Einfluss der Körperposition auf die Lungenfunktion: eine systematische Übersichtsarbeit

Shikma Katz^{a, c} Nissim Arish^{b, d} Ariel Rokach^{b, d} Yacov Zaltzman^a Esther-Lee Marcus^{a, d}

^aChronic Ventilator-Dependent Division, Herzog Medical Center, Jerusalem, Israel;

^bPulmonary Institute, Shaare Zedek Medical Center, Jerusalem, Israel;

^cRecanati School for Community Health Professions, Faculty of Health Sciences, Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel;

^dHebrew University-Hadassah Faculty of Medicine, Jerusalem, Israel

Schlüsselwörter

Körperposition · Lungenvolumen · Physikalische Therapie ·
Positionierung · Körperhaltung · Lungenfunktion · Sitzend ·
Rückenlage · Stehend

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Lungenfunktionsprüfung (LFP) wird wegen der Anordnung der Messgeräte und des Patientenkomforts routinemäßig in aufrechter Position durchgeführt. In der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit wurde der Einfluss der Körperposition auf die Lungenfunktion bei gesunden Probanden und speziellen Patientengruppen untersucht.

Methoden: Zur Identifizierung englischsprachiger Publikationen, die zwischen Januar 1998 und Dezember 2017 veröffentlicht wurden, erfolgte eine Suche in MEDLINE und Google Scholar anhand der Suchbegriffe body position, lung function, lung mechanics, lung volume, position change, positioning, posture, pulmonary function testing, sitting, standing, supine, ventilation, and ventilatory change. Bei den eingeschlossenen Studien handelte es sich um quasi-experimentelle Prä-post-Interventionen, in denen mindestens 2 Positionen, einschließlich Sitzen oder Stehen, untersucht wurden und die die Lungenfunktion bei nicht mechanisch beatmeten Probanden ≥ 18 Jahre bewerteten. Primäre Zielkriterien waren das forcierte expiratorische Volumen in 1 Sekunde (FEV₁), die forcierte Vitalkapazität (FVC, FEV₁/FVC), die Vitalkapazität (VC), die funktionelle Residualkapazität (FRC), der maximale expiratorische Druck (PEmax), der maximale inspiratorische Druck (PImax), der expiratorische Spitzenfluss (PEF), die totale Lungenkapazität (TLC), das Residualvolumen (RV) und die Kohlenmonoxid-Diffusionskapazität der Lunge (D_{LCO}). Folgende Positionen wurden untersucht: stehend, sitzend, Rückenlage sowie Rechts- und Linksseitenlage.

Ergebnisse: 43 Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Die Studienpopulationen umfassten gesunde Probanden (29 Studien), Patienten mit Lungenerkrankungen (9), Herzkrankheiten (4), Rückenmarksverletzungen (SCI) (7), neuromuskulären Erkrankungen (3) und Adipositas (4). In den meisten Studien mit gesunden Probanden oder Patienten mit Lungen-, Herz- oder neuromuskulären Erkrankungen oder Adipositas fielen die Werte für FEV₁, FVC, FRC, PEmax, PImax und/oder PEF in den aufrechteren Positionen höher aus. Bei Patienten mit SCI-bedingter Tetraplegie waren die Werte für FVC und FEV₁ in Rückenlage höher als im Sitzen. Gesunde Probanden wiesen in Rückenlage eine höhere D_{LCO} auf als im Sitzen und im Sitzen höhere Werte als in Seitenlage. Bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz fiel der Einfluss der Körperposition auf die D_{LCO} unterschiedlich aus.

Schlussfolgerungen: Die Körperposition hat Einfluss auf die Ergebnisse der LFP, doch bestehen Unterschiede hinsichtlich optimaler Position und Ausmaß des Benefits zwischen den Studienpopulationen. Die LFP erfolgt routinemäßig in sitzender Position. Wir empfehlen, bei Patienten mit Rückenmarksverletzung und neuromuskulären Erkrankungen neben der sitzenden Position auch die Rückenlage für die LFP in Betracht zu ziehen. Bei der Behandlung von Patienten mit Herz- oder Lungenerkrankungen, SCI, neuromuskulären Erkrankungen oder Adipositas ist zu berücksichtigen, dass die Physiologie und Funktion der Lunge von der Körperposition beeinflusst werden.

© 2019 Die Autoren

Abb. 1. Flussdiagramm der Studie.

Hintergrund

Die Lungenfunktionsprüfung (LFP) liefert objektive und quantifizierbare Maße der Lungenfunktion. Sie wird zur Beurteilung und Kontrolle von Erkrankungen, die die Herz- und Lungenfunktion beeinträchtigen, eingesetzt sowie zur Überwachung der Auswirkungen von umwelt- und berufsbedingten Belastungen und von Arzneimittel- bzw. Drogenexpositionen. Außerdem wird sie zur Abschätzung des Operationsrisikos und zur Beurteilung bei Einstellungsuntersuchungen sowie bei Untersuchungen aus versicherungsrechtlichen Gründen herangezogen. Die Spirometrie ist die häufigste Form der LFP [1]. Gemäß den Leitlinien der American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) kann die LFP im Sitzen oder im Stehen erfolgen und die Position sollte im Bericht vermerkt werden. Eine sitzende Position ist zum einen aus Sicherheitsgründen zu bevorzugen, um einen Sturz des Patienten infolge einer Synkope zu vermeiden [2], zum anderen weil sie für die Handhabung der Messgeräte und den Patienten unter Umständen bequemer ist. Allerdings kann es für Patienten, die an einer neuromuskulären Erkrankung, morbidem Adipositas und anderen Krankheiten leiden, schwierig sein, während der Untersuchung zu sitzen oder zu stehen, was Auswirkungen auf die Ergebnisse haben kann.

Eines der Hauptziele der Positionierung und insbesondere der Untersuchung in aufrechten Positionen ist eine verbesserte Lungenfunktion von Patienten mit respiratorischen Erkrankungen, Herzinsuffizienz, neuromuskulären Erkrankungen, Rückenmarksverletzung (spinal cord injury, SCI) und Adipositas, und in den vergangenen 20 Jahren wurden zahlreiche Studien zum Einfluss der Körperposition auf die Atemmechanik und/oder -funktion veröffentlicht. Darunter war jedoch kein systematisches Review zu finden, das die Ergebnisse von Studien mit nicht mechanisch beatmeten Erwachsenen zusammenfasst, um daraus

Konsequenzen für die klinische Versorgung von Atemwegserkrankungen und die Durchführung der LFP abzuleiten.

Unser Ziel war eine systematische Überprüfung von Studien, in denen der Einfluss der Körperposition auf die Lungenfunktion bei gesunden Probanden und nicht mechanisch beatmeten Patienten mit Lungen- und Herzkrankungen, SCI, neuromuskulären Erkrankungen und Adipositas beurteilt wurde.

Methoden

Zwei Wissenschaftlerinnen (S.K., E.-L.M.) durchsuchten MEDLINE und Google Scholar nach Studien, die zwischen Januar 1998 und Dezember 2017 veröffentlicht worden waren, und verwendeten dabei die Suchbegriffe Körperposition, Lungenfunktion, Lungenmechanik, Lungenvolumen, Positionsänderung, Positionierung, Körperhaltung, Lungenfunktionsprüfung, sitzend, stehend, Rückenlage, Ventilation und Ventilationsänderung (body position, lung function, lung mechanics, lung volume, position change, positioning, posture, pulmonary function testing, sitting, standing, supine, ventilation, and ventilatory change) in verschiedenen Kombinationen. Jede Suchbegriffkombination beinhaltete mindestens ein Schlüsselwort mit Bezug zur Lungenfunktion und mindestens ein Schlüsselwort mit Bezug zur Körperposition. Als Startpunkt wurde das Jahr 1998 gewählt, da in 1998 die wegweisende Studie von Meysman und Vincken veröffentlicht worden war [3]. Die beiden Wissenschaftlerinnen überprüften insgesamt 972 im Rahmen der Suche identifizierte Abstracts und riefen von 151 potenziell relevanten Artikeln die Volltextversion ab. Die vollständigen Texte wurden bewertet und kategorisiert und 108 Artikel, die die Einschlusskriterien nicht erfüllten, wurden ausgeschlossen (Abb. 1).

Artikel, die die folgenden Kriterien erfüllten, wurden eingeschlossen: (1) quasi-experimentelle Prä-post-Intervention; (2)

Vergleich von mindestens 2 Körperpositionen, darunter mindestens Sitzen oder Stehen; (3) Zielkriterien umfassten die Beurteilung der Lungenfunktion anhand der forcierten Vitalkapazität (forced vital capacity, FVC), des forcierten expiratorischen Volumens in 1 Sekunde (FEV₁), FEV₁/FVC, der Vitalkapazität (VC), der funktionellen Residualkapazität (functional residual capacity, FRC), des maximalen expiratorischen Drucks (maximal expiratory pressure, PEmax), des maximalen inspiratorischen Drucks (maximal inspiratory pressure, PImax), des expiratorischen Spitzenflusses (peak expiratory flow, PEF), der totalen Lungkapazität (total lung capacity, TLC), des Residualvolumens (RV) oder der Kohlenmonoxid-Diffusionskapazität der Lunge (diffusing capacity of the lungs for carbon monoxide, D_{LCO}); (4) Studienpopulation von nicht mechanisch beatmeten Probanden; (5) Teilnehmer ≥ 18 Jahre; (6) Veröffentlichung auf Englisch. Studien, die andere Bewertungskriterien zur Beurteilung der Lungenfunktion verwendeten, sowie solche ohne statistische Vergleiche der Lungenfunktion in verschiedenen Körperpositionen, außerdem Studien, deren Teilnehmer jünger waren als 18 Jahre oder mechanisch beatmet wurden, und Veröffentlichungen von Kongress-Abstracts und systematische Übersichtsarbeiten wurden ausgeschlossen.

Untersuchte Körperpositionen

- Stehend – nicht unterstütztes, aktives Stehen
- Sitzend – Sitzen auf einem Stuhl oder in einem Rollstuhl mit der Rückenlehne in 90°-Position und Unterstützung aller Gliedmaßen
- Rückenlage – flach auf dem Rücken liegend
- Rechtsseitenlage (RSL) – ausgestreckt auf der rechten Seite liegend
- Linksseitenlage (LSL) – ausgestreckt auf der linken Seite liegend

Zielkriterien und definierte Schwellenwerte für klinische Relevanz

- FVC, Änderung um 200 ml oder 12% gegenüber den FVC-Ausgangswerten [4]
- FEV₁, Änderung um 200 ml oder 12% gegenüber den FEV₁-Ausgangswerten [4]
- FEV₁/FVC (FEV₁/FVC < 0,7 ist definiert als obstruktive Erkrankung)
- VC
- FRC, Änderung > 10% [5]
- TLC, Änderung > 10% [5]
- RV
- PEmax, Änderung ≥ 24 cm H₂O [6–8]
- PImax, Änderung ≤ –13 cm H₂O [6–8]
- PEF, Änderung > 10% oder 60 l/min [9, 10]
- D_{LCO}, Änderung ≥ 10% [11, 12]

Zwei erfahrene Pneumologen (N.A., A.R.) überprüften die eingeschlossenen Studien in Abstimmung und identifizierten statistisch signifikante und klinisch bedeutsame Unterschiede in der Lungenfunktion. Die Ergebnisse der in die Übersichtsarbeit ein-

geschlossenen Artikel wurden von allen Autoren geprüft und nach Studienpopulation, untersuchten Körperpositionen und Zielkriterien klassifiziert. 4 Autoren (N.A., A.R., S.K., E.-L.M.) nahmen unabhängig voneinander die Datenextraktion aus den eingeschlossenen Studien vor und hielten bei etwaigen Fragen Rücksprache. Die Erstellung der Übersichtsarbeit erfolgte gemäß den PRISMA-Leitlinien [13].

Obwohl es sich streng genommen nicht um interventionelle Studien handelt, entschieden wir uns, sie als «Vorher-Nachher-Intervention» anzusehen, mit der Änderung der Körperhaltung/Körperposition als interessierendem Manöver. Zur Beurteilung des Evidenzgrades wurde die Klassifikation der Evidenz für therapeutische Interventionen der American Academy of Neurology herangezogen [14]. Die Bewertung des Voreingenommenheitsrisikos (Bias-Risiko) erfolgte mithilfe des Quality Assessment Tool for Before-After (Pre-Post) Studies with No Control Group des National Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI) der US-amerikanischen National Institutes of Health (NIH) [15]. Dieses Instrument umfasst 12 Fragen zur Bewertung verschiedener Aspekte der Studienqualität. Mithilfe der Methode von Kunstler et al. [16] bewerteten 2 Autorinnen (E.-L.M., S.K.) unabhängig voneinander die einzelnen Studien mit Punkten. Etwaige Unterschiede wurden einvernehmlich und in Abstimmung mit einem dritten Autor (Y.Z.) geklärt. Das Bias-Risiko wurde als niedrig (Score 76–100%), mäßig (26–75%) oder hoch (0–25%) eingestuft.

Ergebnisse

In die Übersichtsarbeit aufgenommene Studien

Insgesamt erfüllten 43 Studien die Einschlusskriterien und wurden in die Übersichtsarbeit aufgenommen (Abb. 1). In allen Studien kam ein konsekutives, willkürliches oder freiwilliges Stichprobenverfahren zur Anwendung, um gesunde Probanden oder Patienten mit verschiedenen Erkrankungen zu rekrutieren. Alle Studien weisen einen Evidenzgrad der Klasse III auf.

Die Protokolle und Bias-Scores der verschiedenen Studien sind in Tabelle 1 und Tabelle S1 (siehe Zusatzmaterial) aufgeführt. Das Bias-Risiko wurde bei 41 Studien als mäßig eingestuft und bei 2 Studien als niedrig. Qualitätsprobleme waren hauptsächlich durch das zur Rekrutierung der Studienteilnehmer verwendete Stichprobenverfahren bedingt. In allen Studien wurde ein nicht randomisiertes Stichprobenverfahren verwendet. Einige Studien, in denen gesunde Probanden untersucht wurden, schlossen willkürlich ausgewählte Stichproben von jungen Teilnehmern, überwiegend Studenten, ein. Nur 7 von 43 Studien enthielten Angaben zu den Berechnungen des für die statistische Macht erforderlichen Stichprobenumfangs. Darüber hinaus wurden in einigen Studien keine klaren Angaben zu den Einzelheiten der Interventionsprotokolle gemacht (Tab. 1) und eine Verblindung in Hinblick auf die Körperposition des Patienten oder die Ergebnisse vorheriger Untersuchungen war aufgrund der Natur der Studienbewerter nicht möglich.

Die Studiencharakteristika, einschließlich der untersuchten Körperpositionen, Zielkriterien und Hauptergebnisse nach Studien-

Tab. 1. Studienprotokolle

Erstautor (Jahr)	Verfahren	Randomisierung von Körperhaltung und Test	Adaptationsphase an die Körperhaltung vor der Messung	Biasrisiko
Antunes (2016) [45]	Mini Wright® (Clement Clarke International Ltd. Edinburgh Way Harlow, Essex, UK) tragbares Peak-Flow-Meter mit Einmal-Mundstück	Zufällige Positionsreihenfolge	1 min	Mäßig
Badr (2002) [46]	Druckmanometer, Vitalograph (Compact, Vitalograph Ltd., Buckingham, UK)	Zufällige Positionsreihenfolge Zufällige Testreihenfolge (PEF und PEmax); Einweisung der Probanden in die Handhabung der Geräte, Übungsphase vor dem Test	5 min	Niedrig
Baydur (2001) [35]	Spirometrie	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Ben-Dov (2009) [17]	Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Benedik (2009) [52]	Heliumdilution	Erste Position immer sitzend	5 min	Mäßig
Ceridon (2011) [18]	Spirometrie, D_{LCO} gemessen mittels Rückatmung	k. A.	30 min Rückenlage vor dem Test; Zeit vor der Messung im Sitzen nicht angegeben	Mäßig
Chang (2005) [53]	Spirometrie, FRC gemessen mittels Heliumdilution	Erste Position immer Rückenlage	5 min	Mäßig
Costa (2015) [54]	Mundverschlussdruck-Messgerät	Zufällige Positionsreihenfolge	10 min	Mäßig
De (2012) [29]	Spirometrie	Erste Position immer sitzend	k. A.	Mäßig
Elkins (2005) [47]	Druckmessgerät, Spirometrie – Massenflusssensor	Zufällige Position und Testreihenfolge (PEF, PEmax) Einweisung der Probanden in die Handhabung der Geräte, Übungsphase vor dem Test	5 min	Niedrig
Faggiano (1998) [58]	Einzelatemzugtechnik unter Verwendung eines Medical Graphics PF/DX Moduls (Medical Graphics St. Paul, Minn, USA) zur Bestimmung der D_{LCO}	Zufällige Positionsreihenfolge	10 min	Mäßig
Ganapathi (2015) [19]	Digitale Spirometrie (BIOPAC System Inc. Goleta, California, USA)	k. A.	k. A.	Mäßig
Gianinis (2013) [48]	Tragbares Peak-Flow-Meter	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Kim (2012) [36]	Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Linn (2000) [33]	Spirometrie	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Manning (1999) [20]	Spirometrie, Einzelatemzugtechnik zur Bestimmung der D_{LCO}	Zwei Protokolle (Sitzung A u. B). Erste Position zufällig festgelegt; danach abwechselnd bei den nachfolgenden Probanden Erste Position immer sitzend	15 min	Mäßig
McCoy (2010) [49]	Peak-Flow-Meter	Zufällige Positionsreihenfolge Einweisung der Probanden in die Handhabung der Geräte, Übungsphase vor dem Test	k. A.	Mäßig
Melam (2014) [30]	Spirometrie (Excel/PC-basierte Lungenfunktionstests)	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Meysman (1998) [3]	Spirometrie, Peak-Flow-Meter	Zufällige Positionsreihenfolge	10 min	Mäßig
Miccinilli (2016) [40]	Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Mohammed (2017) [31]	Spirometrie	Reihenfolge immer stehend, sitzend, Rückenlage, Seitenlage	k. A.	Mäßig
Myint (2017) [42]	Spirometrie	Reihenfolge stehend, sitzend, Rückenlage	k. A.	Mäßig
Naitoh (2014) [39]	Spirometrie, Atem-Dynamometer (Chest Co. Ltd)	Erste Position immer sitzend	k. A.	Mäßig
Ogiwara (2002) [55]	Vitalpower KH-101 (Chest M.I. Inc., Japan)	Zufällige Positionsreihenfolge	10 min	Mäßig

Tab. 1 (Fortsetzung)

Erstautor (Jahr)	Verfahren	Randomisierung von Körperhaltung und Test	Adaptationsphase an die Körperhaltung vor der Messung	Biasrisiko
Ottaviano (2016) [50]	Peak-Flow-Meter	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Palermo (2005) [21]	Spirometrie, D_{LCO} gemessen mittels Einzelatemzugtechnik	Zufällige Positionsreihenfolge	15 min	Mäßig
Park (2010) [34]	Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Patel (2015) [22]	Spirometrie	Erste Position immer sitzend	k. A.	Mäßig
Peces-Barba (2004) [56]	Einzelatemzugtechnik, Rückatmungstechnik zur Bestimmung der D_{LCO}	k. A.	3–5 min	Mäßig
Poussel (2014) [38]	Spirometrie	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Razi (2007) [32]	Spirometrie	Abwechselnd sitzend und stehend	k. A.; 15 min zwischen den Positionen	Mäßig
Roychowdhury (2011) [44]	Spirometrie	k. A.	k. A. 5 min Ruhephase zwischen den Positionen	Mäßig
Saxena (2006) [23]	Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Sebbane (2015) [41]	Spirometrie, Mehrfachatemzug-Helium-Dilutionsmethode	Erste Position immer sitzend	k. A.	Mäßig
Stewart (2000) [24]	Einzelatemzugtechnik zur Bestimmung der D_{LCO}	k. A.; 72 h zwischen den Positionen	15 min	Mäßig
Terson de Paleville (2014) [37]	Spirometrie, MP45–36-350 Differentialdruckwandler Validyne Engineering, (Northridge Ca, USA)	Erste Position immer sitzend	30 min	Mäßig
Terzano (2009) [57]	Einzelatemzugtechnik zur Bestimmung der D_{LCO}	Zufällige Positionsreihenfolge	Mindestens 15 min	Mäßig
Tsubaki (2009) [28]	Micro RPM 01 (Micro Medical, UK), Spirometrie	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Varrato (2001) [25]	Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Vilke (2000) [26]	Spirometrie	Erste Position immer Rückenlage/Bauchlage	k. A.	Mäßig
Wallace (2013) [51]	Peak-Flow-Meter	Zufällige Positionsreihenfolge	k. A.	Mäßig
Watson (2005) [43]	Mehrfachatemzug-Helium-Dilution, Spirometrie	k. A.	k. A.	Mäßig
Yap (2000) [27]	Spirometrie, FRC gemessen mittels Heliumdilution	Erste Position immer sitzend	5 min	Mäßig

Die Bewertung des Verzerrungs (Bias-)risikos erfolgte mithilfe des Quality Assessment Tool for Before-After (Pre-Post) Studies with No Control Group [15, 16]. D_{LCO} : Diffusing capacity of the lungs for carbon monoxide (Kohlenmonoxid-Diffusionskapazität der Lunge); FRC: Functional residual capacity (funktionelle Residualkapazität); k. A.: Keine Angaben, in der Studie nicht berichtet.

population sind in Tabelle 2 zusammengefasst. 29 von 43 Studien schlossen gesunde Probanden ein, 9 Studien schlossen Patienten mit Lungenerkrankungen ein, 4 Studien Patienten mit Herzerkrankungen, 7 Studien Patienten mit Rückenmarksverletzung, 3 Studien Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen und 4 Studien schlossen Patienten mit Adipositas ein. In Tabelle S2 (siehe Zusatzmaterial) sind nur die statistisch signifikanten Ergebnisse für die einzelnen relevanten Zielkriteriumsvariablen nach Position für die jeweils untersuchten Populationen zusammengefasst.

FVC

Der Zusammenhang zwischen FVC und Körperposition bei gesunden Probanden wurde in 13 Studien untersucht [3, 17–28]. Es bestand ein klinisch bedeutsamer und statistisch signifikanter Anstieg der FVC-Werte im Sitzen versus Rückenlage [3, 18, 22–27], im Sitzen versus RSL und LSL [3, 21], im Stehen versus Rückenlage [19, 23] und im Stehen versus RSL und LSL [19]. In einer kleineren Anzahl von Studien war keine Veränderung zwischen der stehenden und der sitzenden Position [19], zwischen Stehen und Rückenlage [17, 21, 28] oder zwischen Sitzen und RSL oder LSL [21] zu beobachten und in einer Studie [22] kam es beim

Wechsel vom Sitzen zum Stehen zu einem statistisch signifikanten – jedoch nicht klinisch bedeutsamen – Rückgang der FVC-Werte. Das heißt, in den meisten Studien war die aufrechte Position mit höheren FVC-Werten assoziiert.

Vier Studien schlossen Patienten mit Lungenerkrankungen ein [29–32]. In einer Studie stieg der FVC-Wert bei Asthma-Patienten beim Wechsel von der Rückenlage zum Stehen signifikant an [30], doch war kein signifikanter Unterschied zwischen der stehenden und sitzenden Position oder zwischen Sitzen und Rückenlage, RSL oder LSL feststellbar. Eine weitere Studie berichtete einen statistisch signifikanten und klinisch bedeutsamen Anstieg der FVC im Stehen versus Sitzen, Rückenlage, RSL und LSL und im Sitzen versus Rückenlage, RSL und LSL [31]. Bei adipösen Asthmatikern [32] und bei Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) [29] zeigte sich kein Unterschied in den FVC-Werten zwischen Stehen und Sitzen.

Drei Studien schlossen Patienten mit kongestiver Herzinsuffizienz (congestive heart failure, CHF) ein [18, 21, 27]. In einer Studie fiel die FVC im Sitzen um 200 ml höher aus als in RSL und LSL [21], und in den anderen beiden Studien war sie im Sitzen 350–400 ml höher als in Rückenlage, ein Ergebnis, das klinisch bedeutsam war [18, 27].

Sechs Studien schlossen Patienten mit Rückenmarksverletzung ein [17, 33–37]. Der Einfluss der Körperposition auf die FVC hängt von der Höhe und dem Ausmaß der Verletzung ab. Bei denjenigen mit zervikaler Rückenmarksverletzung fielen die FVC-Werte in Rückenlage höher aus als im Sitzen [17, 33, 34]. Andere Studien [35–37] ergaben keine signifikanten Unterschiede in den FVC-Werten bei Patienten mit Rückenmarksverletzung in einer gepoolten Gruppe aller Verletzungshöhen für diese Positionen. Allerdings zeigten Patienten mit zervikaler Rückenmarksverletzung sowie Patienten mit thorakaler Verletzung in einer Studie [36] in Rückenlage höhere FVC-Werte als im Sitzen, wohingegen die FVC-Werte bei Patienten mit thorakaler oder lumbaler Verletzung im Sitzen höher waren [37]. Die Unterschiede erreichten nicht immer statistische Signifikanz. Es ist jedoch zu beachten, dass bei diesen schwer beeinträchtigten Patienten mit Rückenmarksverletzung selbst eine kleine Änderung der FVC wahrscheinlich klinisch bedeutsam ist.

Drei Studien beurteilten Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen [25, 34, 38]. Bei Patienten mit myotoner Dystrophie und solchen mit amyotropher Lateralsklerose (ALS) war ein klinisch bedeutsamer und statistisch signifikanter Rückgang der FVC-Werte beim Wechsel vom Sitzen in die Rückenlage zu beobachten [25, 34, 38]. Bei Patienten mit Adipositas (mittlerer Body Mass Index (BMI): 36,7) wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Stehen und Sitzen festgestellt [32].

FEV₁

Berichten zufolge waren die FEV₁-Werte bei gesunden Probanden im Sitzen höher als in Rückenlage [3, 18, 22, 23, 26, 27, 39], im Sitzen höher als in RSL und LSL [3, 19, 20], im Stehen höher als im Sitzen [23] und im Stehen höher als im Sitzen, Rückenlage, RSL

und LSL [19]. In anderen Studien [21, 24, 28, 40] fand sich jedoch kein signifikanter Unterschied in den FEV₁-Werten zwischen Sitzen und Rückenlage, RSL und LSL. Eine Studie [22] berichtete einen statistisch signifikanten – allerdings klinisch nicht bedeutsamen – Rückgang der FEV₁-Werte um 120 ml beim Wechsel vom Sitzen zum Stehen.

Bei Asthma-Patienten lagen die FEV₁-Werte im Stehen höher als im Sitzen, und die Unterschiede fielen statistisch signifikant und klinisch bedeutsam aus. Allerdings war kein signifikanter Unterschied im Sitzen versus Rückenlage, RSL und LSL zu beobachten [30]. Eine andere Studie mit Astmapatienten berichtete über höhere FEV₁-Werte im Stehen versus Sitzen, Rückenlage, RSL und LSL sowie im Sitzen versus Rückenlage, RSL und LSL [31]. Bei adipösen Asthmatikern und COPD-Patienten bestand kein signifikanter Unterschied im FEV₁ zwischen Stehen und Sitzen [29, 32].

Patienten mit CHF zeigten in einer Studie einen statistisch signifikanten und klinisch bedeutsamen Anstieg der FEV₁-Werte im Sitzen versus RSL und LSL, jedoch keinen Unterschied zwischen Sitzen und Rückenlage [21], wohingegen 2 andere Studien höhere FEV₁-Werte im Sitzen versus Rückenlage berichteten [18, 27].

Kürzlich veröffentlichten Berichten zufolge steigen die FEV₁-Werte bei Patienten mit Rückenmarksverletzung beim Wechsel vom Sitzen zur Rückenlage an [40], während der Einfluss der Körperposition auf die FEV₁-Werte von Patienten mit Rückenmarksverletzung nach den Ergebnissen anderer Studien von der Höhe und dem Ausmaß der Verletzung abhängt. In einer Studie hatte der Wechsel vom Sitzen in die Rückenlage bei allen Patienten mit Rückenmarksverletzung keinen signifikanten Einfluss auf die FEV₁-Werte [35], doch zeigten Patienten mit zervikalen Verletzungen tendenziell höhere FEV₁-Werte in Rückenlage als im Sitzen, wohingegen die FEV₁-Werte bei Patienten mit thorakalen Verletzungen tendenziell im Sitzen höher ausfielen. Ebenso war in einer anderen Studie [36] bei Patienten mit lumbaler Verletzung ein FEV₁-Anstieg im Sitzen versus Rückenlage zu beobachten, während Patienten mit Verletzungen der Halswirbelsäule oder thorakalen Verletzungen in Rückenlage höhere FEV₁-Werte aufwiesen. Zwar erreichten die Unterschiede zwischen den Positionen keine statistische Signifikanz, doch war der Einfluss der Verletzungshöhe statistisch signifikant und klinisch bedeutsam. In einer anderen Studie [33] waren die FEV₁-Werte bei Patienten mit kompletter Tetraplegie in Rückenlage höher als im Sitzen, wohingegen bei Patienten mit incompletter Lähmung kein signifikanter Unterschied zwischen den Positionen nachweisbar war. Eine andere Forschungsgruppe [37] berichtete keine signifikante Änderung der FEV₁-Werte zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage in einer gepoolten Gruppe von Patienten mit Rückenmarksverletzung; in der Subgruppe von Patienten mit incompletter motorischer Lähmung und solchen mit incompletter thorakaler Lähmung war dagegen ein Rückgang in Rückenlage zu beobachten.

Bei Patienten mit myotoner Dystrophie gingen die FEV₁-Werte beim Wechsel vom Sitzen in die Rückenlage zurück [38]. Adipöse Patienten wiesen sowohl vor als auch nach einer bariatrischen

Tab. 2 Zusammenfassung der Studiencharakteristika nach Studienpopulation

Erstautor (Jahr)	Teilnehmerzahl	Alter (Jahre)	Patientenpopulation	Positionen	Lungenfunktionsprüfung	Hauptergebnisse
Meysman (1998) [3]	31	25,6 ± 3,8	Gesunde	Sitzend Rückenlage RSL LSL	PEF, FVC, FEV ₁ , Plmax, PEmax	FVC, FEV ₁ , PEF: Sitzend > Rückenlage LSL, RSL, Plmax: Sitzend > Rückenlage PEmax: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Manning (1999) [20]	19	62,8 ± 6,8	Gesunde ältere Erwachsene	Sitzend LSL RSL	FVC, FEV ₁ , D _{LCO} /VA	FVC, FEV ₁ : Sitzend > RSL u. LSL D _{LCO} /VA: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Vilke (2000) [26]	20	Spanne: 18–50	Gesunde Männer	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁	FVC, FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage
Stewart (2000) [24]	10	22,3 ± 2,4	Gesunde Männer	Sitzend Rückenlage	FVC, VC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC, PEF, D _{LCO}	FVC, PEF: Sitzend > Rückenlage D _{LCO} : Sitzend < Rückenlage FEV ₁ , VC, FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Yap (2000) [27]	10	62,2 ± 1,2 MW ± SE	Gesunde	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ / FVC, FRC	FVC, FEV ₁ , FRC: Sitzend > Rückenlage FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Varrato (2001) [25]	15	MW: 41	Gesunde	Sitzend Rückenlage	FVC	FVC: Sitzend > Rückenlage
Badr (2002) [46]	25	34,0 ± 14,9	Gesunde	Stehend Sitzend Rückenlage RSL	PEmax, PEF	PEmax: Stehend > andere Positionen PEmax: Sitzend > Rückenlage u. RSL PEF: Stehend > andere Positionen
Ogiwara (2002) [55]	20	MW: 22,8 ± 2,1 Spanne: 21–28	Gesunde	Sitzend Rückenlage RSL LSL	PEmax, Plmax	PEmax, Plmax: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Peces-Barba (2004) [56]	14	37,5 ± 11,5	Gesunde	Sitzend Rückenlage	D _{LCO}	D _{LCO} : Sitzend < Rückenlage
Chang (2005) [53]	20	28,3 ± 4,8	Gesunde Männer	Stehend Rückenlage	FRC	FRC: Stehend > Rückenlage
Palermo (2005) [21]	14	61 ± 8	Gesunde	Sitzend Rückenlage LSL RSL	FEV ₁ , FVC, VC, D _{LCO}	FEV ₁ , FVC, VC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen D _{LCO} : Sitzend > LSL u. RSL
Watson (2005) [43]	5	MW: 57	Gesunde	Sitzend Rückenlage	TLC, VC, RV, FRC	TLC, VC, RV: $p > 0,05$ zwischen den Positionen FRC: Sitzend > Rückenlage
Saxena (2006) [23]	80	Männer: 21,3 ± 1,5 Frauen: 19,6 ± 1,3	Gesunde	Stehend Sitzend Rückenlage	FEV ₁ , FVC, FEV ₁ / FVC, PEF	FEV ₁ , FVC, PEF: Stehend > Rückenlage FEV ₁ /FVC: Sitzend > Rückenlage
Ben-Dov (2009) [17]	7	44 ± 10	Gesunde	Sitzend Rückenlage	FVC	FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Terzano (2009) [57]	10	59,0 ± 9,3	Gesunde	Stehend Sitzend Rückenlage	D _{LCO}	D _{LCO} : $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Tsubaki (2009) [28]	15	22,7 ± 2,3	Gesunde Frauen	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ / FVC, VC, Plmax, PEmax	FEV ₁ /FVC: Sitzend > Rückenlage FVC, FEV ₁ , VC, Plmax, PEmax: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
McCoy (2010) [49]	182	23,5 ± 2,5 (Gesunde und Asthmatiker)	Gesunde	Stehend Sitzend	PEF	PEF: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Ceridon (2011) [18]	12	63 ± 9	Gesunde	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ / FVC, D _{LCO}	FVC, FEV ₁ , D _{LCO} : Sitzend > Rückenlage FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Roychowdhury (2011) [44]	100	Spanne: 19–22	Gesunde	Sitzend Rückenlage	VC	VC: Rückenlage > Sitzend bei Frauen VC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen bei Männern

Tab. 2 (Fortsetzung)

Erstautor (Jahr)	Teilnehmerzahl	Alter (Jahre)	Patientenpopulation	Positionen	Lungenfunktionsprüfung	Hauptergebnisse
Gianinis (2013) [48]	30	22,2 ± 2,4	Gesunde	Sitzend Rückenlage RSL LSL	PEF	PEF: Sitzend > Rückenlage u. RSL
Wallace (2013) [51]	94	23,9 ± 3,7	Gesunde	Stehend Sitzend	PEF	PEF: Stehend > Sitzend
Naitoh (2014) [39]	20	28 ± 1,4	Gesunde	Sitzend Rückenlage	FEV ₁ , VC, PEmax, PImax	FEV ₁ , VC: Sitzend > Rückenlage PEmax, PImax: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Costa (2015) [54]	63	19,7 ± 1,5	Gesunde	Sitzend Rückenlage	PImax, PEmax	PImax, PEmax: Sitzend > Rückenlage
Ganapathi (2015) [19]	20	Spanne: 18–25	Gesunde	Stehend Sitzend Rückenlage RSL LSL	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC: Stehend > Rückenlage, RSL u. LSL FEV ₁ : Stehend > Sitzend; Sitzend > RSL; FEV ₁ /FVC: Sitzend > LSL
Patel (2015) [22]	45	Median: 21; Spanne: 19–23	Gesunde	Stehend Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁ , PEF	FVC, FEV ₁ , PEF: Sitzend > Stehend FVC, FEV ₁ , PEF: Sitzend > Rückenlage
Antunes (2016) [45]	30	22,7 ± 2,4	Gesunde	Sitzend Rückenlage	PEF	PEF: Sitzend > Rückenlage
Miccinilli (2016) [40]	20	33,6 ± 10,5	Gesunde	Sitzend Rückenlage	VC, FEV ₁	VC, FEV ₁ : $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Ottaviano (2016) [50]	76	40 ± 16	Gesunde	Stehend Sitzend	PEF	PEF: Stehend > Sitzend
Myint (2017) [42]	15	22,6 ± 2,0	Gesunde	Stehend Sitzend Rückenlage	FEV ₁ /FVC	FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Badr (2002) [46]	11	66,8 ± 12,6	Chronische Atemflusseinschränkung	Stehend Sitzend Rückenlage RSL	PEmax, PEF	PEmax: Stehend > Rückenlage u. RSL, PEmax: Sitzend > Rückenlage u. RSL PEF: Stehend > Sitzend, Rückenlage, RSL
Elkins (2005) [47]	20	29 ± 8	Erwachsene mit zystischer Fibrose	Stehend Sitzend Rückenlage RSL	PEmax, PEF	PEmax: Stehend u. Sitzend > RSL PEF: Stehend > Rückenlage u. RSL
Razi (2007) [32]	49	42,6 ± 11,8	Adipositas, Asthma (Mittlerer BMI: 36 ± 5)	Stehend Sitzend	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Terzano (2009) [57]	30 <i>Leicht: 10 Mäßig bis schwer: 10 Sehr schwer: 10</i>	Leicht: 57,3 ± 8,6 Mäßig bis schwer: 59,8 ± 9,1 Sehr schwer: 63,7 ± 5,5	COPD	Stehend Sitzend Rückenlage	D _{LCO}	D _{LCO} : $p > 0,05$ zwischen den Positionen
McCoy (2010) [49]	29	23,5 ± 2,5 (Gesunde und Asthmatiker)	Asthma	Stehend Sitzend	PEF	PEF: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
De (2012) [29]	75	61,2 ± 9,2	COPD	Stehend Sitzend	FVC, FEV ₁	FVC, FEV ₁ : $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Melam (2014) [30]	30	34,3 ± 3,7	Asthma	Stehend Sitzend Rückenlage RSL LSL	FVC, FEV ₁	FVC, FEV ₁ : Stehend > Rückenlage

Tab. 2 (Fortsetzung)

Erstautor (Jahr)	Teilnehmerzahl	Alter (Jahre)	Patientenpopulation	Positionen	Lungenfunktionsprüfung	Hauptergebnisse
Mohammed (2017) [31]	20	39,2 ± 8,0	Asthma	Stehend Sitzend Rückenlage RSL LSL	FVC, FEV ₁ , PEF	FVC, FEV ₁ , PEF: Stehend > Rückenlage, RSL, LSL FVC, FEV ₁ : Stehend > Sitzend
Myint (2017) [42]	15	22,3 ± 2,0	Asthma	Stehend Sitzend Rückenlage	FEV ₁ /FVC	FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Faggiano (1998) [58]	32	59 ± 10	CHF, Männer	Sitzend Rückenlage	D _{LCO}	D _{LCO} : $p > 0,05$ zwischen den Positionen ↓D _{LCO} im Sitzen bei einer Subgruppe von Patienten mit einer Verringerung des mittleren pulmonal-arteriellen Drucks in dieser Position ↑D _{LCO} im Sitzen bei einer Subgruppe von Patienten mit einem Anstieg des mittleren pulmonal-arteriellen Drucks in dieser Position
Yap (2000) [27]	10	61,4 ± 2,0 MW ± SE	CHF	Sitzend Rückenlage	FEV ₁ , FVC, FEV ₁ /FVC, VC, FRC	FVC, FEV ₁ , VC: Sitzend > Rückenlage FEV ₁ /FVC, FRC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Palermo (2005) [21]	14	62 ± 8	CHF	Sitzend Rückenlage LSL RSL	FEV ₁ , FVC, VC, D _{LCO}	FEV ₁ , FVC: Sitzend > RSL u. LSL D _{LCO} : Sitzend > RSL u. LSL VC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Ceridon (2011) [18]	24	65 ± 8	CHF	Sitzend Rückenlage	FEV ₁ , FVC, FEV ₁ /FVC, D _{LCO}	FEV ₁ , FVC: Sitzend > Rückenlage FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen D _{LCO} : $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Linn (2000) [33]	222 Tetraplegie: 98 Paraplegie: 124	40 ± 11	SCI	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁ , PEF	FVC, FEV ₁ , PEF: Sitzend < Rückenlage bei kompletter Tetraplegie FVC, FEV ₁ , PEF: $p > 0,05$ zwischen den Positionen bei Paraplegie
Baydur (2001) [35]	74 Tetraplegie (C3-7-Verletzung): 31; Paraplegie (T-L4-Verletzung): 43	40 ± 12	SCI	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁	FVC, FEV ₁ : $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Ben Dov (2009) [17]	12	42 ± 11	Neurologisch stabil Tetraplegie C5–8	Sitzend Rückenlage	FVC	FVC: Sitzend < Rückenlage
Park (2010) [34]	43	35,0 ± 12,6	SCI C6–C8	Sitzend Rückenlage	FVC	FVC: Sitzend < Rückenlage
Kim (2012) [36]	45 Zervikal: 15 Thorakal: 13 Lumbal: 17	Zervikal 43,2 ± 1,3 Thorakal 49,8 ± 4,9 Lumbal 52,2 ± 4,4	SCI	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁	FVC, FEV ₁ : $p > 0,05$ zwischen den Positionen innerhalb der Subgruppen «zervikal/thorakal/lumbal» FVC, FEV ₁ : Sitzend < Rückenlage bei zervikaler und thorakaler Verletzung FVC, FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage bei lumbaler Verletzung Statistisch signifikanter Unterschied im Einfluss der Position zwischen den Subgruppen «zervikal/thorakal/lumbal»

Tab. 2 (Fortsetzung)

Erstautor (Jahr)	Teilnehmerzahl	Alter (Jahre)	Patientenpopulation	Positionen	Lungenfunktionsprüfung	Hauptergebnisse
Terson de Paleville (2014) [37]	27 <i>Komplette motorische Schädigung: 13</i> <i>Inkomplette motorische Schädigung: 14</i> <i>Zervikal: 15,</i> <i>Thorakal: 12</i>	40 ± 14	SCI	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁ , PEmax, Plmax	FVC, FEV ₁ : $p > 0,05$ zwischen den Positionen für alle Patienten zusammen FVC: Sitzend < Rückenlage bei zervikaler/ kompletter motorischer Schädigung FVC: Sitzend > Rückenlage bei thorakaler inkompletter motorischer Schädigung FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage bei inkompletter motorischer Schädigung FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage bei thorakaler inkompletter motorischer Schädigung PEmax: Sitzend > Rückenlage bei allen Patienten PEmax: Sitzend > Rückenlage bei kompletter motorischer Schädigung PEmax: Sitzend > Rückenlage bei zervikaler inkompletter motorischer Schädigung Plmax: $p > 0,05$ zwischen den Positionen für alle Patienten zusammen Plmax: Sitzend > Rückenlage bei thorakaler kompletter motorischer Schädigung
Miccinilli (2016) [40]	20 <i>Tetraplegie (C3–7): 9;</i> <i>Paraplegie (T1–8): 11</i>	Tetraplegie: 29,4 ± 10,5 Paraplegie: 36,6 ± 10,3	SCI	Sitzend Rückenlage	VC, FEV ₁	VC, FEV ₁ : Sitzend < Rückenlage
Varrato (2001) [25]	38	61	ALS	Sitzend Rückenlage	FVC	FVC: Sitzend > Rückenlage
Park (2010) [34]	45	54,4 ± 11,1	ALS	Sitzend Rückenlage	FVC	FVC: Sitzend > Rückenlage
Poussel (2014) [38]	58	42,6 ± 12,9	Myotone Dystrophie	Sitzend Rückenlage	FVC, FEV ₁	FVC, FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage
Watson (2005) [43]	10	49 ± 6 MW ± SE	Adipositas Mittlerer BMI: 44 ± 3 MW ± SE	Sitzend Rückenlage	TLC, VC, RV, FRC	TLC, VC, RV, FRC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Razi (2007) [32]	51	39,86 ± 10,1	Adipositas Mittlerer BMI: 36,7 ± 4,1	Stehend Sitzend	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC	FVC, FEV ₁ , FEV ₁ /FVC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen
Benedik (2009) [52]	32	Spanne: 18–75	Gesunde, leichte bis mäßige Adipositas Mittlerer BMI: 32,7 ± 3,5	Sitzend Rückenlage	FRC	FRC: Sitzend > Rückenlage
Sebbane (2015) [41]	12	44 ± 14	Morbide Adipositas Mittlerer BMI: 45 ± 5 Z. n. bariatrischer Operation Mittlerer BMI: 31 ± 5	Sitzend Rückenlage	TLC, RV, VC, FRC, FEV ₁	FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage bei morbidem Adipositas TLC, RV, FRC, VC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen bei morbidem Adipositas FRC, FEV ₁ : Sitzend > Rückenlage bei Z. n. bariatrischer Operation TLC, RV, VC: $p > 0,05$ zwischen den Positionen bei Z. n. bariatrischer Operation

Sofern nicht anders angegeben, handelt es sich bei allen Werten um Mittelwerte ± SD (standard deviation, Standardabweichung). ALS: Amyotrophe Lateralsklerose; BMI: Body Mass Index; CHF: Congestive heart failure (kongestive Herzinsuffizienz); COPD: Chronic obstructive pulmonary disease (chronisch obstruktive Lungenerkrankung); D_{LCO}: Diffusing capacity of the lungs for carbon monoxide (Kohlenmonoxid-Diffusionskapazität der Lunge); D_{LCO}/VA: Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide divided by alveolar volume (Kohlenmonoxid-Diffusionskapazität der Lunge geteilt durch das Alveolarvolumen); FEV₁: forciertes expiratorisches Volumen in 1 s; FRC: Functional residual capacity (funktionelle Residualkapazität); FVC: Forced vital capacity (forcierte Vitalkapazität); LSL: Linksseitenlage; MW: Mittelwert; PEF: Peak expiratory flow (expiratorischer Spitzenfluss); PEmax: Maximal expiratory pressure (maximaler expiratorischer Druck); Plmax: Maximal inspiratory pressure (maximaler inspiratorischer Druck); RSL: Rechtsseitenlage; RV: Residualvolumen; SCI: Spinal cord injury (Rückenmarkverletzung); SE: standard error (Standardfehler); Z. n.: Zustand nach; TLC: Total lung capacity (totale Lungenkapazität); VC: Vital capacity (Vitalkapazität).

Operation im Sitzen höhere FEV₁-Werte auf als in Rückenlage [41]. In einer anderen Studie fand sich bei adipösen Patienten kein Unterschied in den FEV₁-Werten zwischen Stehen und Sitzen [32].

FEV₁/FVC

In 7 Studien wurde das Verhältnis FEV₁/FVC für verschiedene Körperpositionen bei gesunden Probanden verglichen [18, 19, 23, 24, 27, 28, 42]. Mehreren Studien zufolge war das FEV₁/FVC-Verhältnis im Sitzen höher als in Rückenlage [23, 28], im Sitzen höher als in LSL [19] und im Stehen höher als in Rückenlage, RSL und LSL [19]; da das FEV₁/FVC-Verhältnis in allen Körperpositionen jedoch > 70% betrug, war der Unterschied klinisch nicht bedeutsam. Andere Studien zeigten keinen Unterschied zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage [18, 24, 27] oder Stehen, Sitzen und Rückenlage [42].

Bei Patienten mit Asthma, CHF und Adipositas war kein statistisch signifikanter Unterschied im Verhältnis FEV₁/FVC zwischen den verschiedenen Körperhaltungen feststellbar [18, 27, 32, 42].

VC

Der Einfluss der Körperposition auf die VC wurde in 6 Studien mit gesunden Probanden untersucht [21, 24, 28, 39, 43, 44]. Die meisten Studien fanden keinen Unterschied zwischen Sitzen und Rückenlage [21, 24, 28, 43] oder zwischen Sitzen und RSL oder LSL [21]. In einer Studie [39] war die VC im Sitzen höher als in Rückenlage, während die VC in einer anderen Studie [44] in Rückenlage höher ausfiel als im Sitzen – allerdings nur bei Frauen. Patienten mit CHF wiesen in einer Studie [27] im Sitzen eine höhere VC auf als in Rückenlage, wohingegen in einer anderen Studie [21] kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen diesen Positionen beobachtet wurde. Patienten mit Rückenmarksverletzung zeigten in Rückenlage eine höhere VC als im Sitzen [40]. Bei Patienten mit Adipositas wurde kein Unterschied in der VC zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage berichtet [41, 43].

PEF

Dreizehn Studien beurteilten die PEF-Werte bei den unterschiedlichen Körperpositionen [3, 22–24, 31, 33, 45–51]. In 8 Studien wurden nur gesunde Erwachsene untersucht [3, 22–24, 45, 48, 50, 51], 3 Studien beurteilten gesunde Probanden und Patienten mit COPD oder Asthma [31, 46, 49], eine Studie schloss erwachsene Patienten mit zystischer Fibrose ein [47] und in einer Studie wurden Patienten mit Rückenmarksverletzung beurteilt [33]. 9 Studien, in denen die stehende oder sitzende Position mit der Rückenlage oder RSL und LSL verglichen wurde, ergaben höhere PEF-Werte im Stehen und im Sitzen [3, 22–24, 31, 45–48]. In 3 von 6 Studien zum Vergleich der stehenden und sitzenden Position fanden sich höhere PEF-Werte im Stehen [46, 50, 51] und eine Studie berichtete höhere PEF-Werte im Sitzen [22]. Höchstwahrscheinlich ist jedoch keiner dieser angegebenen Unterschiede in den PEF-Werten klinisch bedeutsam. Bei Patienten mit Rücken-

marksverletzung und kompletter Tetraplegie fielen die PEF-Werte in Rückenlage um 12% höher aus als im Sitzen [33].

FRC

Die FRC wurde in 5 Studien mittels Heliumdilution beurteilt [27, 41, 43, 52, 53]. Gesunde Probanden wiesen im Stehen [53] und im Sitzen [27, 43] höhere FRC-Werte auf als in Rückenlage, und die Unterschiede waren statistisch signifikant und klinisch bedeutsam. Bei Patienten mit Adipositas (mittlerer BMI: 44–45) [41, 43] oder CHF [27] erreichte der Unterschied zwischen Sitzen und Rückenlage dagegen keine statistische Signifikanz und er war bei Patienten nach bariatrischer Operation (mittlerer BMI: 31) höher [41]. Eine andere Studie [52], die Patienten mit leichter bis mäßiger Adipositas einschloss (mittlerer BMI: 32), berichtete, dass die FRC-Werte im Sitzen höher ausfielen als in Rückenlage, und der Unterschied war sowohl statistisch signifikant als auch klinisch bedeutsam.

TLC

Zwei Studien beurteilten die TLC mittels Heliumdilution bei gesunden Probanden [43] sowie Patienten mit Adipositas [41, 43] und fanden keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage.

RV

Zwei Studien beurteilten das RV mittels Heliumdilution bei gesunden Probanden [43] sowie Patienten mit Adipositas [41, 43] und fanden keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage.

PEmax

Sechs Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen Körperposition und PEmax bei gesunden Probanden [3, 28, 39, 46, 54, 55]. Die PEmax-Werte der Probanden fielen im Stehen höher aus als in Rückenlage, im Stehen höher als im Sitzen und in RSL, im Sitzen höher als in Rückenlage [54] und im Sitzen höher als in Rückenlage und RSL [46]; allerdings waren die in diesen Studien berichteten Unterschiede klinisch nicht bedeutsam. In anderen Studien wurden keine Unterschiede in den PEmax-Werten zwischen Sitzen und Rückenlage [28, 39] oder zwischen Sitzen, Rückenlage, RSL und LSL beobachtet [3, 55].

Bei COPD-Patienten fanden sich höhere PEmax-Werte im Stehen oder Sitzen als in Rückenlage oder RSL [46] und Patienten mit zystischer Fibrose zeigten höhere Werte im Stehen und Sitzen als in RSL [47]. Die Unterschiede waren klinisch nicht bedeutsam.

Bei der Untersuchung von Patienten mit Rückenmarksverletzung fielen die PEmax-Werte bei allen Patienten sowie bei den Patienten mit kompletter motorischer Lähmung oder inkompletter zervikaler motorischer Lähmung im Sitzen signifikant höher aus als in Rückenlage [37].

PImax

In 2 Studien wurden bei gesunden Probanden im Sitzen bessere PImax-Werte beobachtet als in Rückenlage [3, 54]. Andere Studi-

en fanden dagegen keinen Unterschied im P_{Imax}-Wert im Sitzen versus Rückenlage [28, 39, 55] oder im Sitzen versus RSL und LSL [3, 55]. Bei Patienten mit chronischer Rückenmarksverletzung war keine signifikante Veränderung der P_{Imax}-Werte zwischen Sitzen und Rückenlage nachweisbar, mit Ausnahme einer Subgruppe von Patienten mit kompletter thorakaler motorischer Parese, die eine statistisch signifikante und klinisch bedeutsame Verbesserung im Sitzen zeigten [37].

D_{LCO}

Sieben Studien beurteilten den Einfluss der Körperposition auf die Diffusionskapazität. 6 Studien schlossen gesunde Probanden ein [18, 20, 21, 24, 56, 57], 3 Studien schlossen Patienten mit CHF ein [18, 21, 58] und eine Studie schloss COPD-Patienten ein [57]. Gesunde Probanden zeigten in 2 Studien [24, 56] eine statistisch signifikante und klinisch bedeutsame Verbesserung der D_{LCO} in Rückenlage versus Sitzen und in eine Studie [57] war ein Trend zu einer höheren D_{LCO} in Rückenlage versus Sitzen zu beobachten. Dieser Unterschied erreichte jedoch keine statistische Signifikanz. In einer Studie [18] war die D_{LCO} im Sitzen höher als in Rückenlage, wohingegen einer andere Studie keinen Unterschied in der D_{LCO} zwischen diesen Positionen ergab [21]. Eine Studie [21] berichtete höhere D_{LCO}-Werte im Sitzen versus Seitenlage, während in einer anderen Studie [20] kein Unterschied zwischen diesen Positionen feststellbar war. Bei COPD-Patienten fand sich keine statistisch signifikante Änderung der D_{LCO} zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage [57].

Drei Studien untersuchten die Diffusionskapazität bei Patienten mit CHF [18, 21, 58]. Einer Studie zufolge [58] hatte der Positionswechsel von der Rückenlage zum Sitzen unterschiedliche Veränderungen der Diffusionskapazität zur Folge. Bei manchen Patienten verbesserte sich die Diffusionskapazität im Sitzen, während sich bei anderen keine Veränderung oder eine Abnahme zeigte. Im Durchschnitt bestand zwischen den beiden Positionen kein statistisch signifikanter Unterschied. Nach Ansicht der Autoren waren die unterschiedlichen Reaktionen durch Druckschwankungen im Lungenkreislauf bedingt. Eine andere Studie [18] fand keinen signifikanten Unterschied in der Diffusionskapazität zwischen der sitzenden Position und der Rückenlage. In der 3. Studie wurde eine D_{LCO}-Abnahme in Seitenlage gegenüber der sitzenden Position berichtet [21].

Diskussion

Die meisten Studien der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit von 43 Publikationen, in denen der Einfluss der Körperposition auf die Lungenfunktion beurteilt wurde, zeigten eine bessere Lungenfunktion bei eher aufrechten Körperhaltungen, und dies sowohl bei gesunden Probanden als auch bei Patienten mit Lungen- und Herzkrankheiten, neuromuskulären Erkrankungen und Adipositas. Bei Patienten mit Rückenmarksverletzung ist der Effekt komplexer und hängt vom Schweregrad und der Höhe der Verletzung ab. Demgegenüber steigt die mittels D_{LCO} gemessene Diffusionskapazität bei gesunden Probanden in Rückenlage an,

während der Effekt bei CHF-Patienten den Annahmen zufolge vom Druck im Lungenkreislauf abhängt.

Die verringerte FVC in liegenden Positionen spiegelt möglicherweise zum einen das erhöhte thorakale Blutvolumen infolge der schwerkraftbedingten Erleichterung des venösen Rückstroms wider (was eher bei Patienten mit Herzinsuffizienz von Bedeutung ist), zum anderen ist sie möglicherweise durch die kraniale Zwerchfellverlagerung aufgrund des im Liegen erhöhten abdominalen Drucks bedingt (was eher bei adipösen Patienten von Bedeutung ist) [59]. In Seitenlage scheint der Effekt auf die FVC ähnlich auszufallen wie im Liegen, obgleich nur die abhängige Hälfte des Zwerchfells verlagert wird [59]. Andere Faktoren, die zu niedrigeren FVC-Werten in Seitenlage führen können, sind ein erhöhter Atemwegswiderstand und eine herabgesetzte Lungen-Compliance infolge anatomischer Unterschiede zwischen dem rechten und dem linken Lungenflügel sowie einer Verlagerung der mediastinalen Strukturen [20].

Die FEV₁-Werte waren in aufrechten Positionen ebenfalls höher. Im Liegen sind das expiratorische Volumen und der Atemfluss eingeschränkt, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass im Liegen der Atemwegswiderstand ansteigt, die elastische Rückstellung der Lunge abnimmt oder dass ein geringerer mechanischer Vorteil der forcierten Expiration besteht, der vermutlich die großen Atemwege betrifft [20]. Bei Asthma-Patienten könnte der Anstieg der FVC im Stehen durch den erhöhten Atemwegsdurchmesser in dieser Position bedingt sein [30].

Bei Patienten mit CHF ist die Lunge unflexibel und schwer und das Herz ist vergrößert und schwer, was die negativen Auswirkungen der gegenseitigen Abhängigkeit von Herz und Lunge verstärkt [60]. Mit einem Anstieg der Herzmasse kommt es zu einer Verringerung des Volumens der Lunge, ihrer mechanischen Funktion und Diffusionskapazität [61, 62]; d.h., das Herz drückt im Sitzen auf das Zwerchfell und im Liegen auf einen Lungenflügel. Dies hat Auswirkungen auf die Ausdehnung der Lunge nach lateral, ermöglicht jedoch eine Senkung des Zwerchfells und eine Ausdehnung der Lunge nach kaudal. In Seitenlage drückt das Herz auf einen Lungenflügel und komprimiert sowohl die Atemwege als auch das Lungenparenchym, was einen Rückgang von FEV₁ und FVC aufgrund der Atemwegskompression zur Folge hat [21]. Bei CHF-Patienten steigen in Rückenlage sowohl die elastische Belastung (verringerte Lungen-Compliance) als auch der Atemwegswiderstand an [63].

Änderungen der FVC beim Wechsel vom Sitzen in die Rückenlage spiegeln möglicherweise die Zwerchfellkraft/-paralyse wider. Die FVC ist daher ein wichtiges klinisches Instrument für die Beurteilung der Zwerchfellschwäche bei Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen [64]. Bei Patienten mit ALS dient die FVC-Messung in Rückenlage zur Untersuchung der Zwerchfellschwäche [65] sowie zur Vorhersage einer Orthopnoe [25] und der Überlebensdauer [66, 67]. Die American Academy of Neurology kam zu dem Schluss, dass die FVC-Messung in Rückenlage zum Nachweis einer Zwerchfellschwäche bei ALS-Patienten vermutlich effektiver ist als die FVC-Messung in aufrechter Position und dass sie besser mit den Symptomen einer Hypoventilation korreliert [68].

Bei Patienten mit zervikaler Rückenmarksverletzung (Tetraplegie) steigen die FVC- und FEV₁-Werte in der Rückenlage gegenüber der sitzenden Position an. In Rückenlage nimmt die inspiratorische Atemexkursion des Zwerchfells zu, weil die Muskelfasern am Ende der Expiration länger sind und an einem effektiveren Punkt ihrer Längen-Spannungs-Kurve arbeiten [69–71]. Dieser Mechanismus ist besonders bei Patienten von Bedeutung, bei denen das Zwerchfell die Hauptatmarbeit leistet, da ihre Intercostal- und Bauchmuskulatur infolge der Rückenmarksverletzung inaktiv ist.

Berichten zufolge fällt die FRC in aufrechter Position bei gesunden Probanden [27, 43, 53] und bei Patienten mit leichter bis mäßiger Adipositas höher aus [41, 52]. Beim Wechsel von der Rückenlage in eine aufrechte Position steigt die FRC aufgrund des verminderten pulmonalen Blutvolumens und der Absenkung des Zwerchfells an. Dadurch verschiebt sich der Punkt der Volumen-Druck-Kurve, an dem die Ruheatmung erfolgt, was eine erhöhte Lungen-Compliance zur Folge hat, und eine identische Druckänderung würde daher – bei gleich bleibendem Atemantrieb – ein größeres Inspirationsvolumen bewirken [53]. Berichten zufolge sind jedoch bei CHF-Patienten keine Änderungen der FRC beim Wechsel zwischen Sitzen und Rückenlage zu beobachten [27]. Bei Herzinsuffizienz kann die verminderte Lungen-Compliance in Rückenlage die passive Änderung des Lungenvolumens verringern, doch wird die FRC durch eine mögliche Anpassung der Atemmuskulaturaktivität oder der glottalen Muskelaktivität über dem Relaxationsvolumen gehalten [27]. Bei adipösen Patienten fiel die FRC im Sitzen niedriger aus als bei gesunden Probanden, wobei es jedoch in Rückenlage zu keinem weiteren Rückgang kam [43].

Untersuchungen mit gesunden Probanden [3, 23, 24, 46, 48, 50, 51] und Patienten mit Lungenerkrankungen [31, 46, 47] ergaben höhere Werte für PEF, P_{Emax} und P_Imax in aufrechter Position. Dies könnte durch Veränderungen des Lungenvolumens in den verschiedenen Positionen bedingt sein.

Es hat sich gezeigt, dass das Lungenvolumen im Stehen und Sitzen am höchsten ist [72, 73]. Bei höheren Lungenvolumina sind die elastischen Rückstellkräfte von Lunge und Thoraxwand größer. Außerdem befinden sich die Ausatemmuskeln in einem günstigeren Bereich der Längen-Spannungs-Kurve und sind daher in der Lage, einen höheren intrathorakalen Druck aufzubauen. Dadurch werden potenziell höhere expiratorische Drücke erzeugt, die die Atemluft mit hoher Geschwindigkeit durch die engen Atemwege drücken, sodass es zu höheren P_{Emax}-, PEF- und FEV₁-Werten kommt. Mit abnehmendem Lungenvolumen wird die Muskellänge ungünstiger, was zur Folge hat, dass die P_{Emax}-Werte im Sitzen niedriger ausfallen als im Stehen und im Liegen sogar noch niedriger. Die P_{Emax}-Änderung hat Auswirkungen auf die PEF-Werte [46].

Im Stehen zieht die Schwerkraft die mediastinalen und abdominalen Strukturen nach unten, sodass mehr Raum in der Thoraxhöhle entsteht, was eine weitere Ausdehnung der Lunge und größere Lungenvolumina ermöglicht [74]. Dadurch und durch die verminderte Kompression der basalen Lungenabschnitte erfolgt eine alveoläre Rekrutierung und die Lungen-Compliance steigt.

Die inspiratorischen Muskeln können sich noch weiter ausdehnen, sodass sich das Zwerchfell weiter nach unten kontrahieren kann und das Lungenvolumen steigt [46].

Im Sitzen fallen das Lungenvolumen im Vergleich zum Stehen häufig etwas niedriger aus. Dies lässt sich durch verschiedene Mechanismen erklären. Zum einen liegen die Bauchorgane im Sitzen weiter oben und behindern dadurch die Zwerchfellbewegung, sodass eine geringere Inspiration möglich ist. Zum anderen befinden sich die Bauchmuskeln an einem ungünstigeren Punkt der Längen-Spannungs-Kurve, da die Kombination aus Hüftbeugung und höherer Lage des Bauchinhalts einen Druck nach oben ausübt. Und zum dritten kann die Rückenlehne des Stuhls die Ausdehnung des Brustkorbs behindern. Diese 3 Faktoren erklären die etwas niedrigeren P_{Emax}- und PEF-Werte im Sitzen versus Stehen [46].

Die Rückenlage wirkt sich negativ auf die Zwerchfellkraft aus und das intrathorakale Blutvolumen steigt, was dazu führt, dass die P_{Emax}- und PEF-Werte in Rückenlage vermindert sind [3].

In Seitenlage (RSL oder LSL) und bei flacher Unterlage fällt der Bauchinhalt nach vorne. Dadurch wird die abhängige Zwerchfelloberfläche auf eine für den Spannungsaufbau günstige Länge gedehnt, während die nicht abhängige Zwerchfelloberfläche mehr abgeflacht ist. Auf diese Weise können sich Änderungen der Lungenvolumina durch eine bessere Zwerchfellkontraktion einerseits, jedoch verminderten Thoraxraum andererseits gegenseitig ausgleichen [46]. Der in Rückenlage beobachtete verringerte P_Imax könnte durch eine Überlastung des Zwerchfells infolge der Verlagerung des Bauchinhalts während der maximalen inspiratorischen Atmarbeit bedingt sein, die die günstigere Position des Zwerchfells auf der Längen-Spannungs-Kurve aufhebt. Zudem ist die Länge aller anderen Einatemmuskeln in Rückenlage weniger günstig [75].

Bei Patienten mit zervikaler Rückenmarksverletzung und hoher Tetraplegie fielen die PEF-Werte in Rückenlage höher aus als im Sitzen [33], ebenso wie die FVC- und FEV₁-Werte.

Gesunde Probanden zeigten in den meisten Studien eine höhere D_{LCO} in Rückenlage als im Sitzen [24, 56, 57]. Diese Verbesserung wird dem mäßigen Anstieg des alveolären Blutvolumens in Rückenlage zugeschrieben, der durch eine Rekrutierung von Lungenkapillaren beim Wechsel von einer aufrechten Position in die Rückenlage bedingt ist. Mit zunehmendem Alter kann dieser Anstieg abnehmen [76]. Dies könnte erklären, weshalb in einer Studie, die Teilnehmer mit einem Durchschnittsalter von 61 Jahren einschloss [21], kein Unterschied in den D_{LCO}-Werten zwischen Sitzen und Rückenlage beobachtet wurde.

In Seitenlage drückt das Herz auf einen Lungenflügel, wodurch sowohl die Atemwege als auch das Lungenparenchym zusammengedrückt werden. Dies hat eine Verringerung des alveolären Blutvolumens zur Folge, sodass ein Missverhältnis zwischen Ventilation und Perfusion entsteht. Durch diese Effekte kommt es zu einem Rückgang der Diffusionskapazität in Seitenlage [21].

Bei COPD-Patienten war keine Veränderung der D_{LCO} zwischen Sitzen und Rückenlage nachweisbar [57], was durch eine verringerte FVC und eine Schädigung der Alveolen bei diesen Patienten bedingt sein könnte. Diese Effekte können negative Auswirkungen

gen auf die Diffusionskapazität haben und stehen dem positiven Effekt des Anstiegs des alveolären Blutvolumens gegenüber [57]. Bei Patienten mit CHF wurden verschiedene Muster des Effekts der Körperhaltung auf die D_{LCO} beobachtet [58]. Die Änderung der D_{LCO} war vermutlich durch die Änderung des alveolären Blutvolumens bedingt, höchstwahrscheinlich infolge von Unterschieden im Druck der Lungenarterien und in den Herzmaßen [58].

Einschränkungen der Studie

Die vorliegende Übersichtsarbeit weist einige Einschränkungen auf. Zum einen ist der Evidenzgrad der Studien relativ niedrig. Aufgrund der Natur der untersuchten Studienpopulationen und der verwendeten Interventionen ist es bei dieser Art von Forschungsarbeit jedoch nicht möglich, eine randomisierte kontrollierte Studie durchzuführen. Zum anderen wiesen die meisten Studien geringe Teilnehmerzahlen auf und alle Studien verwendeten ein konsekutives, willkürliches oder freiwilliges Stichprobenverfahren. Da diese Übersichtsarbeit nur Studien mit erwachsenen Probanden einschloss, ist eine Verallgemeinerung der Ergebnisse auf Kinder und Jugendliche nicht möglich. Außerdem unterschieden sich die Studienprotokolle der Studien und oftmals fehlten genauere Informationen zu den Studienprotokollen. Die Ergebnisse der LFP werden maßgeblich durch die Mitarbeit des Patienten beeinflusst. Dies könnte die in einigen Fällen beobachteten widersprüchlichen Ergebnisse erklären. Studien, die Probanden über 60 Jahre einschlossen, enthielten keine Angaben zur kognitiven Funktionsfähigkeit der Teilnehmer, ein Faktor, der möglicherweise Auswirkungen auf die Mitarbeit des Patienten hat.

Weitere Untersuchungen in diesem Bereich sind erforderlich, darunter auch Studien, die darauf ausgerichtet sind, die Lungenfunktion bei einer großen Zahl gesunder Probanden sowie Patienten mit unterschiedlichen Erkrankungen zu beurteilen. Darüber hinaus ist die Verwendung eines standardisierten Studienprotokolls notwendig, das eine Randomisierung der Körperhaltungen und der Zeitabstände zwischen den Tests (z.B. für die Auswaschung der inhalierten Gase oder eine Umverteilung des Blutvolumens) in den verschiedenen Positionen beinhaltet, um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen.

Schlussfolgerungen

Bei der Durchführung der LFP ist die Körperposition von Bedeutung, da sie die Testergebnisse beeinflusst. Wie diese Übersichtsarbeit zeigt, kann eine Änderung der Körperposition je nach Patientenpopulation unterschiedliche Implikationen haben. Die Leitlinien der ATS [2] empfehlen, die LFP im Sitzen oder im Stehen durchzuführen, wobei die sitzende Position jedoch meistens bevorzugt wird. Die Festlegung der geschlechts- und altersspezifischen Normwerte für die LFP erfolgte mithilfe von Tests, die in der sitzenden Position durchgeführt wurden. Nach den Ergebnissen dieser Übersichtsarbeit ist sitzend die bevorzugte Testposition. Kliniker sollten jedoch auch andere Positionen für die Durchführung der LFP bei ausgewählten Patienten in Betracht ziehen. Bei Patienten mit Rückenmarksverletzung kann die zusätzliche

Testung in Rückenlage wichtige Informationen liefern. Bei Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen kann die Durchführung der LFP in Rückenlage helfen, die Zwerchfellfunktion zu beurteilen.

Die Körperposition ist für das Erreichen einer maximalen Atemfunktion bei der Behandlung von Patienten mit unterschiedlichen Problemen und Erkrankungen von großer Bedeutung, und es ist wichtig, die Auswirkungen der einzelnen Positionen auf das respiratorische System eines bestimmten Patienten zu kennen. Das Wissen über den Einfluss der Körperhaltung kann Ärzten und medizinischem Fachpersonal helfen, ein besseres Verständnis für die optimalen Positionen von Patienten mit unterschiedlichen Erkrankungen zu entwickeln.

Hinweise

S.K. und N.A. haben zu gleichen Teilen zur Erstellung dieser Arbeit beigetragen.

Danksagung

Die Autoren danken Prof. Ora Paltiel, Fachärztin für Innere Medizin, Hämatologie und Onkologie und Doktor der Epidemiologie und Biostatistik, für ihre wertvolle Hilfe bei der Auswahl der optimalen Instrumente zur Bewertung der Evidenzqualität und des Bias-Risikos der in diese systematische Übersichtsarbeit eingeschlossenen Studien.

Die Autoren danken Shifra Fraifeld, die als Medical Writer und medizinische Redakteurin am Krankenhaus arbeitet, für ihre redaktionellen Beiträge während der Erstellung des Manuskripts.

Autorenbeiträge

S.K., E.-L.M., N.A. und A.R. waren an der Entwicklung des Studienkonzepts und -designs beteiligt. S.K., E.-L.M., N.A., A.R. und Y.Z. waren an der Datenerhebung und -analyse sowie an der Interpretation der Daten beteiligt. Die primäre Literatursuche wurde von S.K. und E.-L.M. durchgeführt. S.K. und E.-L.M. erstellten einen Manuskriptentwurf. S.K., E.-L.M., N.A., A.R. und Y.Z. nahmen eine kritische Überprüfung und Überarbeitung der wissenschaftlichen Inhalte des Manuskripts vor. Alle Autoren überprüften die finale Version des Manuskripts vor der Einreichung und alle übernehmen Verantwortung für die Integrität des wissenschaftlichen Vorgehens und der Ergebnisse. Alle Autoren haben die finale Fassung des Manuskripts gelesen und freigegeben.

Genehmigung durch die Ethikkommission und Einwilligung zur Teilnahme

Nicht zutreffend – systematische Übersichtsarbeit.

Zustimmung zur Veröffentlichung

Nicht zutreffend.

Disclosure Statement

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte bestehen.

Lizenzangabe

Shikma Katz, Nissim Arish, Ariel Rokach, Yacov Zaltzman, Esther-Lee Marcus: The effect of body position on pulmonary function: a systematic review. BMC Pulm Med 2018;18:159 (<https://doi.org/10.1186/s12890-018-0723-4>). © The Author(s) 2018 (Übersetzung, «Publisher's note» gekürzt), lizenziert unter CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

Literatur

Die Literatur ist als Supplemental Material unter www.karger.com/?DOI=499746 abrufbar.

Zusatzmaterial

Tabelle S1: Bewertung der in die systematische Übersichtsarbeit eingeschlossenen Publikationen gemäß Quality Assessment Tool for Before-After (Pre-Post) Studies with No Control Group des National Heart, Lung and Blood Institute [3, 15–31, 33–58].

Tabelle S2: Statistisch signifikante Unterschiede in der Lungenfunktion zwischen den verschiedenen Körperpositionen [3, 17–28, 30, 31, 33, 34, 37–41, 43–48, 50–54, 56].

Beide Tabellen sind als Supplemental Material unter www.karger.com/?DOI=499746 abrufbar.