syndroms [5]. Zusammenfassend sei die Clusterbildung von Risikofaktoren für das metabolische Syndrom [6;7], sowie einzelne Hinweise für Herz-Kreislauferkrankungen, Krebserkrankungen und Magen-Darm-Erkrankungen betont [8–10].

Als mögliches Erklärungsmodell für den vermeintlich negativen Einfluss von Schichtarbeit auf insbesondere die kardiovaskuläre Gesundheit [11] gilt die Melatoninhypothese, welche die unterdrückte nächtliche physiologische Ausschüttung des Hormons Melatonin hierfür verantwortlich macht [12].

Als mögliche Untersuchungskohorte eignet sich Personal im Gesundheitswesen, welches in den meisten Fällen einem Schichtarbeitssystem ausgesetzt ist. Zu dieser Gruppe gibt es bereits viele zum Teil widersprüchliche, aber auch nur bedingt vergleichbare Studien und Publikationen.

So finden sich einige Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Übergewicht und Schichtarbeit im Gesundheitswesen. In einer japanischen Kohorte mit Krankenschwestern konnte beispielsweise (bspw.) ein signifikant höherer Body-Mass-Index (BMI) für Schichtarbeitende im Vergleich zu Tagarbeitende identifiziert werden [13], selbst wenn dieser für Lifestyle Faktoren in multivariaten Analysen korrigiert wurde. Ebenfalls ein signifikant erhöhter BMI von >30 kg/m² war in einer skandinavischen Studie für weibliche Schichtarbeitende aller Altersgruppen detektiert worden. Ebenso in dieser Kohorte zeigten sich signifikant erhöhte Triglycerid-Werte für Schichtarbeiterinnen in den vierziger und sechziger Lebensjahren [10]. Eine

polnische Studie, die 724 weibliche Krankenschwestern untersuchte, zeigte ein erhöhtes Risiko für Übergewicht bei einem BMI von >30 kg/m² mit einem Odds-Ratio=3.9 (95%-Konfidenzintervall: 1,5-9,9) bei Personal, das mindestens 8 Nachtschichten im Monat arbeitete [14].

Verminderte körperliche Aktivität ist bspw. ein untersuchter Risikofaktor für reduzierte Insulinsensivität [15]. Deshalb kann betrachtet werden, wie diese bei Schichtarbeitenden reduziert ist, um einen Erklärungsansatz für die mögliche Häufung metabolischer Erkrankungen zu liefern.

Die US-amerikanische National Health and Nutrition Examination Survey von 2005-2006 konnte weniger Phasen mit moderat gesteigerter körperlicher Aktivität bei Nachtschichtarbeitenden im Vergleich zu am Tage arbeitenden aufzeigen, wobei die Gesamtheit der moderaten körperlichen Aktivität nicht signifikant verschieden war. Probanden in wechselnder Schichttätigkeit zeichneten sich durch signifikant vermehrte geringe körperliche Aktivität aus [16].

Zusätzlich wurden Ernährungsgewohnheiten, Schlafqualität und chronische Stressbelastung verglichen. Einen ähnlichen multimodalen Ansatz, also eine Analyse verschiedener Kategorien, verfolgten vergleichbare Studien mit einem arbeitsmedizinischen Ansatz [14;17;18].

Es erscheint möglich, dass Schichtarbeit die circadiane Rhythmik negativ beeinflusst [9], wobei erhöhte Tagesmüdigkeit und verkürzte Schlafphasen zwischen den Schichten bei untersuchten US-amerikanischen Pflegekräften nachgewiesen sind [19].

Die Annahme, dass Schichtarbeit ein erhöhtes Risiko für Erkrankungen aus dem Kreis des metabolischen Syndroms bedingen könnte [10;20], führte bereits zu Untersuchungen, welche veränderte Ernährungsgewohnheiten bei einer solchen Tätigkeit als ursächlich postulierten. Die Studienlage zeigt sich hier uneinheitlich, es scheint, dass mögliche Unterschiede nur geringfügig zu detektieren sind. Die Auswertung von Ernährungs- und Fragebögenscores bei schichtarbeitenden und nicht-schichtarbeitenden Beschäftigten in der Gastronomie konnte keinen Unterschied im Ernährungsverhalten darstellen [21]. Eine signifikant veränderte Energieaufnahme konnte durch eine Meta-Analyse von 12 verschiedenen Studien zwischen Tag- und Wechselschichtarbeitenden nicht herausgestellt werden. Wobei geringfügige Unterschiede in der Ernährungszusammensetzung und der Frequenz der Nahrungsaufnahme diskutiert wurden [22].

In der Studie, die zu den Ergebnissen der vorliegenden Publikation führte [3], wurde die Untersuchung der körperlichen Aktivität von schichtarbeitendem Pflegepersonal im Vergleich zu nicht-schichtarbeitendem Pflegepersonal sowie regulär arbeitenden Verwaltungspersonal in den Vordergrund gestellt.

Die Zusammensetzung der Studienpopulation sollte im weiteren Sinne auch dem „Healthy-worker-effect“ Rechnung tragen. Es wird postuliert, dass eine berufstätige Studienkohorte bessere gesundheitliche Voraussetzungen, als die Normalbevölkerung aufweist. Deshalb ist nur bedingt ein Vergleich zwischen diesen Gruppen möglich [23]. Durch das Studiendesign wurden hier ausschließlich berufstätige Probanden in den verschiedenen Kategorien vergleichend untersucht.

Die Auswahl der Parameter, die sich neben biologisch-physiologischen Aspekten, wie körperlicher Aktivität auch an psychologischen Aspekten, wie Schlafqualität und Stressbelastung orientiert, respektiert den anerkannten umfassenden Ansatz der Medizin des biopsychosozialen Modells nach GL Engel [24].

Die Tatsache, dass im Gesundheitswesen Schichtarbeit in weiten Teilen vorherrschend ist und auch zukünftig notwendig sein wird, veranlasste zu dieser Studie. Die Ergebnisse bereits umfänglich vorangegangener Untersuchungen sollen ergänzt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Studienablauf

Der schematische Ablauf der Studie ist in **Abbildung 1** dargestellt. Es erfolgte zunächst eine Genehmigung durch die Ethikkommission an der Medizinischen Fakultät der Universität Greifswald im Juli 2013 und die Registrierung unter der Nummer BB 055/13.

Die Rekrutierung freiwilliger Probanden erfolgte im Zeitraum von 2013 bis 2014. Alle Teilnehmer waren mindestens 18 Jahre alt. Es erfolgte eine Anamnese zur medizinischen Vorgeschichte. Diese war bis auf gelegentlich berichtete Rückenschmerzen oder arteriellen Hypertonus unauffällig.

Eine Aufwandsentschädigung wurde nicht gezahlt. Als Anreiz zur Teilnahme wurde jedem Probanden eine persönliche Auswertung seiner Ergebnisse angeboten.

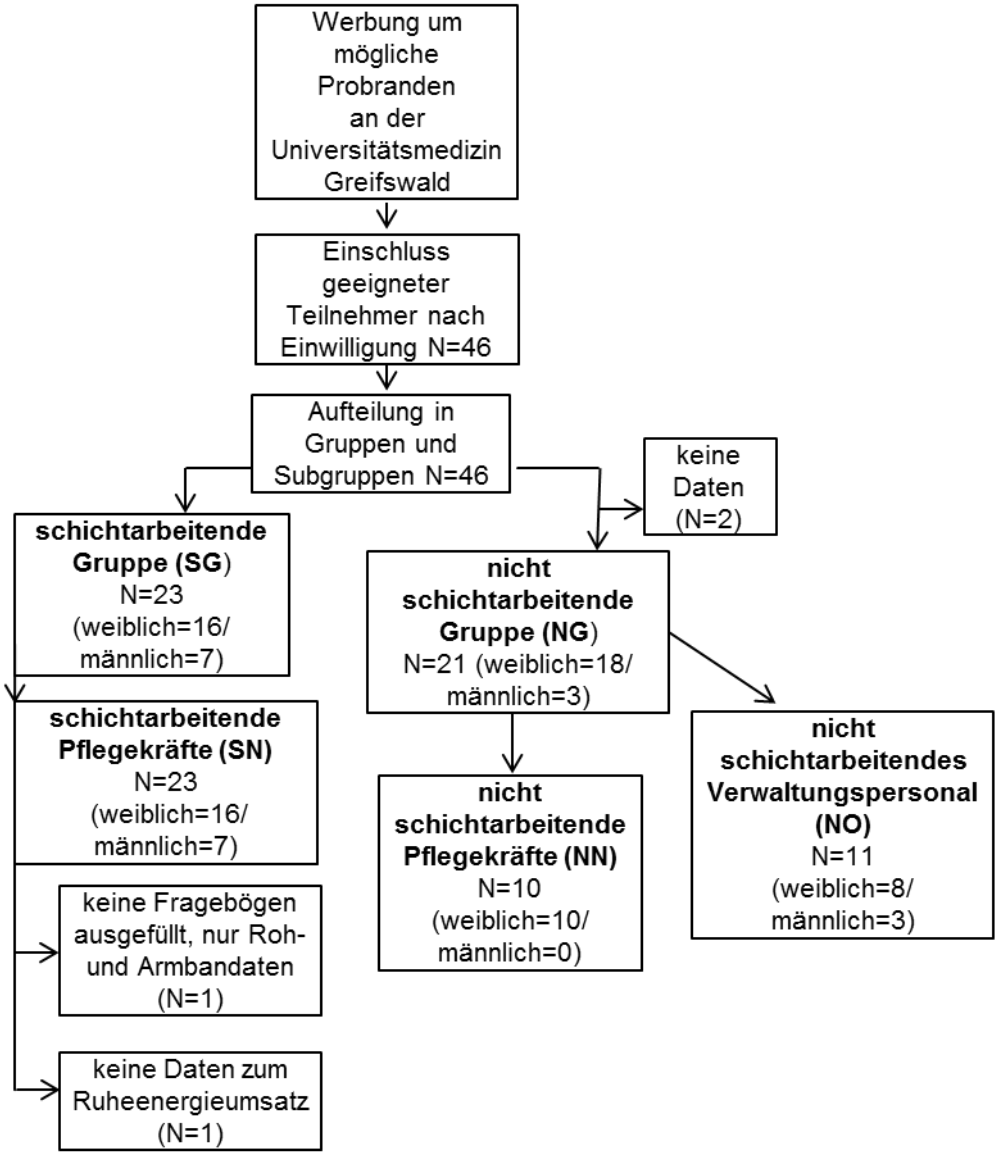


Abbildung 1 - Grafische Darstellung zum schematischen Ablauf der Studie
(*adaptiert nach:* Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983)

Die Aufteilung der Studienpopulation ergab sich wie folgt: Eine schichtarbeitende Gruppe (SG) bestehend aus Pflegepersonal, welches in einem wechselnden Dreischichtsystem tätig ist. Diese Gruppe stellte auch gleichzeitig die Untergruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte (SN) dar. Weiterhin wurde eine Gruppe aus nicht-schichtarbeitendem Personal der Universitätsmedizin rekrutiert (NG). Diese unterteilte sich in ausschließlich tagsüber arbeitendes Pflegepersonal aus Ambulanzen, Diagnostik et cetera (etc.) (NN) und am Tag arbeitendem Verwaltungs- beziehungsweise (bzw.) Büropersonal (NO).

2.2 Körperliche Aktivität und SenseWear Body Media

Die Messung der körperlichen Aktivität der Probanden erfolgte mit dem Multisensor-Armband SensewearPro3 (SWA) der Firma Bodymedia Inc. (Pittsburgh, PA, USA) dargestellt in **Abbildung 2**.

Abbildung 2 - Grafische Darstellung des SensewearPro3 Armbandes

Das SWA ist validiert zur Ermittlung des Gesamtenergieverbrauchs und des Ruheenergieumsatzes gemessen am Goldstandard der indirekten Kalorimetrie [25].
Die Messung der körperlichen Aktivität erfolgt in „metabolic equivalents of task“ (METs). Wobei 1 MET die Dimension von 1 kcal (=4,2 kJ) pro kg-Körpergewicht pro Stunde hat.
Leichte körperliche Betätigung (und auch Ruhe) werden mit bis zu 3,0 METs registriert. Bei einem Aktivitätsniveau von ≥3,0 bis <6,0 METs spricht man von moderater körperlicher Aktivität. Von hoher körperlicher Aktivität wird bei Werten von ≥6,0 bis <9,0 METs ausgegangen, während die höchste Stufe ≥9,0 METs mit sehr hoher körperlicher Aktivität bezeichnet wird [26].
Die Probanden waren angehalten das Armband für sieben Tage zu tragen. Weiterhin wurde ein Tagebuch geführt in dem die Arbeits-, Frei- und Schlafzeit und optional weitere Aktivitäten dokumentiert wurden. Das SWA erfasste auch die Schrittzahl der Probanden.
Nach Auswertung mit der Software des Herstellers, ergaben sich der Gesamtenergieverbrauch in METs, der Anteil der Zeit an dem mehr als 3 METs erreicht wurden und die Schrittzahl pro Minute der Tragedauer.

2.3 Metabolismus und Energieumsatz

Die Registrierung des Grundumsatzes der Probanden erfolgte ebenfalls über das SWA. Hierfür wurden die MET-Werte der jeweiligen Probanden während einer Stunde in einer frühen Schlafphase ermittelt. Dieses Verfahren wird vom Hersteller empfohlen und stellt eine Näherung an den Ruheenergieumsatz dar.

Der ermittelte Wert in METs erlaubte eine Charakterisierung der Probanden hinsichtlich ihres Ruheenergieumsatzes in hypo- (≤0,9 METs), normo- (>0,9, <1,1 METs) und hypermetabolisch (≥1,1 METs).

2.4 Ernährungsgewohnheiten

Zur Analyse der Ernährung der Probanden, wurden diese gebeten für sieben Tage ein Ernährungstagebuch zu führen, dessen Inhalt mit der OptiDiet© Software der Firma GOE GmbH (Linden, Deutschland) ausgewertet wurde.

Schließlich erfolgte die Ausgabe der täglichen Energieaufnahme in kcal, sowie des Anteils von Fetten, Protein und Kohlenhydraten der Gesamtnahrung, mit einer zusätzlichen Analyse des Zuckeranteils in Prozent.

Als Lebensstilgewohnheit wurde Nikotinkonsum in Packyears erfasst. Hierbei wurde der Nikotinkonsum von einer Schachtel Zigaretten pro Tag über ein Jahr, als ein Packyear erfasst.

2.5 Chronischer Stress

Die Evaluation der chronischen Stressbelastung der Probanden erfolgte mit Hilfe des Fragebogens Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS). Dieser erlaubt eine Unterscheidung der chronischen Stressbelastung in den Kategorien „Arbeitsüberlastung“, „soziale Überlastung“, „Erfolgsdruck“, „Unzufriedenheit mit der Arbeit“, „Überforderung bei der Arbeit“, „Mangel an sozialer Anerkennung“, „soziale Spannungen“, „soziale Isolation“, „chronische Besorgnis“ und eine globale Stresskategorie „Screeningscala zum chronischen Stress“. Die Stressbelastung wird für den Zeitraum der letzten drei Monate erfragt [27].

2.6 Schlafqualität

Die Messung der Schlafqualität der Probanden erfolgte zum einen aus den Daten des SWA. Hierfür wurde das Verhältnis aus Liegezeit und tatsächlicher Schlafzeit, als Schlafeffizienz ausgewertet.

Außerdem wurden alle Studienteilnehmer gebeten den Fragebogen zum Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) zu beantworten. Dieser erfasst als Selbsteinschätzung in 19 Items die Untergruppen Schlafqualität, Schlaflatenz, Schlafdauer, Schlafeffizienz, sowie Schlafunterbrechungen, die Einnahme von Hypnotika und die Tagesmüdigkeit [28]. Ein erhobener Score von >5 Punkten bedeutet eine gestörte bzw. verminderte Schlafqualität.
Es liegen dadurch Daten in dieser Studie über die subjektive Schlafqualität (Fragebogen) und die objektive Schlafeffizienz (per SWA) vor.

2.7 Anthropometrie

Von allen Probanden wurde Körpergröße, Gewicht, Hüft- sowie Taillenumfang gemessen. Hieraus wurden die Kennzahlen BMI und Taillen-Hüft-Verhältnis berechnet. Gemäß World Health Organization Veröffentlichungen kann das Taillen-Hüft-Verhältnis oder auch der alleinige Taillenumfang als Maß für Übergewicht angewendet werden [29].
Grenzwerte werden für Männer bei >0,9 und für Frauen bei >0,85 gesehen, wobei das Überschreiten dieser Grenzwerte ein erhöhtes Risiko für Stoffwechselkrankheiten darstellen könnte [29].
Die Körperzusammensetzung wurde mit der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) ermittelt. Hierfür erfolgte eine Messung mit dem Nutriguard-M und Auswertung mit der zugehörigen NutriPlus-Software der Firma Data Input GmbH (Pöcking, Deutschland). Dadurch konnten Köperfett- und Körperwasseranteil, sowie Körperzellmasse, extrazelluläre Masse, dem Verhältnis dieser beiden Parameter und der Phasenwinkel für jeden Probanden bestimmt werden. Diese Parameter sollten vor allem einen Vergleich der Qualität der Körperzusammensetzung ermöglichen.

2.8 Statistische Überlegungen

Die statistische Bearbeitung erfolgte mit der Software SAS 9.3 (SAS Institute Cary, NC, USA). Grafiken und weitere Berechnungen wurden mit Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc. San Jose, CA, USA) erstellt und durchgeführt.
Um die geringe Stichprobengröße bzw. Teilnehmerzahl zu beachten, beziehen sich eigene deskriptive statische Angaben in der Publikation und dieser Arbeit, falls nicht anders gekennzeichnet, auf den Median ± Standardfehler (SF).

Auch die zusätzlichen Ergebnisse und statistischen Untersuchungen dieser Arbeit unterliegen der selben Methodik wie die zugrundeliegende Publikation [3], sodass der exakte Test nach Fischer für nicht-kontinuierliche Variablen verwendet wurde, sowie die ANOVA für kontinuierliche Variablen. Für die ANOVA-Berechnungen wurde auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk Test und auf Gleichheit der Varianzen mit dem Levene-Test weiterhin mit dem Brown-Forsythe Test überprüft.
Bei fehlenden Voraussetzungen zur Nutzung von ANOVA-Berechnungen, wurde der nicht parametrische Wilcoxon-Mann-Whitney Test für den Vergleich von zwei Stichproben (Gruppen SG und NG) und der Kruskal-Wallis-Test bei drei Stichproben (Subgruppen SN, NN und NO) verwendet.
Für Post-hoc Analysen der Subgruppenvergleiche wurde bei ANOVA-Berechnungen der Tukey-Test genutzt. Für nicht-kontinuierliche Variablen und die nicht-parametrischen Testverfahren wurde bei den Subgruppenanalysen die Bonferroni-Korrektur für multiples Testen einbezogen.
Generell wurde bei einem p-Wert von $<0,05$ eine ausreichende Signifikanz angenommen. Bei Annahme anderer Signifikanzniveaus wurden diese an entsprechender Stelle gekennzeichnet.

3 Ergebnisse

3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Publikation

3.1.1 Allgemeine Daten

Erhobene Daten insbesondere Alter, Anthropometrie und Nikotinkonsum für die Gruppen und Subgruppen sind in **Tabelle 1** zusammenfassend dargestellt.

Zunächst konnte ein signifikanter Altersunterschied ($p<0,001$) zwischen der Gruppe der älteren NG und SG festgestellt werden. Wobei die Untergruppe der NN signifikant ($p<0,05$) älter war als die übrigen beiden Untergruppen. Die Anzahl an Packyears in Bezug auf den Nikotinkonsum war bei den Schichtarbeitenden signifikant höher als für die nicht-schichtarbeitende Gruppe.

Keine signifikanten Unterschiede konnten bezüglich BMI und Taillen-Hüftverhältnis gezeigt werden. Gleiches war für die qualitative Körperzusammensetzung aus den BIA-Messungen festgestellt worden.

Tabelle 1: Basisdaten der Probanden in Gruppen und Subgruppen

Mittelwerte±Standardfehler, (Median-Wert), gerundete Werte

*p<0,05, ***p<0,001

(Sub)Gruppe / Parameter	schichtarbeitende Gruppe *GLEICHZEITIG* schichtarbeitendes Pflegepersonal (N=23)	nicht-schichtarbeitende Gruppe (N=21)	nicht-schichtarbeitende Pflegekräfte (N=10)	nicht-schichtarbeitendes Verwaltungspersonal (N=11)
Alter (Jahre)	31,0±1,9 (27,0)	41,6±2,0 (43,0)***	46,7±1,5 (47,0) *	37,0±3,0 (33,0)
Größe (cm)	172,0±2,4 (170,0)	168,0±1,3 (167,0)	167,5±1,3 (167,5)	169,0±2,1 (167,0)
Gewicht (kg)	76,35±4,2 (72,0)	72,0±3,3 (72,0)	75,7±5,1 (74,0)	68,6±4,2 (65,0)
BMI in ($kg \cdot m^{-2}$)	25,7±1,3 (23,8)	25,4±1,1 (24,2)	27,1±2 (26,0)	23,9±1,1 (23,9)
Taillen-Hüft-Verhältnis	0,9±0,01(0,9)	0,8±0,02 (0,9)	0,8±0,02 (0,9)	0,8±0,03 (0,9)
Armbandtragerate (%)	96,5±1,0 (98,4)	93,0±2,4 (97,6)	89,6±4,8 (97,5)	96,1±1,3 (97,8)
Packyears (Jahre)	4,3±1,2 (3)*	1,8±0,8 (0)	2,5±1,5 (0)	1,18±0,6 (0)
Phasenwinkel (°)	6,1±0,2 (6,0)	5,9±0,1 (6,0)	5,9±0,2 (5,7)	6,0±0,2 (6,0)
Körperzellmasse (%)	52,1±0,8(52,0)	51,5±0,7 (51,7)	51,5±0,8 (50,5)	51,5±1,0 (51,8)
Körperfettanteil (%)	26,0±2,2 (25,2)	27,1±1,6 (24,6)	30,5±2,7 (33,5)	24,0±1,3 (23,6)

(adaptiert nach: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

3.1.2 Körperliche Aktivität

Die körperliche Aktivität in den untersuchten Gruppen und Subgruppen in METs ist in **Abbildung 3** grafisch veranschaulicht. Obwohl die schichtarbeitende Gruppe hierbei ein tendenziell höheres Aktivitätsniveau und auch eine höhere Schwankungsbreite aufzeigte (siehe **Abbildung 3A**), war dieser Unterschied nicht signifikant. Somit konnten bezüglich der körperlichen Aktivität in METs keine signifikanten Unterschiede für die Gesamtbeobachtungszeit gefunden werden.

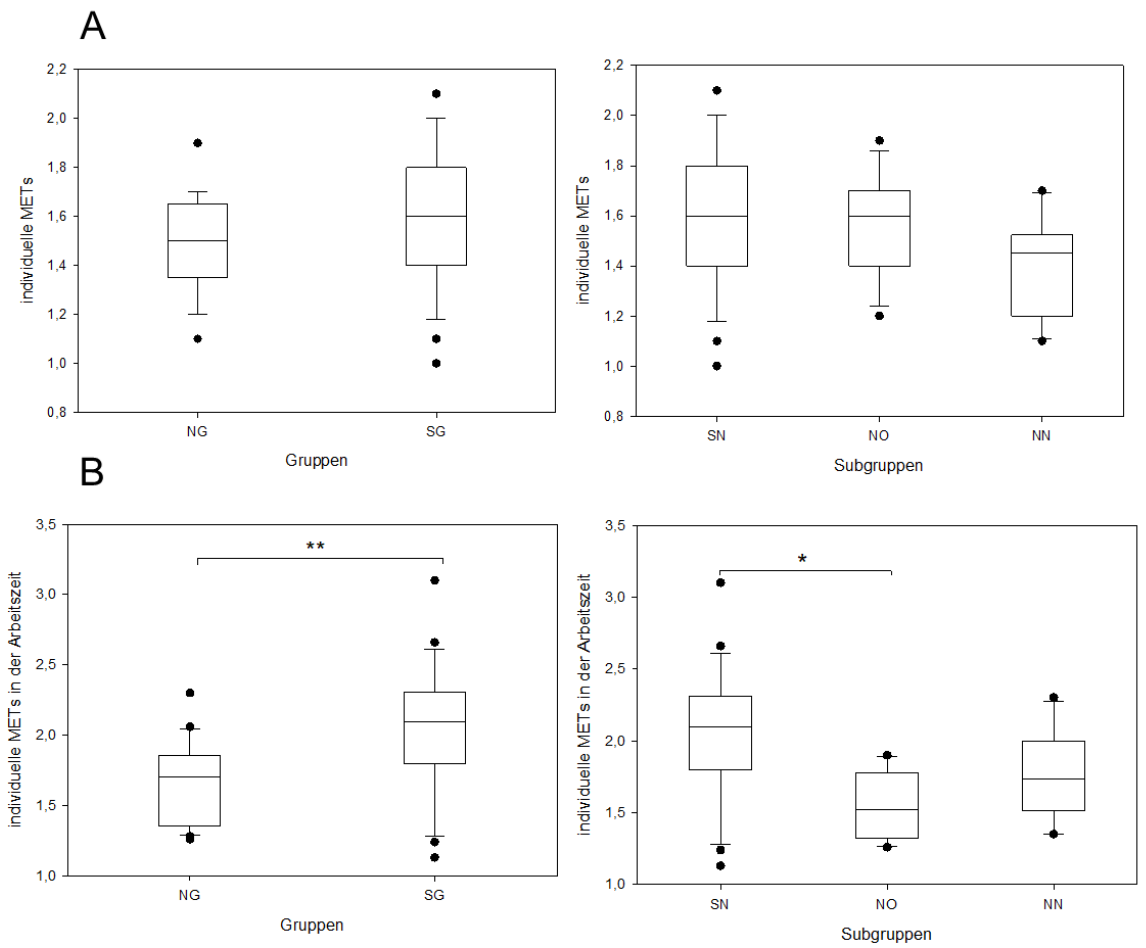


Abbildung 3 - Individuelle körperliche Aktivität in metabolic equivalents of task (METs) für Schichtarbeitende und nicht-Schichtarbeitende, sowie deren Subgruppen. A: Aktivität in METs für den gesamten Beobachtungszeitraum. B: Aktivität in METs nur für die Arbeitszeit. Die Grenzen der Boxplots schließen jeweils das erste und dritte Quartil ein. Die Whiskers schließen den oberen und unteren Maximalwert ein. Ausreißer sind durch Punkte gekennzeichnet. Die schichtarbeitende Gruppe und die Subgruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte sind faktisch identisch. Die MET-Werte wurden durch einen eigenen Algorithmus der SenseWear Software errechnet. Arbeitszeiten sind jeweils separat aus dem Tagebuch der Probanden ermittelt. **NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal. *p<0,05, **p<0,01.
(adaptiert nach: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

Wurden lediglich die Arbeitszeiten betrachtet (siehe **Abbildung 3B**) so ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den Hauptgruppen NG und SG (Median 2,1 versus 1,7 METs, p<0,01). Bei den Subgruppen ergab sich ebenso ein signifikanter Unterschied zwischen schichtarbeitendem Pflegepersonal und dem Verwaltungspersonal (Median 2,1 versus 1,52 METs, p<0,05). Wobei das Verwaltungspersonal insgesamt die geringste körperliche Aktivität nach METs während der Arbeit zeigte.

Die Auswertung der relativen Schrittzahl der Probanden (pro Minute der Gesamttragezeit) ist in **Abbildung 4** dargestellt. Es ergab sich eine signifikant vermehrte relative Schrittzahl bei der Gruppe der Schichtarbeitenden im Vergleich zu den nicht-Schichtarbeitenden (p=0,012). Der Unterschied bildete sich auch signifikant in der Subgruppenanalyse ab. Die post-hoc Analyse (mittels Tukey-Test) konnte jedoch keine Signifikanz zwischen den vergleichbaren Paarungen herstellen.

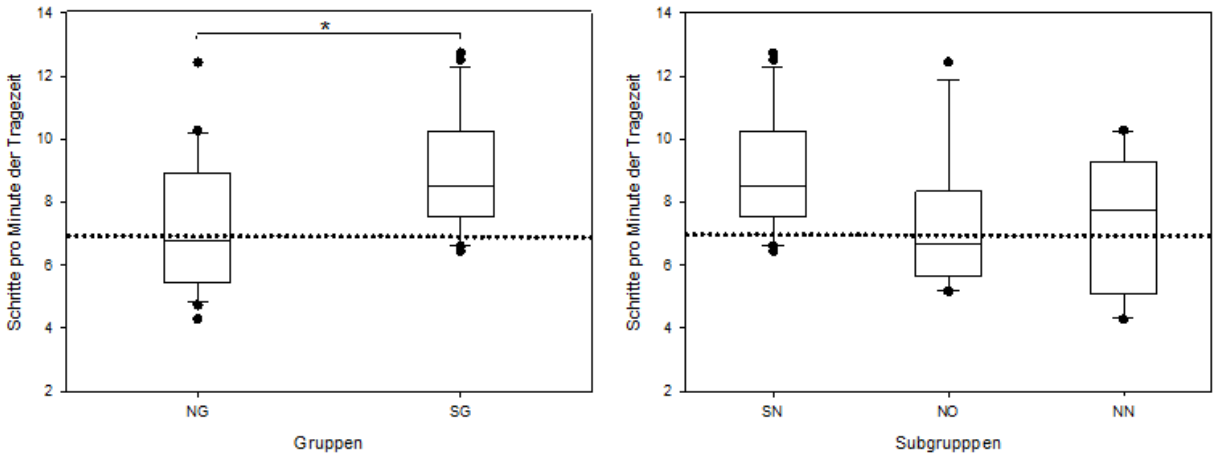
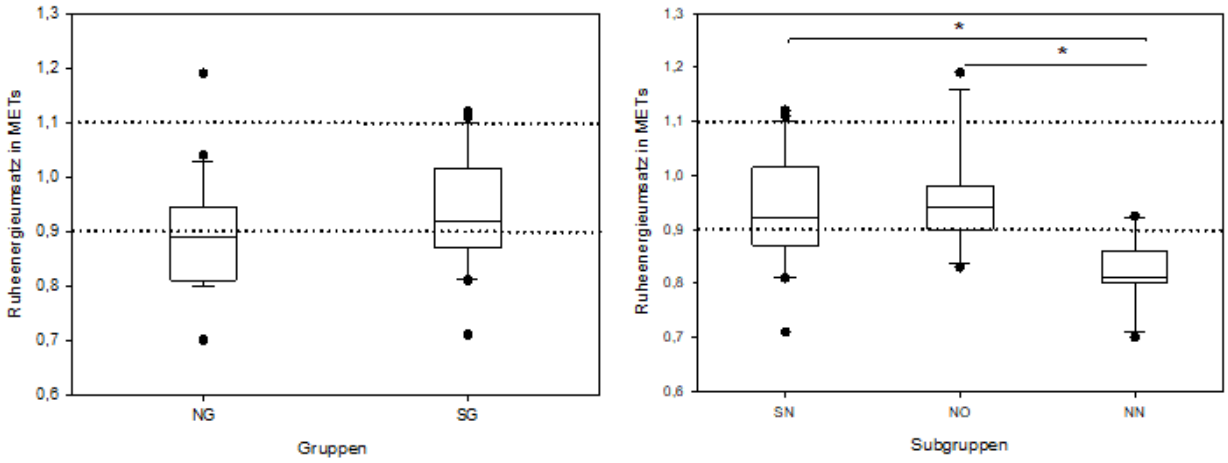


Abbildung 4 - Gesamtschrittzahl pro Minute der Tragedauer für Schichtarbeitende und nicht-Schichtarbeitende, sowie deren Subgruppen. Die Grenzen der Boxplots schließen jeweils das erste und dritte Quartil ein. Die Whiskers schließen den oberen und unteren Maximalwert ein. Ausreißer sind durch Punkte gekennzeichnet. Die schichtarbeitende Gruppe und die Subgruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte sind faktisch identisch. Die Gesamtschrittzahl pro Minute wurde aus der vom Armband ermittelten Schrittzahl dividiert durch die Gesamttragedauer ermittelt. Die gepunktete Linie kennzeichnet die Grenze von 10000 Schritten pro Tag (entspricht 6,94 Schritte pro Minute). **NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal. *p<0,05. *(adaptiert nach:* Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

Gleichwohl die Parameter METs und relative Schrittzahl die Aktivität der Probanden charakterisierten, war die Korrelation zwischen beiden zwar signifikant (p<0,001) aber gering ausgeprägt (Spearman‘s Rho = 0.559). Eine zusätzliche Analyse der relativen Schrittzahl während der Arbeitszeiten ist nicht gesondert grafisch dargestellt. Es zeigte sich eine hochsignifikant höhere (p<0,001) Schrittzahl bei den Schichtarbeitenden im Vergleich zu den nicht-Schichtarbeitenden. Für die Arbeitsphasen war die Korrelation zwischen METs und relativer Schrittzahl deutlich stärker ausgeprägt (Spearman‘s Rho = 0,763, p<0,05) als bei der Gesamtbeobachtungszeit.

Die Ergebnisse der Auswertung des Ruheenergieumsatzes der Probanden nach Gruppen und Subgruppen sind in **Abbildung 5** dargestellt. Während zwischen der Gruppe der Schichtarbeitenden und nicht-Schichtarbeitenden kein signifikanter Unterschied herausgestellt werden konnte, so zeigte sich dieser im Vergleich der Subgruppen. Das nicht-schichtarbeitende Pflegepersonal zeigte mit einem medianen Wert von 0,8 METs einen signifikant niedrigeren ($p<0,05$) Ruheenergieumsatz, als die übrigen beiden Subgruppen.



Abildung 5 - Individueller Ruheenergieumsatz in metabolic equivalents of task (METs) für Gruppen und Subgruppen. Die Grenzen der Boxplots schließen jeweils das erste und dritte Quartil ein. Die Whiskers schließen den oberen und unteren Maximalwert ein. Ausreißer sind durch Punkte gekennzeichnet. Die schichtarbeitende Gruppe und die Subgruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte sind faktisch identisch. Die gepunkteten Linien stellen die Grenzen für Ruheenergieumsatz dar, charakterisiert als hypometabolischen (≤0,9 METs) und hypermetabolischen Zustand (≥1,1 METs). **NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal. *$p<0,05$.
(adaptiert nach: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

Aus **Abbildung 5** geht hervor, dass sich das schichtarbeitende Pflegepersonal hauptsächlich im Bereich des normometabolischen Energieumsatzes bewegte. Das nicht-schichtarbeitende Pflegepersonal zeigte insgesamt einen Trend zum hypometabolischen Ruheenergieumsatz.

3.1.3 Schlafqualität

Es konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Schlafqualität in den Untersuchungsgruppen gezeigt werden. Dies gilt sowohl für die Auswertung der Pittsburgh Sleep Quality Fragebogen-Daten, als auch für die Schlafeffizienz, die mit den SWA-Daten ermittelt wurde. In **Abbildung 6** ist der Anteil der Probanden in den jeweiligen Gruppen veranschaulicht, die nach den Kriterien des PSQI-Fragebogens eine mangelhafte Schlafqualität aufzeigten. In allen Gruppen und Subgruppen zeigte insgesamt mindestens die Hälfte der Probanden eine gestörte Schlafqualität gemäß dem PSQI-Fragebogens. Die Anzahl der Probanden mit einem PSQI-Score >5 Punkte war nicht signifikant verschieden in Gruppen und Subgruppen.

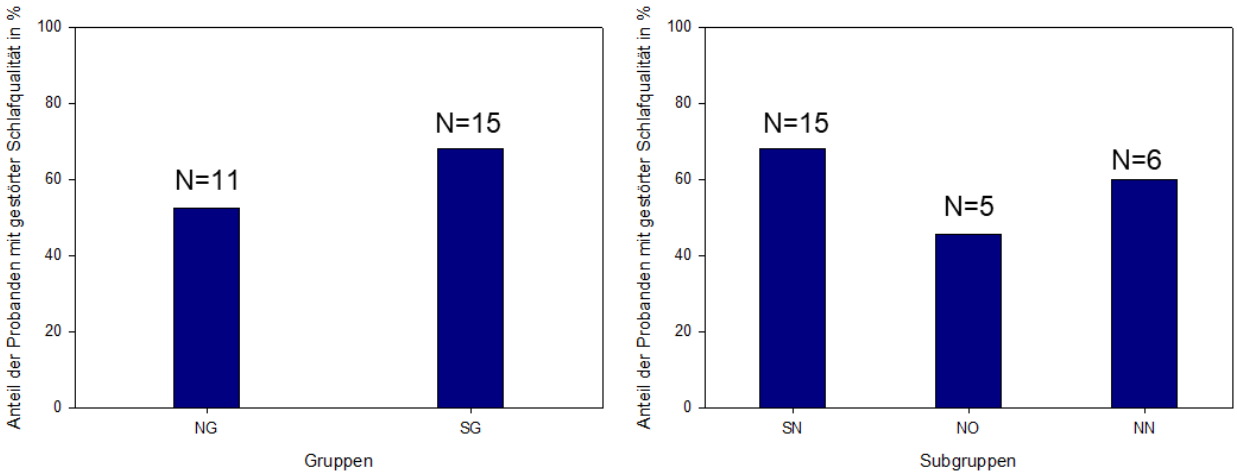


Abbildung 6 - Anteil der Teilnehmer mit gestörter Schlafqualität gemäß Pittsburgh-Sleep-Quality Index (PSQI). Anteil in Prozent (%). Probanden mit einem Gesamtscore von >5 Punkten haben gemäß PSQI-Score eine eingeschränkte/ gestörte Schlafqualität. **NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal.

(adaptiert nach: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

3.1.4 Chronischer Stress

Die Analyse der Daten aus den TICS-Fragebögen ist für die einzelnen Kategorien zum chronischen Stress in den beiden Gruppen und Subgruppen in **Abbildung 7** dargestellt. Der Anteil von „positiven Befunden“ der Probanden in den Gruppen und Subgruppen wird für die jeweilige Stresskategorie dargestellt.

Zunächst zeigt sich ein vergleichsweise niedrigerer Anteil an positiven Befunden für alle Kategorien in der Subgruppe der nicht-schichtarbeitenden Bürokräfte. Signifikante Unterschiede konnten jedoch nur für wenige Kategorien bestätigt werden. In der Globalkategorie „Screeningsscala zum chronischen Stress“ zeigte sich ein deutlich höherer Anteil für die schichtarbeitenden Pflegekräfte.

Die Kategorie „soziale Überlastung“ wurde signifikant häufiger von Schichtarbeitenden positiv beantwortet. Diese Kategorie spiegelt die als Stress wahrgenommene Verantwortung für andere Menschen wieder.

In der Subgruppe der nicht-schichtarbeitenden Bürokräfte zeigte kein Proband für diese Kategorie eine hinreichende Belastung. Es ergaben sich verglichen mit den anderen beiden Subgruppen SN und NN signifikante Unterschiede.

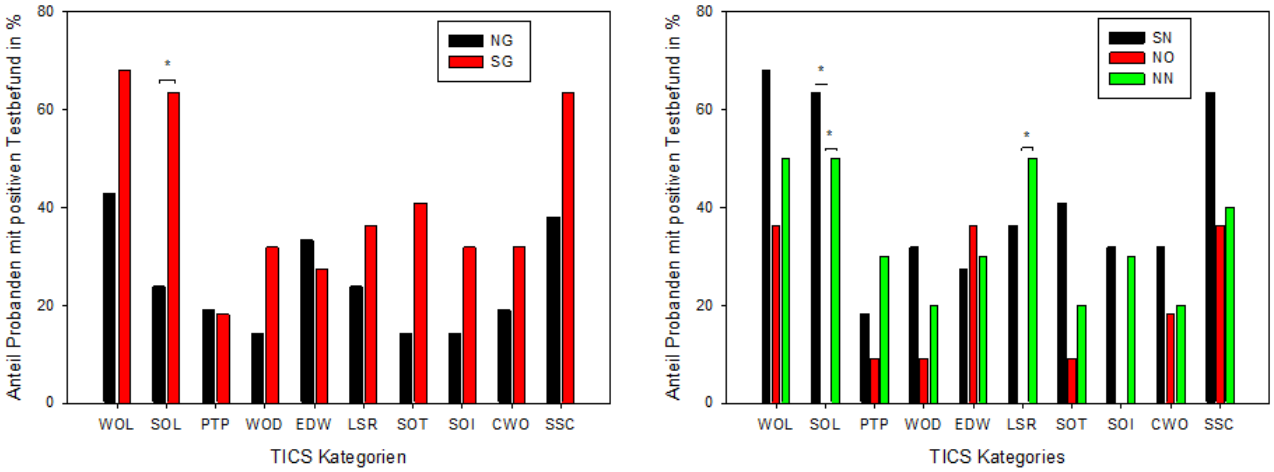


Abbildung 7 - Positive Testbefunde der Teilnehmer für Stressbelastungen in verschiedenen Kategorien des Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS) für Gruppen und Subgruppen. **WOL:** Arbeitsüberlastung, **SOL:** Soziale Überlastung, **PTP:** Erfolgsdruck, **WOD:** Unzufriedenheit mit der Arbeit, **EDW:** Überforderung bei der Arbeit, **LSR:** Mangel an sozialer Anerkennung, **SOT:** Soziale Spannungen, **SOI:** Soziale Isolation, **CWO:** Chronische Besorgnis, **SSC:** Screeningsscala zum chronischen Stress. Englische Abkürzungen wurden belassen.

NG: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal. *$p<0.05$.

(adaptiert nach: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

Für die Kategorie „Mangel an sozialer Anerkennung“ zeigte kein Proband aus der Subgruppe der Bürokräfte ein positives Ergebnis.

Hier war nur der Vergleich zwischen den Subgruppen der Bürokräfte und nicht-schichtarbeitenden Pflegekräften signifikant. Der Unterschied zwischen schichtarbeitenden Pflegekräften und Bürokräften zeigte sich zwar zunächst auch signifikant, konnte jedoch nach der Bonferroni-Korrektur für multiples Testen nicht erhalten werden.
Die Stresskategorie „soziale Isolation“ wurde von keinem Probanden aus der Subgruppe der Verwaltungskräfte hinreichend wahrgenommen. Ein signifikanter Unterschied ergab zu den anderen Subgruppen nicht.

3.1.5 Ernährungsgewohnheiten

Die **Abbildungen 8** und **9** stellen die Auswertung der Ernährungsgewohnheiten der untersuchten Probandengruppen für Energieaufnahme, Fett-, Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Zuckeranteil dar.
Für die Energieaufnahme und den Zuckeranteil in der Nahrung konnten keine signifikanten Unterschiede gezeigt werden.
Bezüglich der Energieaufnahme zeigt **Abbildung 8A** bei den Schichtarbeitenden bzw. dem Pflegepersonal eine vergleichsweise hohe Schwankungsbreite. Ebenso kann dies für den Kohlenhydrat- und Zuckeranteil in der Ernährung des Verwaltungspersonals und nicht-schichtarbeitenden Pflegepersonals gezeigt werden.

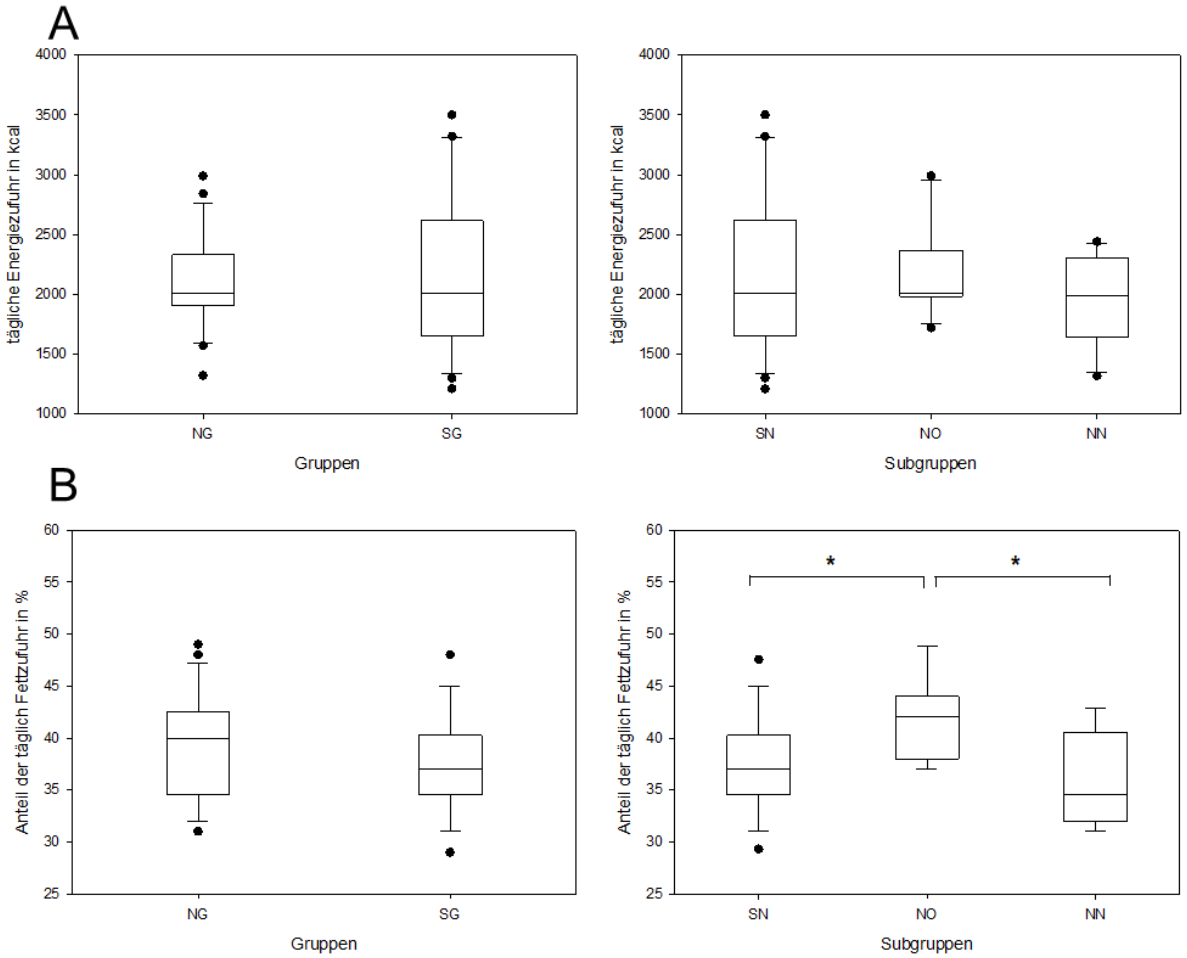


Abbildung 8 - Tägliche Energiezufuhr (A) und tägliche anteilige Fettzufuhr der Nahrung (B) für Gruppen und Subgruppen. Die täglich Energiezufuhr ist in kcal angegeben (A). Die Fettzufuhr entspricht dem Anteil des aufgenommen Fettes an der Gesamtnahrung in Prozent (B). Die Grenzen der Boxplots schließen jeweils das erste und dritte Quartil ein. Die Whiskers schließen den oberen und unteren Maximalwert ein. Ausreißer sind durch Punkte gekennzeichnet. Die schichtarbeitende Gruppe und die Subgruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte sind faktisch identisch. **NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal. *p<0.05.
(adaptiert nach: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

Einen signifikant höheren Fettanteil in der Ernährung zeigte die Subgruppe des nicht-schichtarbeitenden Verwaltungspersonals im Vergleich zu den übrigen Subgruppen (**Abbildung 8B**). Der Anteil an Kohlenhydraten in der Ernährung ist im Vergleich der Subgruppen zumindest bei dem schichtarbeitenden Pflegepersonal höher als beim nicht-schichtarbeitenden Verwaltungspersonal (**Abbildung 9A**). Der prozentuale Anteil von Zucker war tendenziell niedriger in der Subgruppe der Verwaltungskräfte

(**Abbildung 9B**). Die Herausarbeitung eines signifikanten Unterschieds scheiterte an der Annahme der Bonferroni-Korrektur beim Vergleich der Subgruppen.

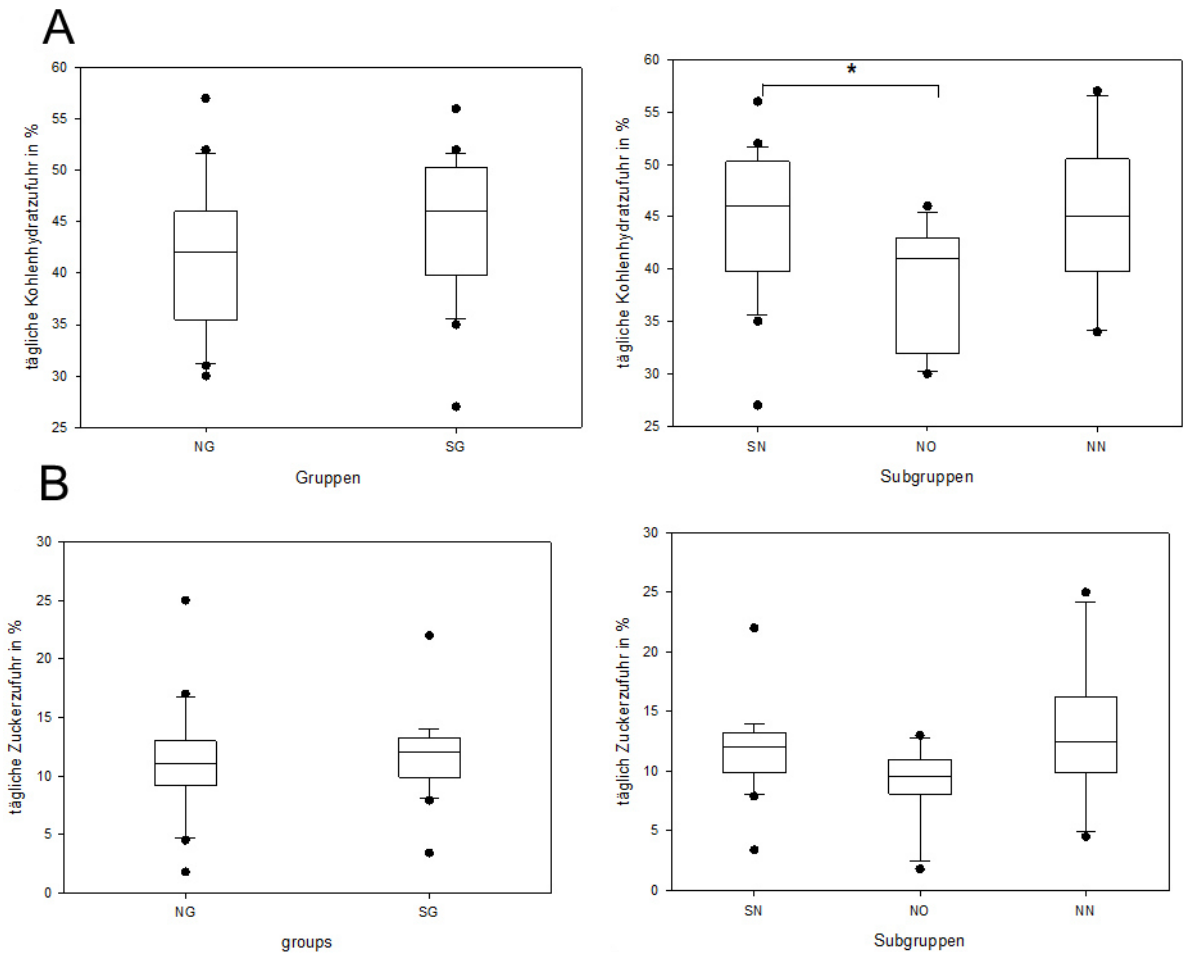


Abbildung 9 - Täglich anteilige Kohlenhydrat- (A) und Zuckerzufuhr (B) für Gruppen und Subgruppen. Die Kohlenhydrat- und Zuckerfuhr entspricht dem jeweiligen Anteil an der Gesamtnahrung in Prozent. Die Grenzen der Boxplots schließen jeweils das erste und dritte Quartil ein. Die Whiskers schließen den oberen und unteren Maximalwert ein. Ausreißer sind durch Punkte gekennzeichnet. Die schichtarbeitende Gruppe und die Subgruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte sind faktisch identisch. **NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal. *p<0.05. *(adaptiert nach:* Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983.)

Für verschiedene Ernährungscharakteristika wie das Einhalten von Hauptmahlzeiten oder der gehäufte Verzehr von Fertiggerichten konnte aufgrund des Studiendesigns kein statistisch auswertbares bzw. signifikantes Ergebnis präsentiert werden.

Gleichwohl fiel der gehäufte Konsum von Fertiggerichten, Snack und Süßwaren beim schichtarbeitenden Pflegepersonal im Rahmen der Datenerfassung und Sichtung der Ernährungstagebücher auf. Dies betraf Arbeitszeit und den Freizeitbereich.

3.2 Unveröffentlichte Daten und Analyseergebnisse

In der zugrundeliegenden Publikation erfolgte ein Vergleich der Gruppen und Subgruppen nach Gesamtaktivität in METs. Die in der Studie erhobenen Daten lassen noch eine genauere Analyse zu. Die Literatur unterteilt körperliche Aktivität von leicht bis sehr schwer nach METs, hiermit konnten Aktivitätsniveaus für die einzelnen Probanden ausgewertet werden.

3.2.1 Körperliche Aktivität in Aktivitätsniveaus in den Probandengruppen für die Gesamtzeit

Tabelle 2 zeigt den prozentualen Anteil in den Aktivitätsniveaus nach METs in Gruppen und Subgruppen für den gesamten Beobachtungszeitraum (Arbeits- und Freizeit). Es kann festgestellt werden, dass Sichtarbeitende einen prozentual höheren Anteil im mittleren Aktivitätsniveau hatten, sowohl bei Betrachtung der medianen als auch der mittleren Werte (letztere nicht dargestellt). Beim höheren Aktivitätsniveau von >6 METs ergaben sich geringfügig höhere mediane Anteile bei nicht-Schichtarbeitenden. Dies zeigte sich jedoch nicht signifikant. In den Subgruppen zeigten die schichtarbeitenden Pflegekräfte den höchsten Anteil an moderater Aktivität. Bei dem höheren Aktivitätsniveau hingegen zeigten sich minimal höhere mediane Anteile bei den Bürokräften.

Tabelle 2: Mediane prozentuale Verteilung des Aktivitätsniveaus für die gesamte Beobachtungszeit nach METs für Gruppen und Subgruppen
±Standardfehler; gerundete Werte

Gruppen & Subgruppen / Aktivitätsniveau	NG	SG & SN	NO	NN
leichte Aktivität bis 3 METs	90,10±0,88	89,18±1,23	89,53±1,40	91,51±0,97
moderate Aktivität von 3,0 bis 6,0 METs	9,77±0,91	10,79±1,16	9,79±1,38	8,46±1,22
hohe Aktivität von 6,0 bis 9,0 METs	0,20±0,05	0,07±0,08	0,30±0,08	0,15±0,05
sehr hohe Aktivität ab 9,0 METs	0±0	0±0,02	0±0,01	0±0

(**NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal)

3.2.2 Körperliche Aktivität in Aktivitätsniveaus in den Probandengruppen für die Arbeitszeiten

Betrachtet man lediglich die Arbeitszeit, so ergaben sich Werte für die Aktivitätsverteilung, die in **Tabelle 3** dargestellt sind. Auch hier zeigte sich, wie in der Betrachtung der gesamten Zeit, ein höherer medianer Anteil für eine mittlere Aktivität bei den Schichtarbeitenden. Dieser Unterschied war hochsignifikant ($p<0,01$).

Der geringere Anteil an niedriger Aktivität bis 3,0 METs bei Schichtarbeitenden zeigte sich ebenso hochsignifikant ($p<0,01$). Im Vergleich der Subgruppen waren signifikante Unterschiede sowohl bei dem niedrigen, als auch beim moderaten Aktivitätsniveau zu erkennen. In der post-hoc Analyse konnte dieser Unterschied zwischen der Subgruppe der schichtarbeitenden Pflegekräfte und den nicht-schichtarbeitenden Verwaltungskräften herausgearbeitet werden ($p<0,05$).

Tabelle 3: Mediane prozentuale Verteilung des Aktivitätsniveaus für die Gesamtheit der Arbeitszeiten nach METs für Gruppen und Subgruppen
±Standardfehler; gerundete Werte

Gruppen & Subgruppen / Aktivitätsniveau	NG	SG & SN	NO	NN
leichte Aktivität bis 3 METs	90,60±1,11	85,44±2,81**	91,36±0,79*	90,28±2,04
moderate Aktivität von 3,0 bis 6,0 METs	9,34±1,11	14,56±2,77**	8,39±0,79*	9,68±2,04
hohe Aktivität von 6,0 bis 9,0 METs	0,06±0,02	0±0,05	0,07±0,03	0,03±0,02
sehr hohe Aktivität ab 9,0 METs	0±0	0±0	0±0	0±0

(**NG**: nicht-schichtarbeitende Gruppe; **SG**: schichtarbeitende Gruppe; **SN**: schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal; **NO**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Verwaltungspersonal; **NN**: nicht-schichtarbeitende Subgruppe Pflegepersonal)

In der Gesamtzeit hatten die nicht-schichtarbeitenden Pflegekräfte den größten Anteil an leichter Aktivität. Bei Betrachtung der reinen Arbeitszeit war dies bei den nicht-schichtarbeitenden Bürokräften der Fall. Bei den nicht-schichtarbeitenden Pflegekräften zeichnet sich in der Arbeitszeit eine Verschiebung zu mehr moderater Aktivität ab.

Einen tendenziell vermehrten Anteil an hoher Aktivität in der Arbeitszeit ließen die nicht-Schichtarbeitenden erkennen, insbesondere die Bürokräfte. Dies zeigte sich bereits bei Betrachtung der Gesamtzeit. Signifikante Unterschiede konnten auch hierfür nicht hervorgebracht werden.

Insbesondere die schichtarbeitende Gruppe bzw. Subgruppe (SG bzw. SN) und die Subgruppe der nicht-schichtarbeitenden Pflegekräfte weisen einen hohen Standardfehler bei leichten und moderaten Aktivitätsniveaus auf.

3.2.3 Auswertung der körperlichen Aktivität in Aktivitätsniveaus und Interpretation als Aktivitätsmuster

Es ergab sich ein Aktivitätsmuster bei dem Schichtarbeitende und insbesondere schichtarbeitende Pflegekräfte vergleichsweise weniger Ruhezeiten (niedriges Aktivitätsniveau) hatten. Beim Anteil der höheren körperlichen Aktivität ergaben sich geringfügige Verschiebungen zu Gunsten der nicht-schichtarbeitenden. Es scheint,

dass die nicht-schichtarbeitenden Bürokräfte bei der Arbeit eher auf einem niedrigeren Aktivitätsniveau verweilen.
Nur sehr wenig und dann eher außerhalb der Arbeitszeit wurden Aktivitätsniveaus erreicht, welche die moderate Kategorie überschreiten.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Daten aus der zugrundeliegenden Publikation

Die Studie und ihre Ergebnisse fassen Daten zu Aktivität, Ernährung und Lebensstil für Arbeitskräfte aus verschiedenen Tätigkeitsbereichen mit unterschiedlichen Arbeitszeiten zusammen. Mögliche Unterschiede sollten herausgestellt werden. Der Anspruch ist es, dass diese Untersuchung repräsentativ für das Personal eines maximalversorgenden Krankenhauses ist.

4.1.1 Allgemeine Daten

Die Zusammensetzung der Studiengruppen, insbesondere der hohe Frauenanteil sowie das signifikant erhöhte Lebensalter bei den nicht-schichtarbeitenden Pflegekräften kann als mögliche Einschränkung zur Aussagekraft der Studie gesehen werden. Hierbei handelte es sich aber um eine repräsentative Zusammensetzung der jeweiligen Berufsgruppen. Die „Nurses' Health Study II" welche längsschnittlich Krankenschwestern in den USA beobachtet hatte, stellte heraus, dass älteres Pflegepersonal eher im Ambulanzbereich von Kliniken, als im regulären Stationsbetrieb arbeitet [30].

Parameter wie der BMI und das Taillen-Hüft-Verhältnis ist für verschiedene Altersgruppen und die Geschlechter nur eingeschränkt vergleichbar. Aufgrund der unterschiedlichen Grenzwerte, ist ein Vergleich zwischen den Geschlechtern und somit auch zu untersuchenden Gruppen nur bedingt möglich.

Auch zeigte die „Nurses' Health Study II" [30] einen höheren Anteil an früherem und vermehrten Nikotinkonsum bei Schichtarbeitenden. Dieser Befund konnte durch die signifikant erhöhte Anzahl an Packyears bei den schichtarbeitenden Pflegekräften in Greifswald nachvollzogen werden.

4.1.2 Körperliche Aktivität

Aufgrund unterschiedlicher Studiendesgins und verschiedener Messmethoden für körperliche Aktivität war ein Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien nur bedingt möglich. Eine mögliche vergleichbare türkische Studie mit Krankenschwestern auf Normalstationen zeigte Aktivitätswerte in METs von 1,99 (Standardabweichung = 0,35) für Tagesschichtpersonal und 1,83 METs (Standardabweichung = 0,28) für Nachtschichtpersonal, welche mit dem SWA

gemessen wurden [31]. Diese Werte zeigten sich nah an den ermittelten Werten für das schichtarbeitende Pflegepersonal dieser Studie (siehe **Abbildung 3A**).

Die Ergebnisse suggerieren, dass Schichtarbeitende und nicht-Schichtarbeitende insgesamt keine unterschiedliche körperliche Aktivität aufwiesen. Dies widerspricht Untersuchungen aus Daten der bereits erwähnten US-amerikanischen National Health and Nutrition Examination Survey mit signifikant vermehrter geringer körperlicher Aktivität für Schichtarbeitende [16]. Sofern die Daten methodisch vergleichbar sind, zeigte sich jedoch auch hier kein Unterschied für moderat gesteigerte Aktivität [16], welche in dieser Studie den Bereich von 3,0 bis 6,0 METs darstellte.

Angesichts der lediglich signifikanten Unterschiede bei der Betrachtung der Arbeitszeit für die körperliche Aktivität kann postuliert werden, dass diese Unterschiede durch mehr bzw. weniger Aktivität in der Freizeit wieder ausgeglichen werden. Eventuell schafft eine geringere berufsbedingte körperliche Aktivität mehr Anreiz für sportliche Aktivität in der Freizeit. Diese wurde jedoch nicht explizit erfasst.

Die geringe Korrelation zwischen der relativen Schrittzahl und der Aktivität in METs für den Gesamtbeobachtungszeitraum sei nochmal betont. Auch, dass sich für die relative Schrittzahl signifikante Unterschiede zwischen den Schichtarbeitenden und nicht-Schichtarbeitenden ergaben, was durch die Aktivität in METs nicht reproduziert werden konnte. Es ist anzunehmen, dass die Aktivität nach METs hierbei nur zum Teil durch gehende Bewegung generiert wurde.

Da die Schrittzahl durch das SWA und somit nicht durch einen typischen Schrittzähler ermittelt wurde, könnten sich generelle Einschränkungen ergeben. Allerdings zeigten Studien eine grundsätzliche Vergleichbarkeit für Schrittzahlmessungen mit einem Beschleunigungssensor (bspw. SWA) und einem konventionellen Schrittzähler sowohl für gesunde junge Probanden [32] als auch für ältere Studienteilnehmer [33]. Beim Vergleich für beide Methoden zeigten sich Limitationen bei übergewichtigen Probanden [34]. Somit sollten aussagekräftige Ergebnisse bei dieser gesunden und nicht-übergewichtigen Studiengruppe hinsichtlich der mit dem SWA ermittelten Schrittzahl gegeben sein.

Die deutlich höhere Korrelation zwischen relativer Schrittzahl und Aktivität in METs für die Arbeitszeiten, erklärt sich am ehesten dadurch, dass die Aktivität während der Arbeit eher durch Laufen und Gehen generiert wird. In der Freizeit könnten stationäre

Aktivitäten wie bspw. Hausarbeit relevanter zum Gesamtaktivitätsniveau beigetragen haben.
Eine Schrittzahl von mindestens 10000 Schritten am Tag wird von einem australischen Präventionsprojekt zur Verbesserung der Gesundheit und Steigerung der Aktivität in der Bevölkerung empfohlen [35]. Aus **Abbildung 4** geht hervor, dass die Empfehlung zum Überschreiten dieser Grenze (entspricht 6,94 Schritte pro Minute) nicht von allen Teilnehmern umgesetzt wurde. Am ehesten erreichten vermehrt schichtarbeitende Pflegekräfte die Vorgabe dieser Empfehlung.
Ausschlaggebend dafür waren die häufigen Wechsel der Tätigkeitsstelle zwischen bspw. Patientenzimmer und Pflegestützpunkt, sowie die nächtlichen Dienste mit allein vollzogenen Kontrollgängen.

Die signifikant niedrigeren Ruheenergieumsätze bei den nicht-schichtarbeitenden Pflegekräften im Vergleich zu den anderen Subgruppen können vor dem Hintergrund des höheren Alters dieser Kohorte diskutiert werden. Da sich bei der Betrachtung zwischen der Hauptgruppe Schichtarbeitenden und nicht-Schichtarbeitenden kein signifikanter Unterschied bei den Ruheenergieumsätzen ergab, konnte diese Studie den Einfluss von genereller Schichtarbeit auf den Stoffwechsel durch Veränderungen der circadianen Rhythmik [10;36] nicht stützen. Mögliche Veränderungen der Melatoninausschüttung sind bei Einflüssen auf die circadiane Rhythmik vorbeschrieben [9], wobei Melatonin als den Stoffwechsel beeinflussend gesehen wird [37]. Der Parameter Körperzellmasse, wie in **Tabelle 1** dargestellt, wird insgesamt als Prädiktor für den Ruheenergieumsatz angenommen [38]. Dieser ist auch für Alter und Geschlecht unabhängig. Da sich hierbei für die Gruppen und Subgruppen eigentlich geringe Unterschiede ergaben, waren auch Differenzen für den Ruheenergieumsatz gering erwartet worden.

4.1.3 Chronische Stressbelastung

Hinsichtlich der chronischen Stressbelastung zeigten sich zwar Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen für die verschiedenen Stresskategorien, allerdings waren diese nur für wenige Bereiche signifikant. Lediglich für die Kategorie „soziale Überlastung“ zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Schichtarbeitenden und nicht-Schichtarbeitenden. Diese Kategorie behandelt Items wie unter anderem: „Ich muss ständig aufs Neue für das Wohl anderer Menschen

sorgen“ und „Ich muss mich zu viel mit den Problemen anderer beschäftigen“. Die Stressbelastung ergibt sich möglicherweise eher aus dem Tätigkeitsfeld des Pflegeberufes, als aus der Schichtarbeit selbst. Die Signifikanz dieser Kategorie spiegelt somit die Tatsache wider, dass die Schichtarbeitenden in unserer untersuchten Gruppe durch Pflegekräfte repräsentiert werden. Unterstützt wird diese Vermutung durch den Vergleich der Subgruppen. Hier zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Pflegekräften, sowohl schicht- als auch nicht-schichtarbeitend, und den Bürokräften. Eine Studie mit dem TICS-Fragebogen, wobei Krankenpflegepersonal mit Studenten verglichen wurde, zeigte ebenso eine vermehrte soziale Überlastung für Pflegekräfte [39] und stützt diese Annahme.

Der „Mangel an sozialer Anerkennung“ wird durch TICS-Fragebogen durch Items wie „Obwohl ich mein Bestes gebe, wird meine Arbeit nicht gewürdigt“ erfragt. Der Grund für den signifikanten Unterschied für die nicht-schichtarbeitenden Pflegekräfte im Vergleich zum Verwaltungspersonal kann durch die Struktur der Arbeit erklärt werden. Ambulanz- und Funktionspersonal scheint durch den geringeren Patientenkontakt weniger Möglichkeiten für positive Rückmeldungen zu haben. Hierdurch kam es möglicherweise zur Herausbildung eines signifikanten Unterschiedes. Das Verwaltungspersonal scheint einen solchen Mangel nicht wahrzunehmen.

Mit Schichtarbeit vermutet assoziierte Stressformen wie „Arbeitsüberlastung“ und „Überforderung bei der Arbeit“ waren für Schichtarbeitende nicht signifikant erhöht. Gleichwohl war aber bei allen Subgruppen ungefähr bei mindestens jedem Dritten eine solche Stressform als vorhanden zu erkennen.

Vor dem Hintergrund des Mangels an Attraktivität des Pflegeberufes könnte die Erkenntnis, dass gerade soziale Stressoren im schichtarbeitenden Pflegeberuf besonders hervorstehen, ein möglicher Ansatzpunkt zur Erklärung und Behebung dieses Problems sein.

4.1.4 Ernährungsgewohnheiten

Die vorhandene Datenlage zu Ernährungsgewohnheiten von Schichtarbeitenden ist uneinheitlich und nur bedingt für Vergleiche geeignet. Eine vermehrte Energiezufuhr und höherer Koffeinkonsum [30] konnten in der „Nurses’ Health Study II“ aufgezeigt werden. Weiterhin ist die verminderte Aufnahme von Vitaminen und Ballaststoffen für

schichtarbeitendes Personal bereits aus vorhandenen kleineren Untersuchungen zusammenfassend herausgearbeitet worden [40].

Vorbestehende Studien beobachteten teilweise vermehrte Zwischenmahlzeiten und veränderte Nahrungsfrequenzen, die nicht näher objektivierbar waren [22]. Die verminderten oder nicht planbaren Pausenzeiten erhöhen die Notwendigkeit von Zwischenmahlzeiten.

Die vorliegenden Daten stützen eher den Teil der Studien, die keinen Unterschied in der Energiezufuhr bei Schichtarbeitenden darstellen konnten [22].

Die vermehrte Fettzufuhr und verminderte Kohlenhydratzufuhr für Bürokräfte im Vergleich zu den schichtarbeitenden Pflegekräften kann durch mehrere Ansätze erklärt sein. Die zeitlich regelmäßige Bürotätigkeit lässt den Konsum von gekochten Hauptmahlzeiten in Kantinen oder der Häuslichkeit zu. Diese zeichnen sich eher durch einen vermehrten Fettanteil aus. Hauptmahlzeiten benötigen bei der Zubereitung (Braten, Frittieren etc.) auch hohe Fettmengen, was den Erklärungsansatz stützt.

Demgegenüber sind die Schichtarbeitenden möglicherweise eher auf kalte Zwischenmahlzeiten wie Brot, Fertiggerichte und Süßigkeiten angewiesen, welche entsprechend höhere Kohlenhydratanteile haben. Diese Interpretation wird durch die Tatsache gemindert, dass die Fertiggerichte meist auch einen hohen Fettanteil haben, dessen relative Zufuhr bei den schichtarbeitenden Pflegekräften niedriger ausfiel.

Die Ergebnisse einer Studie, die den vermehrten Fettkonsum nach simulierter Nachtschichtarbeit im Vergleich zu normaler Tagestätigkeit mit Nachtschlaf aufzeigte hatte, konnten nicht nachvollzogen werden [41]. Jedoch arbeitete, die hier untersuchte Gruppe der Schichtarbeitenden, nicht ausschließlich nachts, sondern auch zu anderen Tageszeiten, was eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse nur bedingt möglich macht.

Die Zusammensetzung der Ernährung hinsichtlich der Hauptnährstoffe für die gesamte Studienpopulation, zeigte einen vermehrten Fett- (>30 %) und Zuckeranteil (>10 %) aber reduzierten Kohlenhydratanteil (<50 %) in der Nahrung. Eine solche Zusammensetzung kann als repräsentativ für den sogenannten „westlichen Ernährungsstil“ gesehen werden. Dieser wird als begünstigend für die Entstehung von Übergewicht und Herz-/ Kreislauferkrankungen angesehen [42].

Eine italienische Publikation zeigte bereits, dass die Schichtarbeit selbst, unabhängig von Ernährungsgewohnheiten, einen eigenständigen Risikofaktor für Übergewicht darstellen könnte [43]. In dieser Arbeit zeigten alle Gruppen bis auf die nicht-schichtarbeitenden Pflegekräfte einen normwertigen medianen BMI **(Tabelle 1)**. Signifikante Unterschiede konnten für diese Werte nicht dargestellt werden.
Die hohe Schwankungsbreite für die Energiezufuhr insbesondere für die Gruppe der Schichtarbeitenden könnte für die Teilnehmer ein Hinweis auf gestörte oder veränderte Ernährungsgewohnheiten sein (unregelmäßiges Essen oder periodisch vermehrte Nahrungsaufnahme).
Es bestehen deutliche Einschränkungen für die Aussagekraft von Probanden und Ernährungstagebüchern. Die Problematik wurde bereits in anderen Studien für unterschätzte Portionsgrößen und fehlende Dokumentation von Mahlzeiten besprochen [44;45]. Hierdurch können sich ebenso breite Schwankungen erklären lassen, da gerade schichtarbeitende Pflegekräfte Einträge eher retrospektiv nach der Arbeit festhalten konnten. Dies gelang Verwaltungspersonal aufgrund möglicherweise geregelterer Arbeitsabläufe eher zeitnah.

4.1.5 Limitationen der Studie

Die Ergebnisse und Aussagekraft dieser Studie unterliegen einigen Limitationen. Eine Stratifizierung der Teilnehmer und eine Verblindung war nicht Teil des Studiendesigns. Die Probanden könnten bewusst ihren Lebensstil (bspw. Aktivität und Ernährung) für den Zeitraum der Beobachtung verändert haben. Gerade die Dokumentation verzehrter Lebensmittel ist anfällig für solche Einflüsse.
Weiterhin wurden auch Teilzeitkräfte in die Studie eingeschlossen, womit eine ungleichmäßige Arbeitsbelastung bei den Studienteilnehmern unterstellt werden könnte.
Die Gesamttragedauer für das SWA betrug nicht bei allen Probanden exakt 7 Tage, was durch Ausfälle und Ablegen des Gerätes bedingt war. Allerdings sind alle ermittelten Parameter für die körperliche Aktivität (METs, Schrittzahl) relativiert für die jeweilige Tragedauer. Somit waren mögliche Einflüsse durch die unterschiedliche Tragedauer gemindert.
Das SWA zeigte in vorhergehenden Untersuchungen Schwächen, insbesondere bei der Registrierung und Diskriminierung im Bereich von leichter körperlicher Aktivität

[25;46]. Dies könnte insbesondere beim Verwaltungspersonal im Rahmen der Bürotätigkeit zu geringeren Werten geführt haben.
Die Gesamtteilnehmerzahl bzw. Stichprobengröße der Studie ist mit 44 auswertbaren Datensätzen eher als gering einzuschätzen und schwächt die Aussagekraft. Es ist jedoch anzumerken, dass viele vergleichbare Studien aus diesem Bereich mit ähnlich geringen Stichprobengrößen arbeiteten.
Es wurden auch geeignete statistische Testverfahren für kleine Stichprobengrößen ausgewählt. Die geringe Probandenzahl war trotz umfassender Werbemaßnahmen im Rahmen der freiwilligen Teilnahme und auch möglicherweise durch das Fehlen einer Entschädigung begründet. Eine weitere Ursache für die geringe Teilnahmebereitschaft könnte der hohe Aufwand gewesen sein. Es musste Zeit investiert werden in das Führen des Ernährungstagebuches und das Notieren der Arbeits- und Ruhezeiten. Das Tragen des SWA wurde zusätzlich als einschränkend empfunden.

Die Studie begründet nicht den Anspruch, dass die Ergebnisse für die unterschiedlichen untersuchten Kategorien eine Kausalität beweisen. Es liegt lediglich ein Vergleich für unterschiedliche Berufsgruppen vor.
Das gesundheitliche Outcome vor dem Hintergrund von Schichtarbeit oder Art der Tätigkeit konnte nicht bestimmt werden.
Über kumulative Effekte konnte keine Aussage getroffen werden. In allen Probandengruppen waren sowohl Berufsanfänger als auch langjährig arbeitendes Personal ohne nähere Stratifizierung vertreten. Es ist möglich, dass erst nach einer bestimmten Zeit in Schichttätigkeit Unterschiede auftreten können. In der bereits erwähnten polnischen Studie von 724 tag- und nachtschichtarbeitenden Krankenschwestern war beim alleinigen Vergleich beider Gruppen kein signifikanter Unterschied bezüglich BMI und Taillen-Hüftverhältnis gezeigt worden. Erst eine Anzahl von mindestens acht geleisteten Nachtschichtarbeiten zeigte ein signifikant erhöhtes Risiko für Übergewicht [14].

4.2 Diskussion der unveröffentlichten Ergebnisse zu unterschiedlichen Aktivitätsniveaus

Die Untersuchung der Aktivitätsniveaus der einzelnen Gruppen und Subgruppen mit Unterscheidung zwischen gesamter Beobachtungszeit und ausschließlicher

Arbeitszeit bestätigte erneut eine bereits diskutierte Vermutung. Die Verminderte körperliche Aktivität wurde möglicherweise während der Arbeit durch vermehrte Betätigung in der restlichen (Frei-)Zeit kompensiert. Auch folgte die Analyse der Aktivitätsniveaus dem Ergebnis der Originalpublikation, wo während der Gesamtzeit keine signifikanten Unterschiede gefunden werden konnten. Lediglich bei der Betrachtung der ausschließlichen Arbeitszeit zeigten sich solche signifikanten Verschiedenheiten.

Auch wenn diese Studie keine eigenständige Analyse der Freizeitaktivität beinhaltet, so steht sie im Widerspruch zu einem anderen Untersuchungsergebnis. Schichtarbeitende Berufskraftfahrer mit zudem höherem BMI wiesen in der Freizeit signifikant eine höhere Aktivität als nicht-schichtarbeitende [47] auf. In einer Studie der American Nurses Association aus Cleveland, Ohio praktizierte schichtarbeitendes Pflegepersonal Aktivitäten auf moderatem und höherem Niveau mehrheitlich und anteilig eher außerhalb der Arbeit. Es ist jedoch anzumerken, dass dieses Personal bereits zuvor einer Initiative zur Steigerung der körperlichen Aktivität und Verbesserung der Ernährung ausgesetzt worden war [18]. Dies könnte ein möglicher Grund sein, weshalb diese Studie andere Ergebnisse lieferte.

Dem gegenüber steht eine Koreanische Studie mit Pflegepersonal. Dieses zeigte allerdings kein signifikantes Ergebnis. Es zeigte sich bei dieser Studie jedoch, dass die nicht-Schichtarbeitenden nach eigenen Angaben anteilig mehr anstrengende körperliche Übungen in der Freizeit vollziehen, als Schichtarbeitende [48].

Höhere Aktivitätsniveaus wurden nur bedingt und in sehr geringem Umfang erreicht und dann eher von nicht-Schichtarbeitenden, insbesondere von den Bürokräften. Dies kann durch die vermehrte Teilnahme an freizeitlichen Sportaktivitäten erklärt werden. Aktivitäten von mehr als 6 METs wären laut Literatur bspw. Inlineskating (12,5 METs), Laufen mit >8 km/h (8,0 METs) oder Volleyballwettkampf (8,0 METs). Wohin gegen einige vermeintlich anstrengende Alltagsaktivitäten wie Staubsaugen (3,5 METs) oder das Tragen von kleinen Kindern (3,0 METs) das moderate Niveau nicht überschreiten [26].

In der Gruppe der Schichtarbeitenden bzw. des schichtarbeitenden Pflegepersonals ergab sich wie in **Tabelle 2** und **Tabelle 3** dargestellt ein vergleichsweise hoher Standardfehler. Dies gilt insbesondere für die Betrachtung der Arbeitszeit und spricht für eine insgesamt große Schwankungsbreite der Werte. Dass Aktivitätsparameter in METs in den betroffenen Gruppen SG und SN ein weites Verteilungsmuster

aufwiesen, stellte bereits die **Abbildung 3** dar. Insbesondere die hohe Variabilität während der Arbeitszeit erschien ungewöhnlich, da gerade in dieser Berufsgruppe die interindividuelle körperliche Belastung (gleichsame pflegerische Tätigkeiten) ähnlich sein sollte. Es kann von verschiedenem körperlichem Einsatz bei ähnlicher Arbeit (Schreiben im Stehen etc.) ausgegangen werden.

4.3 (neue) nicht veröffentliche Diskussionsansätze

In der zugrundeliegenden Publikation wurde bisher noch nicht auf die fehlenden signifikanten Unterschiede bezüglich der Schlafqualität zwischen Schichtarbeitenden und nicht-Schichtarbeitenden eingegangen. Zunächst erscheinen Einschränkungen wie Schläfrigkeit oder schlechte Schlafqualität als naheliegende mögliche Folgen von wechselnder und insbesondere nächtlicher Schichtarbeit. In der Literatur findet sich bereits der fest etablierte Begriff der „Shift Work (Sleep) Disorder“, als ein vermeintlich durch Schichtarbeit hervorgerufenes Symptom mit Schlaf- und Konzentrationsstörungen, sowie erhöhter Müdigkeit. Zu dieser „Shift Work (Sleep) Disorder“ sind bereits pharmakologische Interventionen evaluiert [49].
Die „Nurses’ Health Study II“ zeigte signifikant verkürzte Schlafzeiten für nachtschichtarbeitendes Pflegepersonal [30]. Eine norwegische Studie mit Pflegepersonal konstatierte bereits einen Unterschied zwischen Tagesschläfrigkeit und Schlafstörungen. Während letztere mit der Arbeit in Nachtschichten assoziiert werden konnte, zeigte sich für Tagesschläfrigkeit kein solches Ergebnis [50]. Mit Einschränkung der besprochenen Vergleichbarkeit von vorliegenden Studien zur Greifswalder Arbeit, insbesondere bezüglich der verwendeten Methoden, ist dem Ergebnis der hier zugrundeliegenden Studie eine erhöhte Bedeutung zuzumessen. Unsere Untersuchungen stützen sich sowohl auf eine objektive Messung mit dem SWA und eine subjektive Messung mit dem PSQI. Die genannten Voruntersuchungen betrachteten lediglich einzelne Aspekte von verändertem Schlaf, welche jedoch auch nicht zu vernachlässigen sind. Es ist zu betonen, dass der PSQI für beide Gruppen bei mindestens der Hälfte der Probanden eine gestörte Schlafqualität anzeigte.

Die zugrundeliegende Studie konnte bei entscheidenden Parametern, welche als vermeintliche negative Folgen der Schichtarbeit angesehen werden (erhöhter BMI, verminderte körperliche Aktivität, vermehrter Stress), keine signifikanten

Unterschiede zwischen Schichtarbeitenden und nicht- Schichtarbeitenden herausstellen. Es bleibt zwar die moderate Power und der eher erhöhte beta-Fehler bei den erhobenen Parametern anzumerken, jedoch konnten ein erhöhtes Übergewicht oder deutliche Einschränkungen in der körperlichen Aktivität nicht als Merkmal der Schichtarbeit identifiziert werden. Es ist anzumerken, dass das Studiendesign keine Rückschlüsse auf die Langzeitfolgen von Schichtarbeit zulässt. So konnte die bereits erwähnte Kohorte von koreanischen Krankenschwestern ebenso keine Assoziation zwischen BMI und gegenwärtiger Schichtarbeit herausarbeiten. Jedoch zeigte eine längere Schichtarbeitsbiografie ein stärkere signifikante Assoziation zu Übergewicht als eine kurze Biografie [48]. Die Gruppen der untersuchten Greifswalder Studie hatte eine jüngere Kohorte (medianes Alter 27±1,9) mit tendenziell kürzerer Lebensarbeitszeit als Schichtarbeitende. Gegebenenfalls können longitudinale Effekte von längerer Schichtarbeit in Bezug auf negative Auswirkungen diskutiert werden. In der bereits erwähnten Meta-Analyse zu Nachtschichtarbeit wurde zumindest eine potentielle Dosis-Wirkung-Beziehung für Nachtarbeit und das metabolische Syndrom herausgearbeitet [48].

Abgesehen vom chronischen Stress erfasste die Greifswalder Studie ebenso nicht das subjektive Wohlbefinden bzw. die subjektive Gesundheit. Dies sollte als Auswirkung der Schichtarbeit jedoch nicht vernachlässigt werden. Auch hier zeigen vergleichbare Studien, unter anderem die koreanische Studie an Krankenschwestern, Unterschiede für Schichtarbeitende, bei dem die eigene Gesundheit signifikant ungünstiger eingeschätzt wurde [48].

5. Zusammenfassung

Sowohl die zugrundeliegende Publikation als auch diese ergänzende Arbeit erstellt ein umfassendes Bild für eine mitteleuropäische Studienkohorte mit Analysen zum Lebensstil von Personal im Gesundheitswesen in Schichtarbeit oder nicht-Schichtarbeit.

Zusammenfassend konnte diese Studie keinen Unterschied für die körperliche Gesamtaktivität, relative Schrittzahl, Häufigkeit von moderater körperlicher Aktivität (>3,0 METs) und der Schlafqualität zwischen dem untersuchten schichtarbeitendem und nicht-schichtarbeitendem Personal aufzeigen.

Der mögliche Einfluss der Schichtarbeit auf die Gesamtaktivität wird möglicherweise durch adaptiertes Freizeitverhalten ausgeglichen.

Vermehrte Stressbelastung konnte lediglich für die Kategorie der sozialen Überlastung bei schichtarbeitenden Pflegekräften gezeigt werden.

Unterschiede beim Ernährungsverhalten wurden für erhöhten Kohlenhydratkonsum bei schichtarbeitenden Pflegekräften und vermehrten Fettanteil in der Ernährung bei Verwaltungspersonal nachgewiesen.

Der mögliche Einfluss von Schichtarbeit auf Aktivität, Ernährung, Schlaf, Stress und damit mögliche verbundene Folgen von Übergewicht und chronischer Krankheit konnten nur bedingt nachvollzogen werden.

Schichtarbeit selbst, könnte tatsächlich als unabhängiger Risikofaktor betrachtet werden. Den Langzeiteffekten von Schichtarbeit sollte in zukünftigen Studien mit langen prospektiven Beobachtungszeiträumen mehr Beachtung zugetragen werden.

Um ferner eine bessere Vergleichbarkeit von Studien zu gewährleisten, sollten die Methoden standardisiert werden. METs stellen hierfür eine geeignete Einheit für die Vergleichbarkeit von körperlicher Aktivität dar.

Da der Beobachter-Effekt in folgenden Studien auch nicht zu eliminieren sein wird, empfehlen wir zur Erfassung von Ernährungsgewohnheiten die Abkehr von Ernährungstagebüchern. Stattdessen könnte bspw. eine einfache Fotodokumentation von verzehrten Lebensmitteln mit erfasster Uhrzeit die Problematik der verfälschten Portionsgrößen lösen und die Studienteilnahme vereinfachen. Vorstellbar wäre hier der Einsatz eines Smartphones oder einer entsprechenden App. Ferner kann so die Frequenz von Zwischenmahlzeiten erfasst werden.

Aufgrund des differenzierten Bildes dieser Studie, können Handlungsempfehlungen nur eingeschränkt formuliert werden. Gegebenenfalls kann die sportliche Betätigung bzw. die Inanspruchnahme hiervon bei Schichtarbeitenden in der Freizeit gestützt werden.

Der Zugang zu ausgewogenen und sättigenden Mahlzeiten für Schichtarbeitende sollte rund um die Uhr (auch nachts) niedrigschwellig gewährleistet sein.

Der allgemeine Trend zu „Fittnesstrackern“ oder „Wearables“ bzw. die Zugänglichkeit der Bevölkerung für solche Geräte sollte produktiv durch die Forschung aufgegriffen werden und Vorteile zur Datengewinnung genutzt werden.

Literaturverzeichnis

1. Spehr M. Sportuhr oder Smartwatch? Sie haben es in der Hand. Frankfurter Allgemeine Zeitung. 2017;Rubrik Technik und Motor

2. Tedesco S, Barton J, O'Flynn B. A review of activity trackers for senior citizens: Research perspectives, commercial landscape and the role of the insurance industry. Sensors (Switzerland). 2017;17(6)

3. Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS One. 2017;12(1):e0169983

4. Bonnefond A, Tassi P, Roge J, Muzet A. A Critical Review of Techniques Aiming at Enhancing and Sustaining Worker's Alertness during the Night Shift. Ind Health. 2004;42(42):1–14

5. Wang F, Zhang L, Zhang Y, Zhang B, He Y, Xie S, et al. Meta-analysis on night shift work and risk of metabolic syndrome. Obes Rev. 2014;15(9):709–20

6. Pietroiusti A, Neri A, Somma G, Coppeta L, Iavicoli I, Bergamaschi A, et al. Incidence of metabolic syndrome among night-shift healthcare workers. Occup Environ Med. 2010;67(1):54–7

7. Kawabe Y, Nakamura Y. Relationship between shift work and clustering of the metabolic syndrome diagnostic components. J Atheroscler Thromb. 2014;21(7):703–11

8. Knutsson A. Health disorders of shift workers. Occup Med. 2003;53(2):103–8

9. Ulhôa MA, Marqueze EC, Burgos LGA, Moreno CRC. Shift Work and Endocrine Disorders. Int J Endocrinol. 2015; 2015

10. Karlsson B, Knutsson A, Lindahl B. Is there an association between shift work and having a metabolic syndrome? Results from a population based study of 27,485 people. Occup Environ Med. 2001;58(11):747–52

11. Bernardes Souza B, Mussi Monteze N, Pereira de Oliveira FL, de Oliveira JM, Nascimento de Freitas S, Marques do Nascimento Neto R, et al. Lifetime shift work exposure: association with anthropometry, body composition, blood pressure, glucose and heart rate variability. Occup Environ Med. 2015;72:208–15

12. Wang XS, Armstrong MEG, Cairns BJ, Key TJ, Travis RC. Shift work and chronic disease: The epidemiological evidence. Occup Med . 2011;61(2):78–89

13. Tada Y, Kawano Y, Maeda I, Yoshizaki T, Sunami A, Yokoyama Y, et al. Association of body mass index with lifestyle and rotating shift work in Japanese female nurses. Obesity. 2014;22(12):2489–93

14. Peplonska B, Bukowska A, Sobala W. Association of rotating night shift work with BMI and abdominal obesity among nurses and midwives. PLoS One. 2015;10(7):1–13

15. Brocklebank LA, Falconer CL, Page AS, Perry R, Cooper AR. Accelerometer-measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers: A systematic review. Prev Med (Baltim). 2015;76:92–102

16. Loprinzi PD. The effects of shift work on free-living physical activity and sedentary behavior. Prev Med (Baltim). 2015;76:43–7

17. Almajwal AM. Stress, shift duty, and eating behavior among nurses in Central Saudi Arabia. Saudi Med J. 2016;37(2):191–8

18. Albert NM, Butler R, Sorrell J. Factors Related to Healthy Diet and Physical Activity in Hospital-Based Clinical Nurses. Online J Issues Nurs. 2014;19(3):5

19. Geiger-Brown J, Rogers VE, Trinkoff AM, Kane RL, Bausell RB, Scharf SM. Sleep, sleepiness, fatigue, and performance of 12-hour-shift nurses. Chronobiol Int. 2012;29(2):211–9

20. De Bacquer D, Van Risseghem M, Clays E, Kittel F, De Backer G, Braeckman L. Rotating shift work and the metabolic syndrome: a prospective study. Int J Epidemiol [Internet]. 2009;38(3):848–54

21. Seibt R, Süse T, Spitzer S, Hunger B, Rudolf M. Nutrition and health in hotel staffon different shift patterns. Occup Med . 2015;65(6):477–84

22. Bonham MP, Bonnell EK, Huggins CE. Energy intake of shift workers compared to fixed day workers: A systematic review and meta-analysis. Chronobiology International. 2016. p. 1086–100

23. Baillargeon J. Characteristics of the healthy worker effect. Occup Med . 2001;16(2):359–66

24. Engel GL. The Need for a New Medical Model : A Challenge for Biomedicine. Science (80-). 1977;196(4286):129–36

25. Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multi-sensor Armband in estimating rest and exercise energy expenditure. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(6):1063–9

26. Ainsworth BE, Haskell WIL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc. 2000;32(9 Suppl):S498–504

27. Schulz P, Schlotz W, Becker P. Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS). Göttingen, Deutschland: Hogrefe. 2004

28. Buysse, D.J., Reynolds, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R., & Kupfer DJ. The Pittsburg Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. Psychiatry Res. 1989;28:193–213

29. World Health Organization. Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation. In: World Health Organization. 2008. p. 8–11

30. Ramin C, Devore EE, Wang W, Pierre-Paul J, Wegrzyn LR, Schernhammer ES. Night shift work at specific age ranges and chronic disease risk factors. Occup Env Med. 2015;72(2):100–7

31. Ulas T, Buyukhatipoglu H, Kirhan I, Dal MS, Ulas S, Demir ME, et al. Evaluation of oxidative stress parameters and metabolic activities of nurses working day and night shifts. Rev Esc Enferm USP. 2013;47(2):471–6

32. Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Thompson RW, Matthews CE. Comparison of pedometer and accelerometer measures of free-living physical activity. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2002;34(12):2045–51.

33. Harris TJ, Owen CG, Victor CR, Adams R, Ekelund U, Cook DG. A comparison of questionnaire, accelerometer, and pedometer: Measures in older people. Med Sci Sports Exerc. 2009;41(7):1392–402

34. Kinnunen TI, Tennant PWG, McParlin C, Poston L, Robson SC, Bell R. Agreement between pedometer and accelerometer in measuring physical activity in overweight and obese pregnant women. BMC Public Health [Internet]. 2011;11(1):501

35. Brown W, Mummery K. 10,000 Steps Rockhampton: evaluation of a whole community approach to improving population levels of physical activity. J Phys Act Health. 2006;3(1):1–14

36. Knutsson A, Boggild H. Shiftwork and cardiovascular disease: review of disease mechanisms. Rev Environ Health. 2000;15(4):359–72

37. Cipolla-Neto J, Amaral FG, Afeche SC, Tan DX, Reiter RJ. Melatonin, energy metabolism, and obesity: A review. J Pineal Res. 2014;56(4):371–81

38. Roza M, Benedict H. The Harris Benedict energy requirements equation reevaluated : resting and the body cell mass. Am J Clin Nutr. 1984;40(July):168–82

39. Wilczek A. Chronischer Stress bei Pflegekräften. Diplomarbeit. Universität Trier; 2002

40. Lowden A, Moreno C, Holmbäck U, Lennernäs M, Tucker P. Eating and shift work - Effects on habits, metabolism, and performance. Scand J Work Environ Health. 2010;36(2):150–62

41. Cain SW, Filtness AJ, Phillips CL, Anderson C. Enhanced preference for high-fat foods following a simulated night shift. Scand J Work Environ Health. 2015;41(3):288–93.

42. Fung TT, Rimm EB, Spiegelman D, Rifai N, Tofler GH, Willett WC, et al. Association between dietary patterns and plasma biomarkers of obesity and cardiovascular disease risk 1 – 3. Am J Clin Nutr. 2001;73(August):61–7.

43. Barbadoro P, Santarelli L, Croce N, Bracci M, Vincitorio D, Prospero E, et al. Rotating Shift-Work as an Independent Risk Factor for Overweight Italian Workers: A Cross-Sectional Study. PLoS One. 2013;8(5):1–6

44. Knudsen VK, Gille M-B, Nielsen TH, Christensen T, Fagt S, Biltoft-Jensen A. Relative validity of the pre-coded food diary used in the Danish National Survey of Diet and Physical Activity. Public Health Nutr. 2011;14(12):2110–6

45. Høidrup S, Andreasen a H, Osler M, Pedersen a N, Jørgensen LM, Jørgensen T, et al. Assessment of habitual energy and macronutrient intake in adults: comparison of a seven day food record with a dietary history interview. Eur J Clin Nutr. 2002;56(March 2001):105–13

46. Reece JD, Barry V, Fuller DK, Caputo J. Validation of the SenseWear Armband as a Measure of Sedentary Behavior and Light Activity. J Phys Act Health. 2015;12(9):1229–37

47. Marqueze EC, Ulhôa MA, Castro Moreno CR. Leisure-time physical activity does not fully explain the higher body mass index in irregular-shift workers. Int Arch Occup Environ Health. 2014;87(3):229–39

48. Kim M-J, Son K-H, Park H-Y, Choi D-J, Yoon C-H, Lee H-Y, et al. Association between shift work and obesity among female nurses: Korean Nurses' Survey. BMC Public Health. 2013;13(1)

49. Liira J, Verbeek JH, Costa G, Driscoll TR, Sallinen M, Isotalo LK, et al. Pharmacological interventions for sleepiness and sleep disturbances caused by shift work. Cochrane Libr. 2014;(8)

50. Øyane NMF, Pallesen S, Moen BE, Åkerstedt T, Bjorvatn B. Associations Between Night Work and Anxiety, Depression, Insomnia, Sleepiness and Fatigue in a Sample of Norwegian Nurses. PLoS One. 2013;8(8)

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. Lerch für die Annahme als Doktorand, die Unterstützung und den großzügigen Gestaltungsspielraum bei dieser Arbeit.
Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Janine Krüger für die fachliche Betreuung der Arbeit, Beratung zur Ausgestaltung sowie Durchführung der Studie.
Ferner bedanke ich mich beim gesamten Team der AG Ernährungsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald namentlich Frau Dr. Simone Gärtner, Herrn OA Dr. med. Ali Aghdassi, Frau Dr. Lena Vogt und Frau OÄ Dr. Antje Steveling, die ebenfalls die Durchführung der Studie gestützt haben und wertvolle Anmerkungen zu der zugrundeliegenden Publikation beigetragen haben.
Frau Kristin Lemke gilt ein außerordentlicher Dank für das ausdauernde und liebevolle Korrekturlesen der Doktorarbeit, das es ermöglichte diese Arbeit abzuschließen.
Ich möchte allen freiwilligen Teilnehmern an der Studie zu diesem Projekt große Dankbarkeit ausdrücken. Ohne ihre Bereitschaft wäre diese nicht möglich gewesen.
Abschließend widme ich diese Arbeit meinen Eltern Beatrice und Frank Roskoden. Durch ihre große Unterstützung in allen Lebensbereichen sind meine Ausbildung und schließlich diese Arbeit erst möglich geworden.

PLOS | ONE

RESEARCH ARTICLE

Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel

Frederick Charles Roskoden[1☯], Janine Krüger[1☯], Lena Johanna Vogt[1‡], Simone Gärtner[1‡], Hans Joachim Hannich[2‡], Antje Steveling[1‡], Markus M. Lerch[1‡*], Ali A. Aghdassi[1☯]

1 Department of Medicine A, University Medicine Greifswald, Greifswald, Germany, **2** Institute of Medical Psychology, University Medicine Greifswald, Greifswald, Germany

☯ These authors contributed equally to this work.
‡ These authors also contributed equally to this work
* lerch@uni-greifswald.de

Check for updates

OPEN ACCESS

Citation: Roskoden FC, Krüger J, Vogt LJ, Gärtner S, Hannich HJ, Steveling A, et al. (2017) Physical Activity, Energy Expenditure, Nutritional Habits, Quality of Sleep and Stress Levels in Shift-Working Health Care Personnel. PLoS ONE 12(1): e0169983. doi:10.1371/journal.pone.0169983

Editor: Harry Zhang, Old Dominion University, UNITED STATES

Received: June 19, 2016

Accepted: December 27, 2016

Published: January 12, 2017

Copyright: © 2017 Roskoden et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

Funding: The authors received no specific or direct funding for this work. No direct grants were given. JK, LJV and SG were supported by unrestricted grants for the Domagk scholarship provided through donations from Baxter and Nutricia.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

Abstract

Background

Among health care personnel working regular hours or rotating shifts can affect parameters of general health and nutrition. We have investigated physical activity, sleep quality, metabolic activity and stress levels in health care workers from both groups.

Methods

We prospectively recruited 46 volunteer participants from the workforce of a University Medical Department of which 23 worked in rotating shifts (all nursing) and 21 non-shift regular hours (10 nursing, 13 clerical staff). All were investigated over 7 days by multisensory accelerometer (SenseWear Bodymedia® armband) and kept a detailed food diary. Physical activity and resting energy expenditure (REE) were measured in metabolic equivalents of task (METs). Quality of sleep was assessed as Pittsburgh Sleeping Quality Index and stress load using the Trier Inventory for Chronic Stress questionnaire (TICS).

Results

No significant differences were found for overall physical activity, steps per minute, time of exceeding the 3 METs level or sleep quality. A significant difference for physical activity during working hours was found between shift-workers vs. non-shift-workers ($p<0.01$) and for shift-working nurses (median = 2.1 METs SE = 0.1) vs. non-shift-working clerical personnel (median = 1.5 METs SE = 0.07, $p<0.05$). Non-shift-working nurses had a significantly lower REE than the other groups ($p<0.05$). The proportion of fat in the diet was significantly higher ($p<0.05$) in the office worker group (median = 42% SE = 1.2) whereas shift-working nurses consumed significantly more carbohydrates (median = 46% SE = 1.4) than clerical staff (median = 41% SE = 1.7). Stress assessment by TICS confirmed a significantly higher level of social overload in the shift working group ($p<0.05$).

Abbreviations: BCM, body cell mass; BIA, bioelectrical impedance analysis; BMI, body mass index; ECM, extracellular mass; MET, metabolic equivalent of task; MVPA, moderate to vigorous physical activity; NG, non-shift-working; NN, non-shift-working nursing subgroup; NO, non-shift-working office worker subgroup; PA, physical activity; PSQI, Pittsburgh-Sleeping-Quality-Index; REE, resting energy expenditure; SE, standard error; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing subgroup; SWA, SensewearPro3 armband; WHR, waist-to-hip-ratio.

Conclusion

In this prospective cohort study shift-working had no influence on overall physical activity. Lower physical activity during working hours appears to be compensated for during off-hours. Differences in nutritional habits and stress load warrant larger scale trials to determine the effect on implicit health-associated conditions.

Introduction

The effects on health in individuals being on different working schedules (daytime, night-time or rotating) are a widely discussed topic and cover not only metabolic syndrome and its risk factors like obesity [1]. Cardiovascular as well as gastrointestinal disorders and cancer were identified in several review papers containing smaller national studies [2,3,4,5].

In a generic large scaled study Japanese shift-workers were found to have a higher prevalence of gastric ulcera then day time workers (2.38 vs 1.03%) [6].

Moreover a statistical analysis of a large Scandinavian working cohort comparing day-time workers and shift workers showed a. significantly elevated body-mass-index (BMI) >30 kg·m^{-2} for female workers of all age groups and for male workers in the third, fourth and fifth decade of life. Significantly elevated triglyceride levels above 1.7% were observed for female shift workers in their fourth and sixth decade of life [4]. Though risk clusters are found in shift-working cohorts.

Employees in the health care industry are frequently facing different working patterns that might influence their health and both physical and psychological wellbeing [1,7].

A prospective 4-follow-up study in male and female nurses showed a significantly elevated relative risk of 5.0 (95% confidence-interval 2.1–14.6) for de novo developing a component of metabolic syndrome in night-shift workers compared to only day-shift workers [1].

High prevalence of poor sleeping quality measured by a questionnaire was found examining resident physicians doing 24 hours of shift work [7].

Epidemiological studies reported that declining physical activity (PA) or an increasing sedentary activity is associated with higher risks for health such as poor insulin sensitivity [8]. The substitution of 30 minutes sedentary time with moderate to vigorous physical activity (MVPA) was found associated with a 9.7% higher homeostasis model assessment of insulin sensitivity [9].

A lack of moderate PA is considered to be responsible for metabolic disorders such as metabolic syndrome. A decrease of 68%–81% for risks of less likely having abdominal obesity, hypertriglyceridemia, and low HDL cholesterol levels was seen in a study cohort using a SenseWear armband and spending more than 60 minutes per day with MVPA compared to those spending less than 30 minutes per day of MVPA[10].

Sedentariness as a possible predictor for developing metabolic syndrome was found with a significantly higher hazard ratio of 5.10 (95% confidence interval 2.15 to 12.11; $p<0.001$) in night shift workers compared to day time workers with a hazard ratio of 2.92 (95% confidence interval 1.64 to 5.18; $p = 0.017$) [1].

Other data suggest a relative risk of 1.79 (95% confidence interval 1.06–3.01) for breast cancer in rotating night-shift workers compared with non-shifting workers [11] That risk as well as the risk for cardiovascular disease in persons on night work might be associated with suppressed nocturnal melatonin levels, supporting the 'melatonin hypothesis' [12].

Less bouts of moderate to MVPA were observed in night and evening shift workers compared to day shift workers. A rotating shift schedule was associated with decreased sedentary but more light physical activity in the National Health and Nutrition Examination Survey [13].

Health care personnel, especially nurses, are a well investigated population for health studies. Since 1976, the "Nurses' Health Study" examines nurses for health-risks and lifestyle parameters like e.g. smoking and nutrition [14] and is currently recruiting its third cohort.

Investigations of individual physical activity are becoming more attractive due to the increasing availability of easy to handle fitness tracking devices. Unfortunately, due to the inconsistent design of studies and heterogeneous results a generalization of observations is not possible. It appears probable that circadian rhythm and sleep is negatively affected by shift work [3], which is expressed by subjective sleepiness and short sleeping periods between shifts [15].

In addition to physical activity and sleeping patterns eating habits have been investigated in shift workers and evaluated for their impact for the risk of metabolic syndrome [4,5]. A recent study revealed no differences in nutritional behaviour between regular and alternating shift workers that might be explained by equal health beliefs in both groups [16].

The so called healthy worker effect proposes that the apparently better health of workers contrasts always with the general population. Therefore workers need to be compared to appropriate controls [17].The individualized and multifactorial objective of the present study draws on the recent approach of the biopsychosocial model of GL Engel [18]. This model does not take into account solely the biological impacts of one individual's health and illness but also involves psychological aspects like mental disposition and personality and social environment such as education, work, family etc. Understanding and analysing characteristics of health care staff and shift worker, which increase risk for illness, our study should not only measure one biological parameter such as physical activity. Measuring chronic stress and sleep quality are aimed to cover psychological aspects. The social aspects of work should be represented in the compared subgroups. The influence of shift-work as well as the type of work are supposed to be integrated into analysis. The need for an outlying (no shift-work, no health-care work) but likely comparable subgroup was acknowledged.

In health care many employees have to work either in a daytime or shift-working schedule and this group has not been extensively characterized regarding their physical activity, sleeping rhythm and nutritional behaviour. Our aim was to clarify the impact of shift working in these groups.

Materials and Methods

The study population consisted of employees of University Medicine Greifswald, a tertiary care medical centre in Western Pomerania, Germany. The study was approved by the Local Ethics Committee of the University of Greifswald ('Ethikkommission Universitätsmedizin Greifswald', Felix-Hausdorff-Str. 3, 17487 Greifswald, Germany) on July 2013. All volunteers signed informed consent. Volunteers were recruited among the nursing and administration staff between 2013 and 2014. All participants were aged above 18 years and had an unremarkable medical history except for e.g. occasional back pain or arterial hypertension. No financial compensation was offered, but all participants were offered to receive their individual results after termination of the study. Participants were processed as outlined in Fig 1.

Anthropometrics

Age, weight, height, waist and hip circumferences, left- or right-handedness, nicotine consumption, blood pressure and heart rate were recorded at the beginning of the study. Besides BMI waist-to-hip-ratio (WHR) was calculated. The recent Expert Consultation of the World Health Organization acknowledges the use of WHR and the waist circumference solely as a parameter for abdominal obesity. Appropriate cut-off points for different ethnicities and schemes for scaling are still controversial. Although World Health Organization's possible cut-

offs of about ≥0.90 cm/cm for men and ≥0.85 cm/cm for women are suggested to indicate a 'substantially increased risk of metabolic complications' [19].

The WHR considers the distribution of body fat and has been suggested to represent a better predictor for the occurrence of cardiovascular diseases and their risk factors than BMI e.g. better indicating dyslipidaemia or hypertension [20].

Bioelectrical impedance analysis

Body composition was measured using bioelectrical impedance analysis (BIA, Nutriguard-M and the included NutriPlus® software by Data Input GmbH Pöcking, Germany). This non-

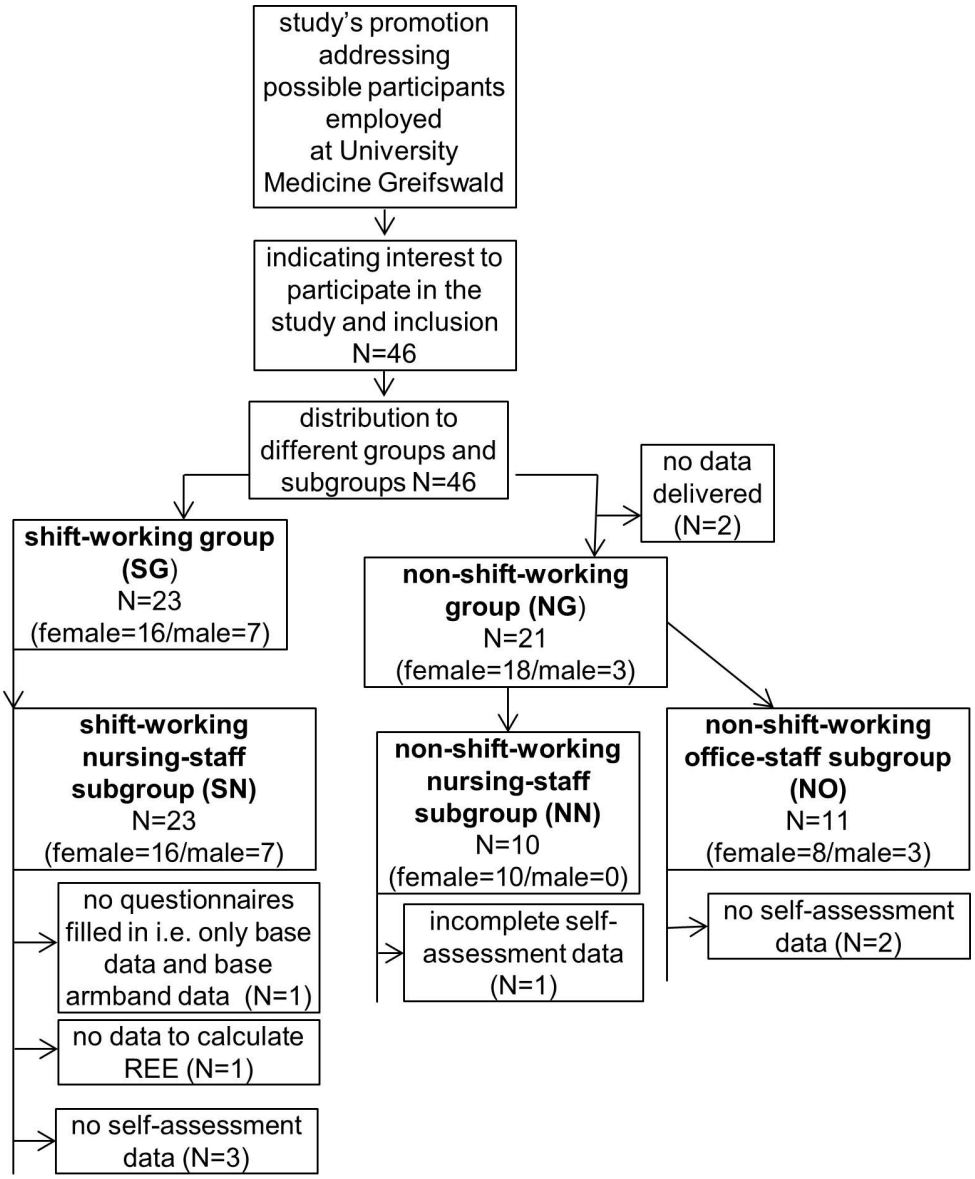


Fig 1. Study's flowchart for group distribution, group sizes as well as amount of missing data. The shift-working group (SG) only consisted of nursing staff (male and female) from different wards of University Medicine Greifswald. They rotated through day-, evening- and night-shifts. The non-shift-working group (NG) included nurses that worked in outpatient departments, diagnostic units or solely on day-shift on the wards (NN), as well as office administrative staff (NO).

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g001

invasive method is frequently used in both clinical routine as well as in trials for assessment of dietary and physical conditions. A special focus was laid on the assessment of body fat, body water and body cellular mass (BCM). For better interpersonal comparability the ratio of BCM and extracellular mass (ECM), BCM/ECM index, and the phase angle as a parameter for muscular cell vitality were determined.

SensewearPro armband accelerometry and physical activity

The physical activity was measured (actigraphy) by the SensewearPro3 armband (SWA, Bodymedia Inc. Pittsburgh, PA, USA). This device is a multisensory research-grade accelerometer worn at the upper arm (regio brachialis posterior), registering longitudinal and transversal acceleration, number of steps, rate of heat-dissipation, galvanic skin response, body and ambient temperature. Data were recorded constantly every minute. SWA is a valid and reliable tool for total energy expenditure and resting energy expenditure (REE) when compared to the gold standard indirect calorimetry [21].

Physical activity was quantified as metabolic equivalents of task (MET). The equivalence of 1 MET is defined by the turnover of 3.5 ml oxygen per kg body weight per minute. In other words, it can be defined as the turnover of 1 kcal (= 4.2 kJ) per kg body weight per minute. In normo-metabolic individuals 1 MET represents the activity level of 1 minute of quiet sitting [22].The activity-levels were defined as light activity (<3.0 METs), moderate activity (≥3.0 to <6 METs), vigorous activity (≥6 to <9.0 METs) and highly vigorous activity (≥9.0 METs) as previously reported [22].

The American College of Sports Medicine and the American Heart Association recommends 30 minutes (i.e. 2.1% of an entire day's time) of MVPA preferably in 10 min bouts, per day for healthy adults [23]. In definition of METs all activities above the 3 METs threshold would be in compliance with this recommendation.

All subjects were asked to wear the armband continuously for 1 week to cover five working days and an equal distribution of different shift-types in the SG subgroup although this was not always feasible. In addition, all subjects had to record the start and the end of their working hours, sleeping and resting hours, and optionally, their leisure time activities in a log handed to them at the beginning of the study.

All processed parameters, including the individual METs (through the temporal dimension), were standardized to the individual's effective wearing time to ensure general comparability. The value of subjects' individual METs was calculated by SWA's attached software, through a special algorithm.

Furthermore, we analysed the percentage of time exceeding the 3 METs level, steps per minute and the percentage of time in all activity categories (see above), which were recorded by the armband. Through the subjects log recording we could extract all these parameters for the entire working period.

Metabolism and REE

Owing the fact that 1 MET represents the activity of quiet sitting in the presence of a normal metabolism; METs in resting subjects can represent the individual REE. REE was calculated on the basis of the MET-level of 1 hour activity during the early sleeping phase that was retrieved from the subjects' log. The mean REE (calculated in METs) of all measurements was calculated for each subject.

Depending on the individual body composition and diet a REE of <0.9 METs defines hypometabolism, between 0.9 and 1.1 normometabolism and >1.1 hypermetabolism.

Sleep quality and efficiency

The SensewearPro armband provides the opportunity to evaluate the sleeping habits of its wearer. Laying and sleeping times were registered and sleeping hours were identified according to the diary. The mean ratio of all hours of lying and all hours of sleeping represents the individual sleeping efficiency (in percent). Actigraphy is, in general, regarded as valid to assess sleeping quality [24], but certain limitations in the detection of sleep and wake times have been discussed [25]. We therefore used as additional instrument, the Pittsburgh Sleeping Quality Index (PSQI). A 19-item based self-reporting questionnaire covering subjective sleep quality, latency and duration, habitual sleep efficiency, sleep disturbances, use of sleeping medication, and daytime dysfunction [26]. A PSQI score >5 indicated poor sleeping quality.

Nutritional habits

All participants were asked to keep a food diary for 7 days. All non-nutritional beverages (pure water and unsweetened tea) were neglected for the sake of compliance and practicability. The data was analysed using the OptiDiet© software (GOE GmbH Linden, Germany). Intake of macronutrients and micronutrients were quantified using an integrated database of the software. The average percentage intake of fat, carbohydrates, proteins was determined by the software. Intake sugar (sucrose) as a subset of carbohydrate as analysed especially again

Quantification and differentiation of stress load

The Trier Inventory for Assessment of Chronic Stress (TICS) is a validated 57-item questionnaire [27], which estimates individual chronic stress loads during the preceding 3 months. Items can be categorized in 10 groups: work overload, social overload, pressure to perform, work discontent, excessive demands from work, lack of social recognition, social tensions, social isolation, chronic worrying and stress screening scale, a global indicator for stress load. All results were calculated by an age-adjusted T-value and found positive when this value ±95%-confidence interval exceeded the mean T-value of 50. The study used a one-sided approach of TICS utilisation and neglected significant deceeding values. Comparisons between the groups were done in categories of positive and negative outcome. Positive values indicate higher perception of the respective stress type.

Statistics

Statistical analysis and graphical editing were done using SAS 9.3 software (SAS Institute Cary, NC, USA) and Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc. San Jose, CA, USA).

If not otherwise indicated the median and standard error (SE) is presented for descriptive statistics, to ensure robust statistics. Nevertheless for general data the mean-value is also delivered (see General Data).

For categorical variables Fisher's Exact Test was performed. In case of continuous variables ANOVA was used. ANOVA's assumptions of normal distribution were tested with the Shapiro-Wilk test and the requirement of homogeneity of variances was tested with Levene's test and the more robust Brown-Forsythe test.

When ANOVA assumptions were violated, the non-parametric Wilcoxon–Mann–Whitney test was used to compare two samples (group comparison) and Kruskal-Wallis test to compare three samples (subgroup analysis). Since continuity correction for Wilcoxon–Mann–Whitney test can be neglected only for larger sample sizes or absence of ties, a correction of 0.5 was kept.

The post-hoc analysis for the three subgroups could be done for ANOVA agreements performing Tukey's test, controlling the type I experimentwise error rate. For the non-parametric test and categorical variables the subgroup analysis was done using Bonferroni correction for multiple testing.

Unless otherwise indicated a p-value of <0.05 was considered to be significant. For the subgroup analysis the levels of significance refer to the first step of testing for difference and not to the post-hoc analysis.

Results

General data

The study population categorized in shift working and non-shift working employees and their subgroups are characterized in Table 1. Non-shift workers were significantly ($p<0.001$) older than individuals working on a shift schedule showing a difference of about 10 years (41.6±2.0 vs. 31±1.9 years). Among non-shift workers, nurses were older than office staff. Study participation of males was lower as only 10 out of 44 individuals were men; however this difference was not significant.

BMI and WHR did not show significant differences within the groups and between subgroups. The median BMI and the median WHR in all subpopulation was within the range of healthy individuals. For BMI a tendency towards overweight was found for all subgroups, whereas the NN subgroup has the highest median BMI of all subgroups.

Smoking habits estimated by the number of pack years indicated that individuals on a shift schedule smoked significantly more than employees working during daytime only (4.3±1.2 vs. 1.8±0.8 pack years).

A potential bias for the percental SWA wearing rate in the main groups could be assumed, apartly beholding a very conservative view at the two tailed p-value ($p = 0.0926$) and the one-tailed p-value ($p = 0.0463$).

Physical activity and metabolism

Overall average activity in METs was not significantly different between the shift- and non-shift working group and ranged at around 1.6 METs (Fig 2A). Regarding the subgroups, no

Table 1. Main characteristics of the study population and respective subpopulations.

(sub)population characteristics	shift-working group *RESPECTIVELY* shift-working nursing-staff subgroup (N = 23)	non-shift-working group (N = 21)	non-shift-working nursing-staff subgroup (N = 10)	non-shift-working office-staff subgroup (N = 11)
Age (yr)	31±1.9 (27)	41.62±2.0 (43)***	46.7±1.5 (47) *	37±3.0 (33)
Height (cm)	172±2.4 (170)	168±1.3 (167)	167.5±1.3 (167.5)	169±2.1 (167)
Weight (kg)	76.35±4.2 (72)	72±3.3 (72)	75.7±5.1 (74)	68.6±4.2 (65)
BMI in ($kg{\cdot}m^{-2}$)	25.7±1.3 (23.8)	25.4±1.1 (24.2)	27.1±2 (26.0)	23.9±1.07 (23.9)
Waist-to-hip-ratio	0.86±0.01(0.86)	0.84±0.02 (0.85)	0.84±0.02 (0.86)	0.84±0.03 (0.85)
Armband-wearing-rate (%)	96.5±1.00 (98.4)	93.0±2.4 (97.6)	89.6±4.8 (97.5)	96.1±1.3 (97.8)
Packyears (in years)	4.3±1.2 (3)*	1.8±0.8 (0)	2.5±1.5 (0)	1.18±0.6 (0)
Phase angle (˚)	6.08±0.16 (6.00)	5.93±0.13 (6.00)	5.92±0.16 (5.70)	5.95±0.22 (6.00)
Body cellular mass (%)	52.1±0.8(52)	51.5±0.7 (51.7)	51.5±0.8 (50.5)	51.48±1.03 (51.8)
Body fat (%)	26.0±2.24 (25.2)	27.09±1.57 (24.6)	30.5±2.7 (33.5)	24.0±1.3 (23.6)

values are means ± SE additionally; median-values are in brackets.

*p<0.05

***p<0.001

doi:10.1371/journal.pone.0169983.t001

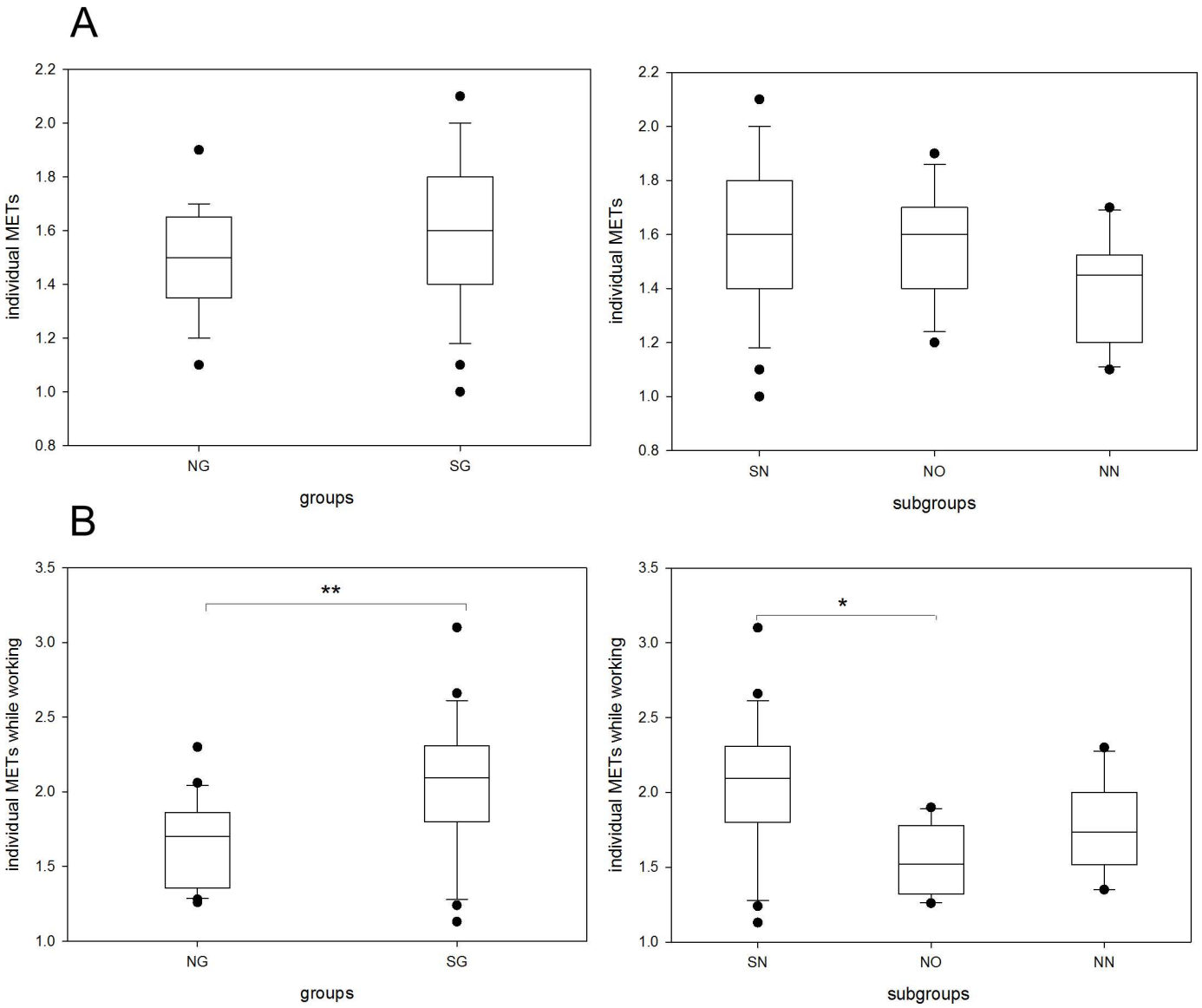


Fig 2. Individual physical activity in metabolic equivalents of task (METs) in shift and non-shift workers and their subgroups. A: induvial physical activity for overall time in METs. B: individual physical activity in METs during the working time The boxes cover the first quartile on the bottom and the third quartile on the top. Whiskers reach from the minimum to the maximum value excluding outliers (illustrated by dots). Shift-working group and shift-working nursing-staff subgroup cover identical cohorts. Working periods were identified using the test subject's activity journal and analysed separately. The value of subjects' individual METs was calculated by SWA's attached software, through a special algorithm. NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup. *p<0.05, **p<0.01.

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g002

statistically significant differences were detected either. There was a tendency towards less physical activity in the non-shift working nursing staff subgroup compared to employees from the office staff. No significant differences were found for different activity levels in METs for overall wearing time.

However, when analysing the median physical activity during business hours shift-working individuals were significantly more active than non-shift workers (2.1 vs. 1.7 METs, $p<0.01$). In addition, there was a significant difference between shift-working nurses and (non-shift working) office workers (2.095 vs. 1.52 METs, $p<0,05$) (Fig 2B).

There was also a significant difference in the percentage of time exceeding more than 3.0 METs per minute of wearing during working phases for shift-workers and non-shift workers.

We tend to define the parameter "percentage of time exceeding more than 3.0 METs per minute of wearing" for overall time of as analogous to the common MVPA, in which 30 minutes of MVPA (i.e. 2.1% of an entire day's time) [23] are recommended. In this case all subgroups would accomplish the recommendation for sufficient MVPA. The median values for SN is 10.8% (SE = 1.23), for NN = 8.6% is (SE = 1.25), for NO is 10.5% (SE = 1.4).

In working phases we also found significant differences between shift- and non-shift-workers regarding the percentage of time reaching levels of low (<3.0 METs) and medium activity (3.0–6.0 METs).

We then focussed on the number of steps (per minute of wearing) as a health-related activity parameter (Fig 3). There was a significant difference between the shift-working and the non-shift-working group ($p = 0.012$). Employees on shift rotation walked relatively more than individuals on non-shift work over the whole time of wearing. Significance was also found in a subgroup analysis, but did not withstand a controlled pairwise ANOVA post-hoc analysis using the Tukey test.

When comparing individual METs (Fig 2A) and steps per minute (Fig 3) we found a significant difference($p<0.001$) but poor correlation (spearman's rho = 0.559) of those variables, suggesting that other activities rather than walking might be responsible for accomplishing the total metabolic equivalents of task in our investigated population.

During the working phases the difference in number of steps per minute was greatest between the NG and SG cohort ($p<0.0001$, data not shown) and there were significant pairwise differences between all subgroups.

Correlation of METs at work and steps per minute while working was significantly different ($p<0.05$) and showed strong correlation (Spearman's rho = 0.763) (Figs 2B and 3). During work the step-rate depicts the metabolic equivalents of task very precisely.

No significant differences in REE were found in the SG and NG groups (Fig 4). This is not remarkable because the main anthropometric characteristics including results of body impedance analysis (Table 1) were also not different. BCM is a predictor, independent of age and gender for REE as it represents metabolically active tissue [28]. Nevertheless, subgroup analysis revealed a significant difference between shift working and non-shift working nurses as well as office workers. Post-hoc analysis showed that NN has a much lower REE compared to the other two subgroups (SN and NO).

Owing to the fact that the REE for woman and man is different, the difference stays significant when only female study subjects are compared. The drawn barriers for different types of metabolism also indicated that non-shift workers, especially NN, are in the majority hypometabolic.

Sleeping quality

Subjective examination of disturbed sleeping quality was assessed by PSQI and showed no significant differences in the group- and subgroup-analyses (Fig 5). Individuals on a shift-work schedule more often reported an impaired sleep quality. Among non-shift workers disturbed sleeping quality was more frequent in non-shift-working nurses than in office staff. Comparison of PSQI results with sleeping efficiency by the SWA-assisted method also showed no significant differences between groups and subgroups.

Chronic stress

TICS was used to make a comparison between stress affection in different groups. Fig 6 shows the proportion of study participants that were rated "positive" for each of the ten stress items. Social overload was significantly higher in shift-workers. This observation is based on highly

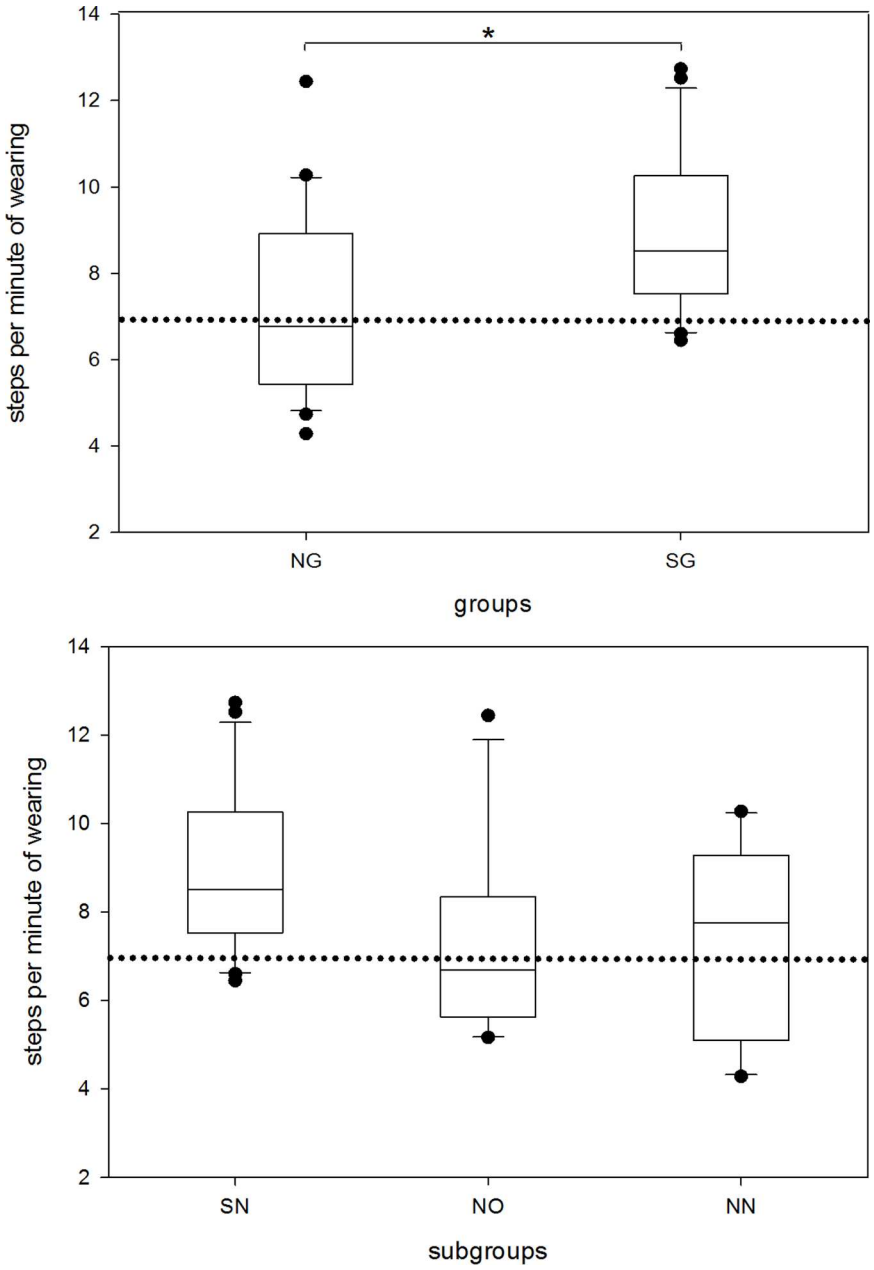


Fig 3. Overall steps per minute in non-shift and shift working group and subgroups. The boxes cover the first quartile on the bottom and the third quartile on the top. Whiskers reach from the minimum to the maximum value excluding outliers (illustrated by dots). Shift-working group and shift-working nursing-staff subgroup cover identical cohorts. Steps per minute were calculated based on the ratio of overall steps and overall armband wearing time in minutes. Dotted line represents the 10000 steps per day boundary (i.e. 6.94 steps·min^{-1}). NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup *p<0.05.

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g003

significant differences between the three subgroups. Post-hoc analysis showed that social overload of SN and NN cohorts were strongly increased compared to the NO subgroup. Differences were highest when comparing shift-working nurses with office workers ($p<0.001$).

TICS defines social overload by a high degree of personal interaction and extended responsibility for other people.

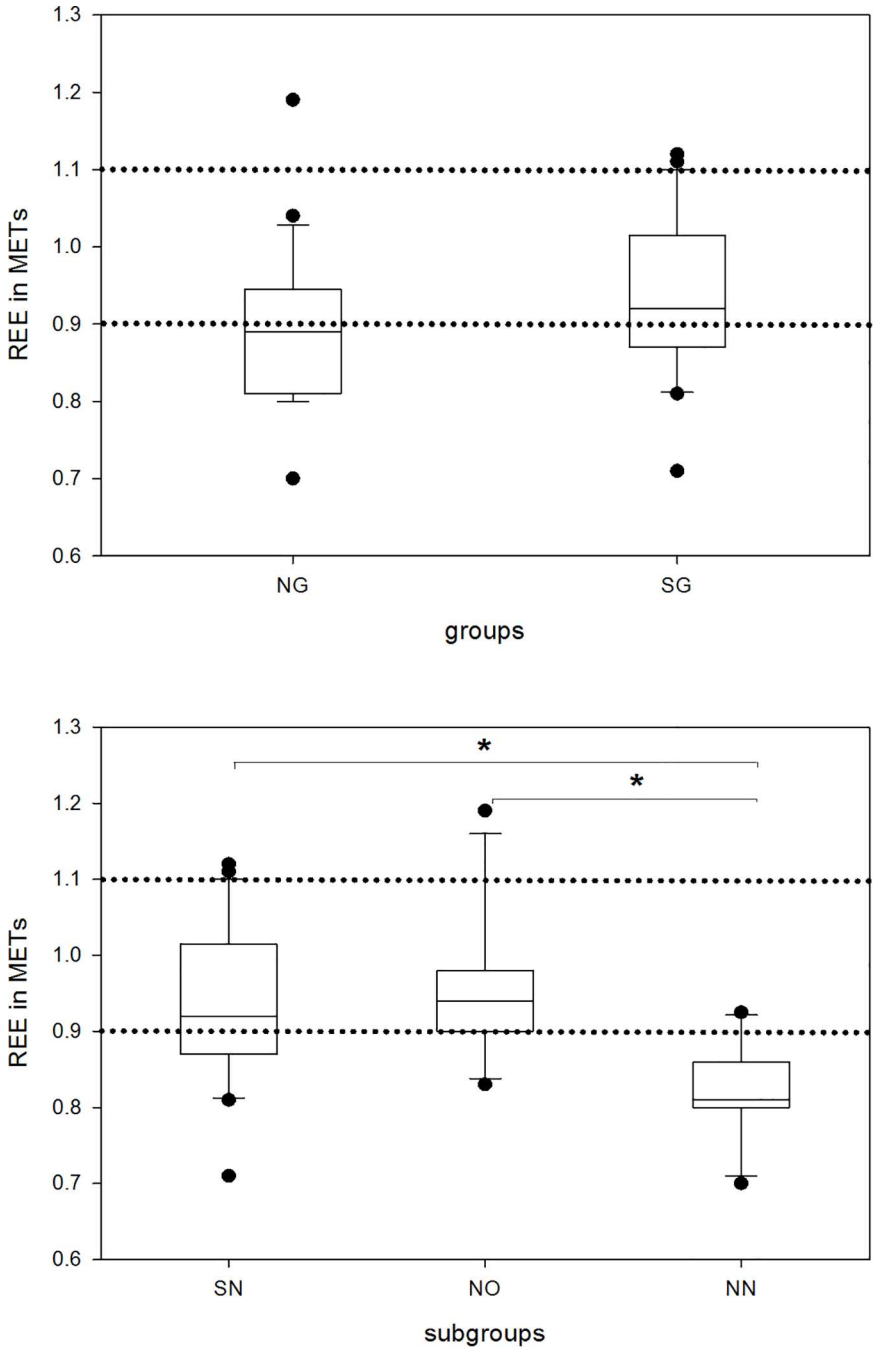


Fig 4. Boxplot of Resting Energy Expenditure (REE) in METS by groups and subgroups. The boxes cover the first quartile on the bottom and the third quartile on the top. Whiskers reach from the minimum to the maximum value excluding outliers (illustrated by dots). Shift-working group and shift-working nursing-staff subgroup cover identical cohorts. The dotted lines bounds the limits for hypermetabolic state (REE>1.1 METs) and hypometabolic state (REE<0.9 METs). NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup *p<0.05

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g004

Shift-working employees more frequently complained of work overload). Their stress screening scale, an indicator for global stress load, tended to be higher but not significantly so.

Among non-shift workers a significantly higher lack of social recognition was reported from non-shift-working nurses than from office staff. Comparison of shift-working nurses and clerical staff failed to be significant after Bonferroni correction. According to TICS, lack of social recognition is defined as a mismatch between individual commitment and the expected social gratification.

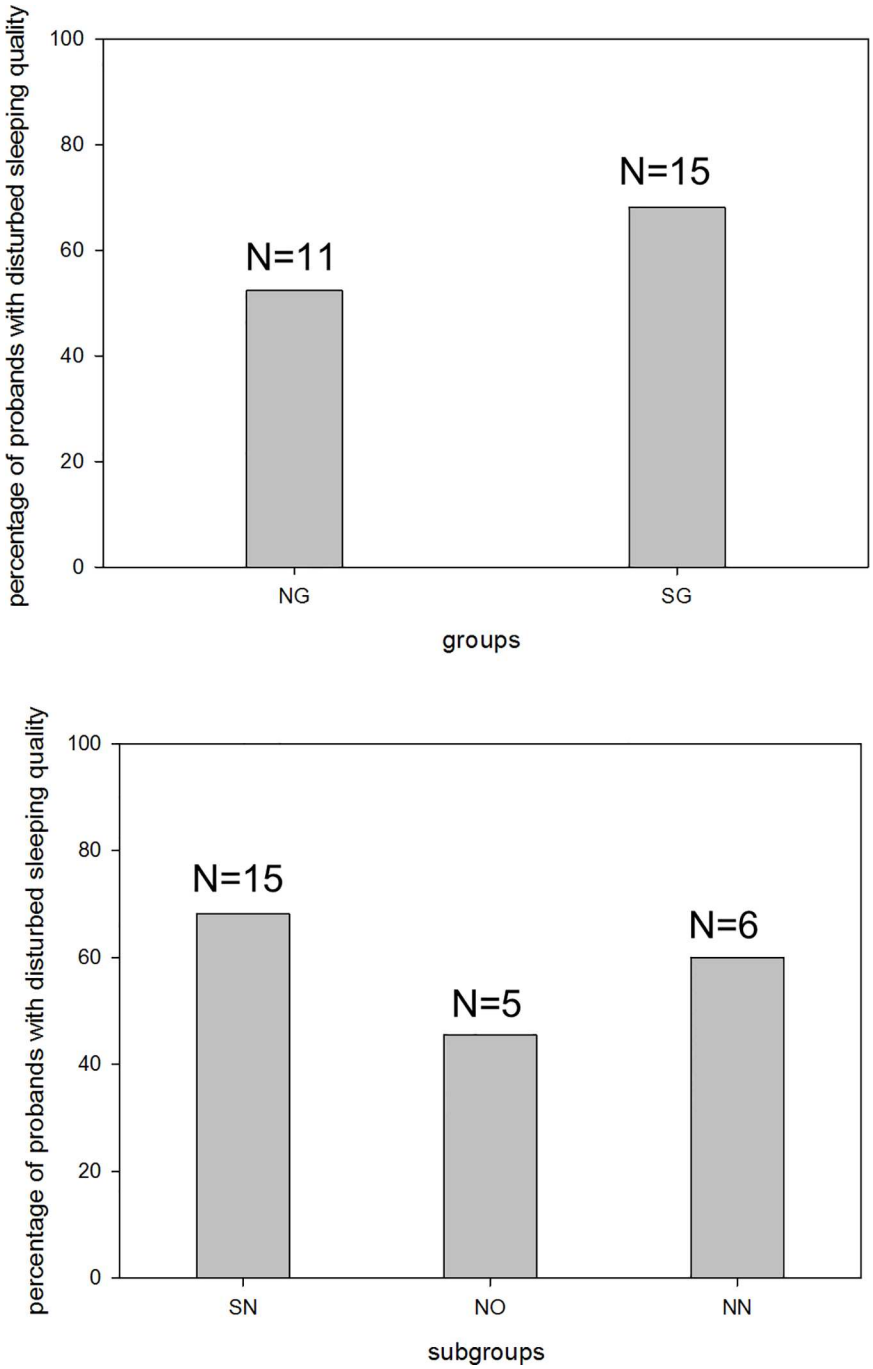


Fig 5. Percentage of employees with disturbed sleeping quality due to Pittsburgh-Sleeping-Quality-Index (PSQI). All test subjects with PSQI-score>5 in groups and subgroups were labelled as having a disturbed sleeping quality. NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup.

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g005

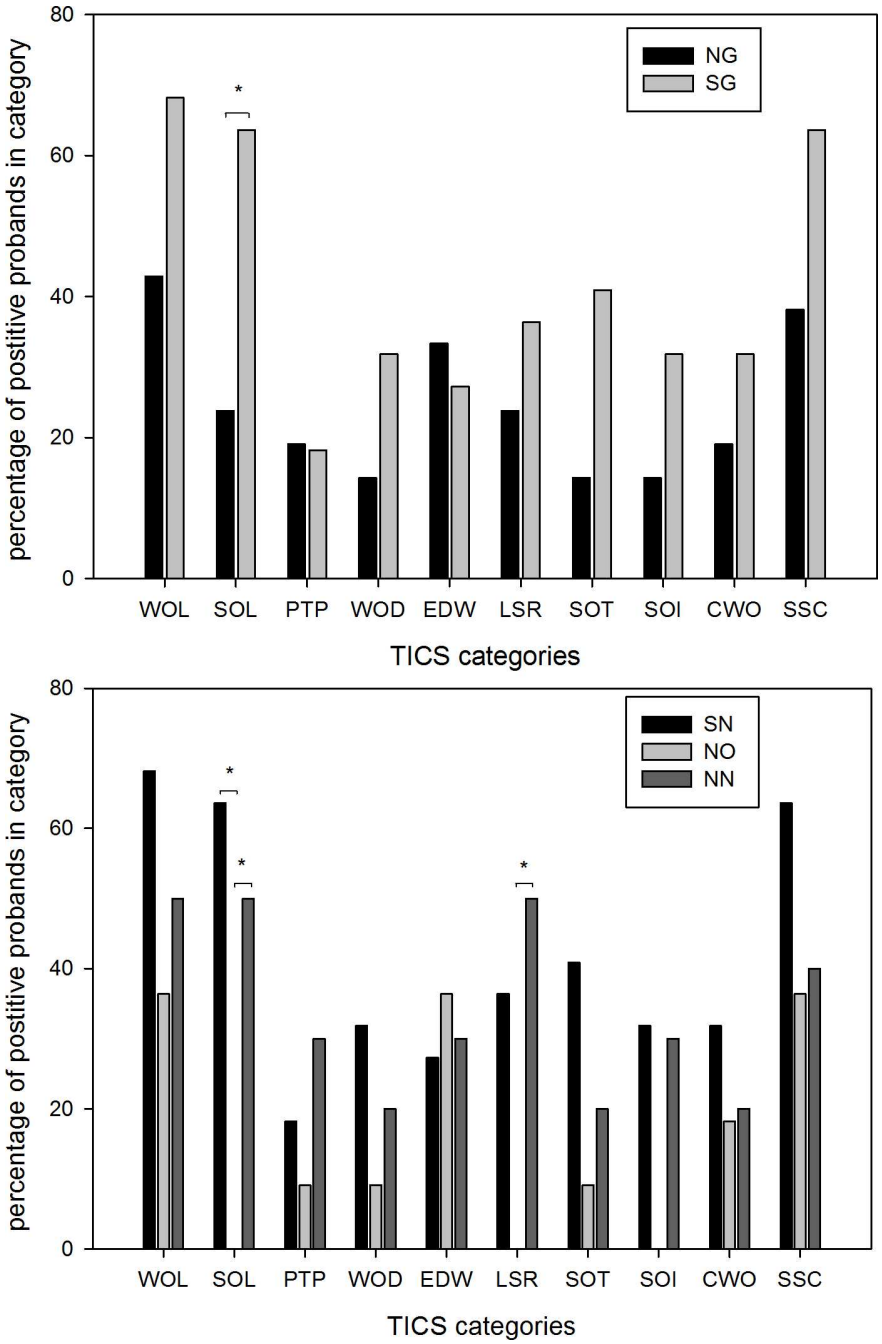


Fig 6. Percentage of different loads in stress categories according to TICS in groups and subgroups. (WOL) work overload, (SOL) social overload, (PTP) pressure to perform, (WOD) work discontent, (EDW) excessive demands from work, (LSR) lack of social recognition, (SOT) social tensions, (SOI) social isolation, (CWO) chronic worrying, (SSC) stress screening scale. NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup *p<0.05.

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g006

It should be noted that anybody of the office employees reported on social overload, lack of social recognition or social isolation. Differences were only significant for the first two items before adapting the Bonferroni correction.

Nutritional issues

Total energy intake (in kcal) was similar between the shift and non-shift working group as well as in subgroup analysis as illustrated in Fig 7. There was a great variation of energy consumption within the SG and SN group (Fig 7A). Likewise no significant differences were found for percentage of protein ingestion (data not shown).

Analysis of fat consumption revealed a higher percental intake among the office staff (NO) and this difference was significantly different from both the shift working and non-shift working nurses ($p<0.01$) (Fig 7B). On the other hand, percental carbohydrate intake was less in the office group compared to shift working nurses (Fig 8A). The percental intake of sugar, representing partially snacking, did not withstand Bonferroni correction (using two tailed t-values) but showed a tendency towards less consumption in the NO subgroup (Fig 8B).

Discussion

In a microepidemiological approach this study aimed to identify differences of lifestyle habits in individuals employed in health care in a German tertiary medical centre and working on

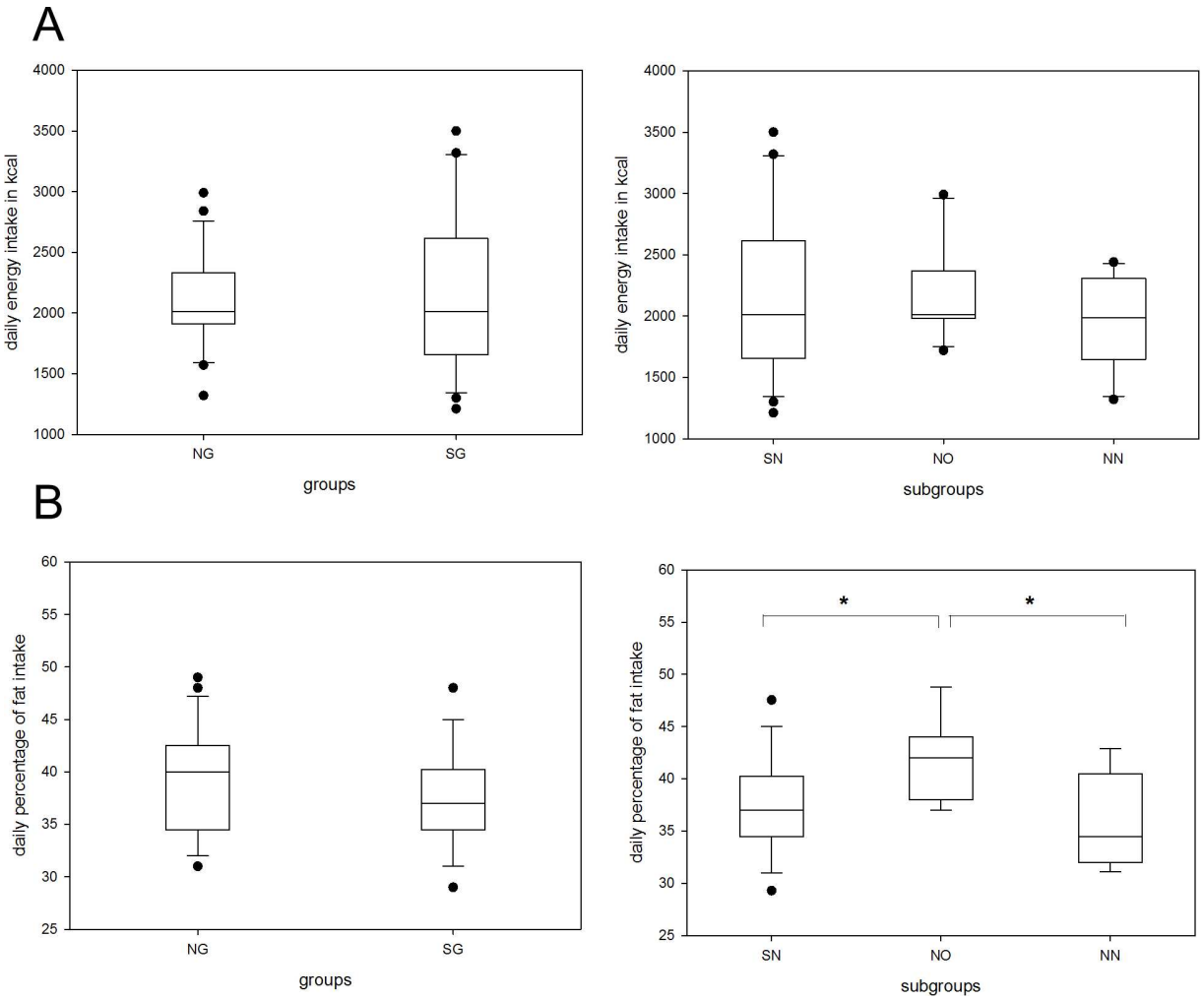


Fig 7. Daily energy (A) and fat intake (B) by groups and subgroups. Energy intake is calculated in kcal (A), fat intake (B) as illustrated in percent. The boxes cover the first quartile on the bottom and the third quartile on the top. Whiskers reach from the minimum to the maximum value excluding outliers (illustrated by dots). Shift-working group and shift-working nursing-staff subgroup cover identical cohorts. NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup *p<0.05.

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g007

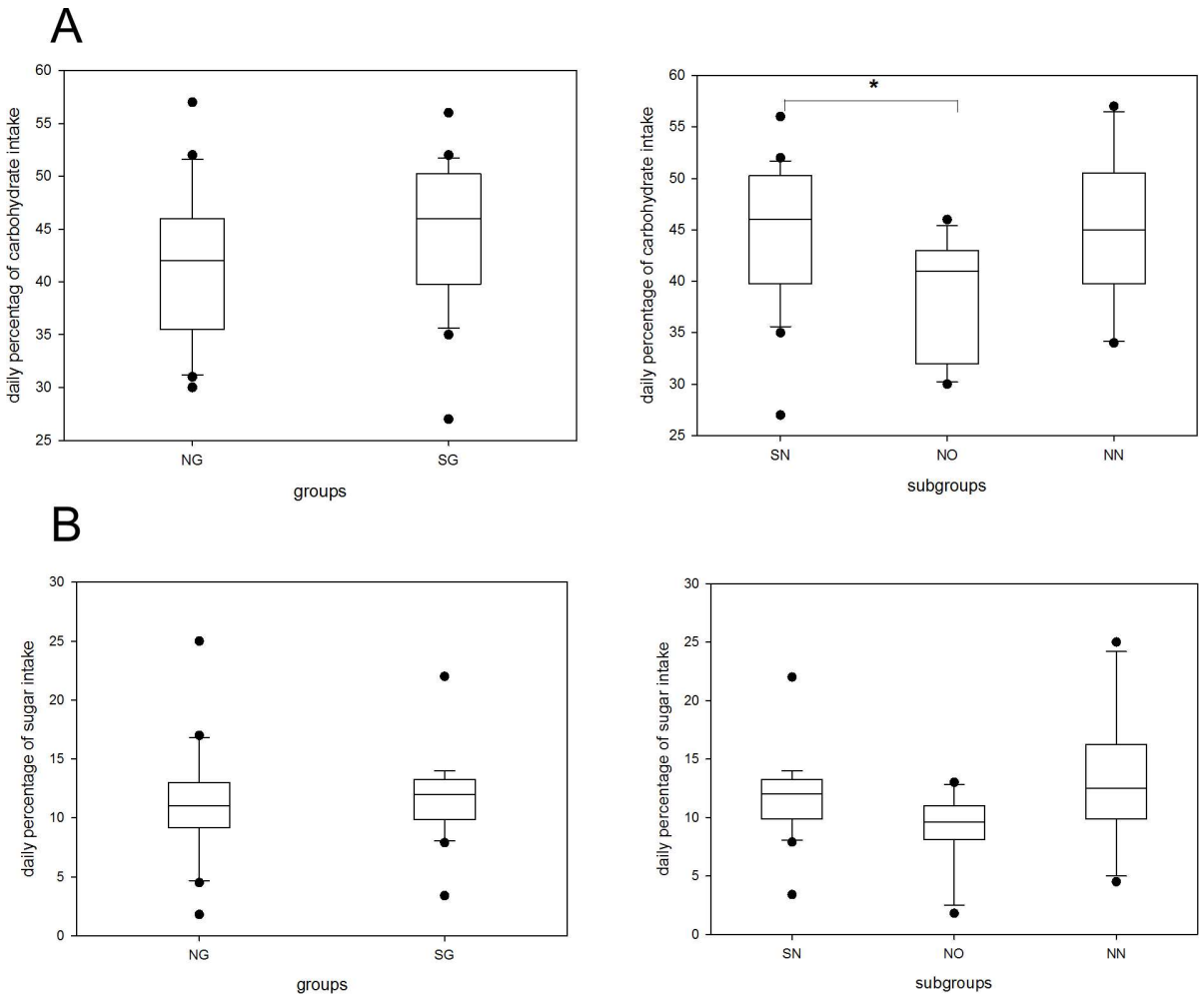


Fig 8. Daily carbohydrate (A) and sugar (B) intake by groups and subgroups. Carbohydrate (A) and sugar intake (B) as illustrated in percent. The boxes cover the first quartile on the bottom and the third quartile on the top. Whiskers reach from the minimum to the maximum value excluding outliers (illustrated by dots). Shift-working group and shift-working nursing-staff subgroup cover identical cohorts. NG, non-shift-working group; SG, shift-working group; SN, shift-working nursing-staff subgroup; NO, non-shift-working office-staff subgroup; NN, non-shift-working nursing-staff subgroup *p<0.05.

doi:10.1371/journal.pone.0169983.g008

either a shift or a non-shift schedule. We included parameters for physical and metabolic activity, stress perception, sleeping quality and nutritional habits. Groups differed in the way, that shift workers were younger and more often smokers than non-shift workers. These differences are closely in line with the data from the Nurses' Health Study (NHS) II, where higher smoking behaviour rates were found in earlier and midlife among rotating shift workers [29]. In regard to age, our findings support the NHS findings that an older nursing personnel tends to work in clinics rather than on wards.

So the discrepancy in age might be also explained by the fact that older nursing staff changes from shift to a regular work schedule. Notably, women were proportionally overrepresented in the non-shift-working group in our data.

We were able to show the variation of physical activity in nurses on a shift rotation compared to daytime only workers, which appeared significant during working hours. Moreover, they were partly more prone to mental stress, and significant differences were seen in the composition of meals.

Physical activity and metabolism

The very limited sample of similarly designed studies compared mainly working schedule-associated activity parameters: A Turkish study with day and night-shift working nurses using the SWA found average MET-values of a mean of 1.99 (SD = 0.35) for day shifting and a mean of 1.83 (SD = 0.28) for ordinary service nurses during work [30]. This result is in line with our findings with shift working nurses somewhat exceeding that value (Fig 2B).

However, our study's findings vary from another study proposing less sedentary behaviour and more light activity for rotating shift workers [13]. A homogenous overall activity profile in the investigated population could explain that difference.

We were surprised by the discrepancy between step-rate and overall physical activity (in METs). Step-rate was quantified using the accelerometer method and is frequently used for assessment of physical activity in clinical studies. Conceivably, pedometry based on the accelerometer probably is not as accurate as that of classical pedometers. Yet, there are studies that demonstrated similarities between these two methods in young healthy [31] as well as elderly individuals [32]. Discrepancies are seen in obese people [33]. Since the participants of our study were not obese we don't assume a marked deviation of the accelerometry results. Our data suggest that the main activity during working hours derives from walking activities as we noticed a good correlation of individual METs and number of steps while working. On the other hand, physical activity during off hours may include "non-walking" activities. Household and social activities seem to be more relevant to physical activities than stepping.

Only a minority of all subjects achieved the recommended number of steps (Fig 3) of at least 10.000 per day for healthy adults (i.e. 6.94 steps·minute-1). This threshold value has been recommended in the Australian "10.000 steps project" which used this value for a freely accessible community health program [34]. Mostly employees working on non-shift rotations (NG group) and office workers fell below the recommended number of steps.

The fact that nurses on a shift schedule usually have to walk more during their working hours, for control rounds or food and drug dispensation explains this difference. Furthermore, their activities such as washing and patient mobilisation are physically demanding and, at night, done in smaller teams.

REE was similar in shift or non-shift working individuals. Despite shift-work's suggested influence on metabolism through circadian desynchronization [4,35] and changes in melatonin release [3], beholding melatonin's impact on metabolism [36], the average range of shift worker's in our study seems to be normo-metabolic.

A reduced metabolism (lower REE) was observed in the non-shift nursing subgroup that appeared to contradict our quite homogeneous study group. Considering that higher age reduces metabolism and REE, the higher age of non-shift working nurses can explain this difference (Table 1). Some studies attribute weight gain to reduced PA and non-adjusted energy intake in advancing age [37].

Additionally, obese individuals tend to deviate from REE-estimating equations [38] due to reduced muscular mass and less energy requirement of fat cells. Therefore the lower REE of the NN subgroup can also be inferred from their high median BMI and body fat composition, whereas the homogenous BCM in all groups could independently predict similar REE.

Stress

Stress perception showed variations in our study and we noticed a higher social overload (e.g. "I must frequently care for the well-being of others.") [39] in shift-working individuals. Nurses either working on a day time or rotating schedule reported higher social overload than office employees and confirms studies that compared nurses with students [40].

Interestingly, the lack of social recognition (e.g. "Although I do my best, my work is not appreciated.") [39] was much more often reported by nurses than by office staff. It somewhat explains the current shortage of nurses and explains the recruitment problems of nursing schools in Germany.

Nutrition

Conflicting data exist on nutritional habits of (shift)-working employees. Increased energy intake and insufficient intake of vitamins and dietary fibres were previously reported for shift workers [41]. Although we did not directly screen for food frequency and enhanced snacking among shift working employees, we found more in-between snacking of shift workers when we analysed their food diaries. In office employees we found a higher consumption of fat but less carbohydrate and sugar intake compared to shift working nurses. One reason may be that office workers have more opportunities to consume cooked square meals for lunch due to their regular time schedule. Shift working nurses are more dependent on cold snacks or fast food brought in by delivery service. In contrast, fast food often contains a lot of fat. The intake of fat was lower in shift-working nursing subgroup, whereas a high amount of fat is also found in cooked square meals depending from the way of preparation.

In addition, the shortage of guaranteed breaks increases the need for a quickly available energy source.

Macronutrient analysis of our whole study group showed an increased intake of fat (>30%) and sugar (>10%) but reduced amounts of carbohydrates (<50%) in their diet and is in line with the so called western pattern diet, which is suspected to predispose to obesity and cardiovascular disorders [42]. According to a recently published study rotating shifts are an independent risk factor for being overweight, independent of nutritional habits and physical activity [43]. We were unable to see significant differences in median BMI but here further studies are warranted.

The large variation in energy intake seen in the shift working group may indicate disturbed eating habits (e.g. overeating or erratic fluctuations) as a result of shift work. Moreover, data of self-reported food diary should be interpreted with caution as underreporting of absolute food intake or inaccuracies of estimated portion sizes can occur [44,45].

Limitations

There are limitations of our study. We didn't allow for blinding and stratification so an observer effect cannot be ruled out. Our participants might have practiced a healthier life style during the observation time than usually being aware that their physical activity is recorded.

For the same reason the self-reported food diary can be manipulated by participants resulting in inaccurate information on nutritional habits. Although, physical activity varied widely, particularly among the SN subgroup.

Moreover part time workers were included as well. Nevertheless PA-parameters used in the study were balanced for time of wearing and independent from time-dependent influences.

Another limitation is the small simple size. This fact can weaken the power of the study's claims. Possible confounding cannot be ruled out. Appropriate statistical tests were used to correct for this limitation. The small sample size might derive from limited voluntary participation and lacking rewards. Another obstacle for participation is due to the practibility of the armband itself (e.g. armband's weight, interference in daily routine) and time-consuming recording nutrition in a food diary. However, the majority of available studies covering this topic have comparable sample sizes.

Some parameters like BMI and WHR are not easily comparable between different ages and gender. Nevertheless, we found a representative study group covering a wide range of participants.

The equalisation of moderate to vigorous physical activity (MVPA) with percental time of overall METs of $\geq$ 3.0 also contains certain limitations but has been widely used [46]. SWA has limitations and is less sensitive when metabolic activity of very light physical work, such as office work is recorded [21,47]. Physical activity may therefore have been underestimated for office workers (NO subgroup) in our study.

General statistic considerations as well as the study design do not admit the interpretation that the study's findings in the different examined categories deliver causality. This study has a comparative approach and was not intended to measure health outcomes. Considering that shift work is associated with metabolic health risks and a lack of moderate PA with metabolic diseases, we did not find evidence that shift work increases PA in a manner overcome the increased health risk. Other factors may affect the health of shift workers and shift work appears to be an independent risk factor by itself.

Conclusions

Health behaviour assessed by physical activity showed comparable results for shift- and non-shift (daytime) workers that partly contradict previous reports. Differences were found when volunteer's people were at work. Most probably office workers compensate for the lack of physical activity during business hours in their free time.

To our knowledge this is the first comparative approach to shift and non-shift workers employed in the health care industry with regard to their physical activity, nutrition, metabolism, chronic stress and sleep. These findings and range of parameters have not been described in a central European cohort yet.

Shift-working had no overall effect on physical activity but was associated with different eating habits and greater stress levels. Office workers appear to compensate for less physical activity during work in their off hours.

Further studies should enrol a larger sample size and longer periods of monitoring, e.g. four weeks. Advanced developments like smaller and lighter fitness-tracking armbands could be used as actigraphy in future studies to encourage study participation. The relation between shift work and impairment should always be noted by comparing shift-working and non-shift-working study groups of similar working environment (e.g. health-care workers).

The amount of MVPA and overall activity measured by METs should be used in future studies due to their clinical relevance and reproducibility.

Considering the theoretical foundation of this study—the biopsychosocial model- further studies should also acquire data about e.g. individual education, social status, income etc. By obtaining a larger and more representative sample size, evaluation of shift-work's retrospective impact on social parameters such as family structure, career could be realized.

Supporting Information

S1 File. Minimal data set. The minimal data set contains all the relevant underlying raw data processed in this manuscript.
(XLSX)

Acknowledgments

This study was approved by the local ethics committee and supported by unrestricted grants for the Domagk scholarship of J.K, L.J.V. and S.G. provided through donations from Baxter and Nutricia.

Author Contributions

Conceptualization: FCR JK AS MML AAA.

Data curation: FCR.

Formal analysis: FCR JK LJV MML SG AAA.

Investigation: FCR JK LJV SG.

Methodology: FCR JK.

Project administration: FCR JK AAA.

Resources: FCR JK HJH MML.

Supervision: FCR JK AS MML AAA.

Validation: FCR JK AAA.

Visualization: FCR JK LJV SG MML AAA.

Writing – original draft: FCR JK MML AAA.

Writing – review & editing: FCR AAA MML AS JK LJV SG.

References

1. Pietroiusti A, Neri A, Somma G, Coppeta L, Iavicoli I, Bergamaschi A, et al. Incidence of metabolic syndrome among night-shift healthcare workers. Occup Environ Med. 2010 Jan; 67(1): 54–7. doi: 10.1136/oem.2009.046797 PMID: 19737731
2. Knutsson A. Health disorders of shift workers. Occup Med (Lond). 2003 Mar; 53(2):103–8.
3. Ulhôa MA, Marqueze EC, Burgos LG, Moreno CR. Shift work and endocrine disorders. Int J Endocrinol. 2015; 2015: 826249. doi: 10.1155/2015/826249 PMID: 25892993
4. Karlsson B, Knutsson A, Lindahl B. Is there an association between shift work and having a metabolic syndrome? Results from a population based study of 27,485 people. Occup Environ Med. 2001 Nov; 58 (11): 747–52. doi: 10.1136/oem.58.11.747 PMID: 11600731
5. De Bacquer D, Van Risseghem M, Clays E, Kittel F, De Backer G, Braeckman L. Rotating shift work and the metabolic syndrome: a prospective study. Int J Epidemiol. 2009 Jun; 38(3): 848–54. doi: 10.1093/ije/dyn360 PMID: 19129266
6. Segawa K, Nakazawa S, Tsukamoto Y, Kurita Y, Goto H, Fukui A, et al. Peptic ulcer is prevalent among shift workers. Dig Dis Sci. 1987 May; 32(5): 449–53 PMID: 3568932
7. Mota MC, De-Souza DA, Rossato LT, Silva CM, Araújo MB, Tufik S, et al. Dietary patterns, metabolic markers and subjective sleep measures in resident physicians. Chronobiol Int. 2013 Oct; 30(8): 1032–41. doi: 10.3109/07420528.2013.796966 PMID: 23964589
8. Brocklebank LA, Falconer CL, Page AS, Perry R, Cooper AR. Accelerometer-measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers: A systematic review. Prev Med. 2015 Jul; 76: 92–102. doi: 10.1016/j.ypmed.2015.04.013 PMID: 25913420
9. Buman MP, Winkler EA, Kurka JM, Hekler EB, Baldwin CM, Owen N, et al. Reallocating time to sleep, sedentary behaviors, or active behaviors: associations with cardiovascular disease risk biomarkers, NHANES 2005–2006. Am J Epidemiol. 2014 Feb 1; 179(3):323–34 doi: 10.1093/aje/kwt292 PMID: 24318278
10. Scheers T, Philippaerts R, Lefevre J. SenseWear-determined physical activity and sedentary behavior and metabolic syndrome. Med Sci Sports Exerc. 2013 Mar; 45(3): 481–9. doi: 10.1249/MSS.0b013e31827563ba PMID: 23034646
11. Schernhammer ES, Kroenke CH, Laden F, Hankinson SE. Night work and risk of breast cancer. Epidemiology. 2006 Jan; 17(1): 108–11. PMID: 16357603
12. Wang XS, Armstrong ME, Cairns BJ, Key TJ, Travis RC. Shift work and chronic disease: the epidemiological evidence. Occup Med (Lond). 2011 Mar; 61(2): 78–89.
13. Loprinzi PD. The effects of shift work on free-living physical activity and sedentary behavior. Prev Med. 2015 Jul; 76:43–7. doi: 10.1016/j.ypmed.2015.03.025 PMID: 25895842

14. Belanger CF, Hennekens CH, Rosner B, Speizer FE. The nurses' health study. Am J Nurs. 1978 Jun; 78(6): 1039–40. PMID: 248266
15. Geiger-Brown J, Rogers VE, Trinkoff AM, Kane RL, Bausell RB, Scharf SM. Sleep, sleepiness, fatigue, and performance of 12-hour-shift nurses. Chronobiol Int. 2012 Mar; 29(2): 211–9. doi: 10.3109/07420528.2011.645752 PMID: 22324559
16. Seibt R, Süße T, Spitzer S, Hunger B, Rudolf M. Nutrition and health in hotel staff on different shift patterns. Occup Med (Lond). 2015 Aug; 65(6): 477–84.
17. Baillargeon J. Characteristics of the healthy worker effect. Occup Med. 2001 Apr-Jun; 16(2): 359–66. PMID: 11319057
18. Engel GL. The need for a new medical model: a challenge for biomedicine. Science. 1977 Apr 8; 196 (4286): 129–36. PMID: 847460
19. Waist Circumference and Waist–Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation. Geneva, 8–11 December 2008.
20. Lee CM, Huxley RR, Wildman RP, Woodward M. Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. J Clin Epidemiol. 2008 Jul; 61(7): 646–53. doi: 10.1016/j.jclinepi.2007.08.012 PMID: 18359190
21. Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. Med Sci Sports Exerc. 2004 Jun; 36(6): 1063–9. PMID: 15179178
22. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc. 2000 Sep; 32(9 Suppl): S498–504. PMID: 10993420
23. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exerc. 2007 Aug; 39 (8): 1423–34. doi: 10.1249/mss.0b013e3180616b27 PMID: 17762377
24. Morgenthaler T, Alessi C, Friedman L, Owens J, Kapur, Boehlecke B, et al. Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep and sleep disorders: an update for 2007. Sleep. 2007 Apr; 30(4): 519–29. PMID: 17520797
25. O'Driscoll DM, Turton AR, Copland JM, Strauss BJ, Hamilton GS. Energy expenditure in obstructive sleep apnea: validation of a multiple physiological sensor for determination of sleep and wake. Sleep Breath. 2013 Mar; 17(1): 139–46. doi: 10.1007/s11325-012-0662-x PMID: 22318784
26. Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. Psychiatry Res. 1989 May; 28 (2): 193–213. PMID: 2748771
27. Schulz P, Schlotz W, Becker P. Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS). [Trier inventory for chronic stress (TICS)] Göttingen, Germany: Hogrefe; 2004.
28. Roza AM, Shizgal HM. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. Am J Clin Nutr. 1984 Jul; 40(1): 168–82. PMID: 6741850
29. Ramin C, Devore EE, Wang W, Pierre-Paul J, Wegrzyn LR, Schernhammer ES. Night shift work at specific age ranges and chronic disease risk factors. Occup Environ Med. 2015 Feb; 72(2): 100–107. doi: 10.1136/oemed-2014-102292 PMID: 25261528
30. Ulas T, Buyukhatipoglu H, Kirhan I, Dal MS, Ulas S, Demir ME, et al. Evaluation of oxidative stress parameters and metabolic activities of nurses working day and night shifts. Rev Esc Enferm USP. 2013 Apr; 47(2): 471–6. PMID: 23743917
31. Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Thompson RW, Matthews CE. Comparison of pedometer and accelerometer measures of free-living physical activity. Med Sci Sports Exerc. 2002 Dec; 34(12): 2045–51. doi: 10.1249/01.MSS.0000039300.76400.16 PMID: 12471314
32. Harris TJ, Owen CG, Victor CR, Adams R, Ekelund U, Cook DG. A comparison of questionnaire, accelerometer, and pedometer: measures in older people. Med Sci Sports Exerc. 2009 Jul; 41(7): 1392–402. doi: 10.1249/MSS.0b013e31819b3533 PMID: 19516162
33. Kinnunen TI, Tennant PW, McParlin C, Poston L, Robson SC, Bell R. Agreement between pedometer and accelerometer in measuring physical activity in overweight and obese pregnant women. BMC Public Health. 2011 Jun 27; 11: 501. doi: 10.1186/1471-2458-11-501 PMID: 21703033
34. Brown WJ, Mummery WK, Eakin E, Schofield G. 10,000 Steps Rockhampton: evaluation of a whole community approach to improving population levels of physical activity. J Phys Act Health. 2006; 3(1): 1–14.
35. Knutsson A, Bøggild H. Shiftwork and cardiovascular disease: review of disease mechanisms. Rev Environ Health. 2000 Oct-Dec; 15(4): 359–72. PMID: 11199246

36. Cipolla-Neto J, Amaral FG, Afeche SC, Tan DX, Reiter RJ. Melatonin, energy metabolism, and obesity: a review. J Pineal Res. 2014 May; 56(4): 371–81. doi: 10.1111/jpi.12137 PMID: 24654916

37. Westerterp KR, Plasqui G. Physically active lifestyle does not decrease the risk of fattening. PLoS One. 2009; 4(3): e4745. doi: 10.1371/journal.pone.0004745 PMID: 19270740

38. Foster GD, Wadden TA, Mullen JL, Stunkard AJ, Wang J, Feurer ID, et al. Resting energy expenditure, body composition, and excess weight in the obese. Metabolism. 1988 May; 37(5): 467–72. PMID: 3367789

39. Petrowski K, Paul S, Albani C, Brähler E. Factor structure and psychometric properties of the trier inventory for chronic stress (TICS) in a representative German sample. BMC Med Res Methodol. 2012 Apr 1; 12: 42. doi: 10.1186/1471-2288-12-42 PMID: 22463771

40. Wilczek A. Chronischer Stress bei Pflegekräften [Chronic stress of nursing personal]. Diploma thesis. [German]. Universitity of Trier, Germany. 2002. [unpublished]

41. Lowden A, Moreno C, Holmbäck U, Lennernäs M, Tucker P. Eating and shift work—effects on habits, metabolism and performance. Scand J Work Environ Health. 2010 Mar; 36(2): 150–62. PMID: 20143038

42. Fung TT, Rimm EB, Spiegelman D, Rifai N, Tofler GH, Willett WC, et al. Association between dietary patterns and plasma biomarkers of obesity and cardiovascular disease risk. Am J Clin Nutr. 2001 Jan; 73 (1): 61–7. PMID: 11124751

43. Barbadoro P, Santarelli L, Croce N, Bracci M, Vincitorio D, Prospero E, et al. Rotating shift-work as an independent risk factor for overweight Italian workers: a cross-sectional study. PLoS One. 2013 May 10; 8(5): e63289. doi: 10.1371/journal.pone.0063289 PMID: 23675472

44. Knudsen VK, Gille MB, Nielsen TH, Christensen T, Fagt S, Biltoft-Jensen A. Relative validity of the pre-coded food diary used in the Danish National Survey of Diet and Physical Activity. Public Health Nutr. 2011 Dec; 14(12): 2110–6. doi: 10.1017/S1368980011001650 PMID: 21806861

45. Høidrup S, Andreasen AH, Osler M, Pedersen AN, Jørgensen LM, Jørgensen T, et al. Assessment of habitual energy and macronutrient intake in adults: comparison of a seven day food record with a dietary history interview. Eur J Clin Nutr. 2002 Feb; 56(2): 105–13. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601292 PMID: 11857043

46. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. Med Sci Sports Exerc. 2008 Jan; 40(1): 181–8. doi: 10.1249/mss.0b013e31815a51b3 PMID: 18091006

47. Reece JD, Barry V, Fuller DK, Caputo J. Validation of the SenseWear™ Armband as a Measure of Sedentary Behavior and Light Activity. 2015 Sep; 12(9): 1229–37.