

Stand der digitalen Medizin in der Pneumologie

Autoren

Michael Dreher¹, Berthold Jany², Georg Nilius³,
Holger Woehrle⁴, Rembert Koczulla^{5, 6, 7}

Institute

- 1 Klinik für Pneumologie und Internistische Intensivmedizin; Uniklinik RWTH Aachen
- 2 Klinik für Pneumologie und Beatmungsmedizin (i.R.), Klinikum Würzburg Mitte, Würzburg
- 3 Kliniken Essen-Mitte, Essen
- 4 Lungenzentrum Ulm/Schlaf- und Beatmungszentrum Blaubeuren, Ulm
- 5 Philipps-Universität Marburg (Standort Schönau), Deutsches Zentrum für Lungenforschung (DZL), Schön Klinik Berchtesgadener Land
- 6 Lehrkrankenhaus der Philipps Universität Marburg
- 7 Lehrstuhl für pneumologische Rehabilitation, Phillips Universität Marburg

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0740-8692>

Dtsch Med Wochenschr 2019; 144: 457–462

© Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York

ISSN 0012-0472

WAS IST NEU?

Obstruktive Lungenerkrankungen Durch digitale Anwendungen wie Smarthaler oder telemedizinische Anbindung

der Patienten z. B. über digitale Spirometer oder Apps können Betreuung und Krankheitsverlauf optimiert werden. Die Auswertung der Daten kann z. B. die frühzeitige Erkennung von Exazerbationen ermöglichen.

Pneumologische Onkologie Unter Nutzung großer Datenmengen ist zukünftig eine Veränderung der Lungenkrebsdiagnostik denkbar. Durch computerunterstützte Analyseverfahren können genauere prädiktive Aussagen zu Tumor, Prognose oder Therapieansatz gemacht werden.

Pneumologische Rehabilitation: In der pneumologischen Rehabilitation könnten digitale Unterstützungssysteme wie Apps zur Bewegungssteigerung oder Trainingsunterstützung in den Alltag integriert und auch nach der Maßnahme weiterverfolgt werden.

Schlafmedizin und außerklinische Beatmung Große Datenmengen aus medizinischen Geräten, wie sie z. B. in der Beatmungsmedizin eingesetzt werden, bieten ein besseres Grundlagenverständnis der jeweiligen Erkrankung. Therapien können mit digitaler Technik besser gesteuert und die Therapietreue der Patienten gesteigert werden.

Intensivmedizin Im Bereich der Intensivmedizin gibt es mittlerweile telemedizinische Anbindungen von Intensivstationen kleinerer Häuser an ein Haus der Maximalversorgung. Hierdurch kann die Qualität der intensivmedizinischen Versorgung flächendeckend verbessert werden. Die Telemedizin bietet die Möglichkeit zum ärztlichen Austausch im Hinblick auf diagnostische und therapeutische Entscheidungen.

Stand der Dinge

Unser alltägliches Leben wird zunehmend durch die Digitalisierung beeinflusst. Durch die Digitalisierung entstehen große, oft unstrukturierte Datenmengen („Big Data“). Diese werden von Akteuren der Konsum-Industrie seit Jahren analysiert und genutzt, was jedoch in der Medizin bis heute noch keine breite Anwendung gefunden hat. Für die Pneumologie bietet die Digitalisierung Chancen und Risiken, da durch Anwendung neuer Technologien wie Telemedizin und Apps sowie die Auswertung der dadurch entstehenden großen Datenmengen eine Möglichkeit besteht, Erkrankungen besser zu verstehen und therapeutisch zu managen.

Vorteil ist hierbei, dass durch die zur Verfügung stehenden Daten Verläufe dargestellt werden können („Trajektorien“ = Bewegungspfade). Eine weitere Möglichkeit ist, durch den Einsatz spezieller Analyse-Techniken („Machine Learning“) der entstehenden Daten Krankheitsverläufe

besser zu verstehen und das Patientenmanagement zu optimieren. Die Vision ist dabei die Schaffung einer Art „Präzisionsmedizin“ in der Pneumologie. Risiken liegen sowohl in der Sicherheit im Umgang mit den Daten sowie der Datenhoheit als auch in der Automatisierung von Abläufen.

Obstruktive Lungenerkrankungen

Trotz vielfältiger Bemühungen konnte in den letzten Jahrzehnten eines der größten Probleme in der Behandlung von obstruktiven Lungenerkrankungen, die hohe Rate an Inhalationsfehlern und die eingeschränkte Therapieadhärenz in Bezug auf die inhalativen Medikamente, nicht entscheidend verbessert werden. Eine Verbesserung scheint mithilfe neuer digitaler Lösungen möglich.

Einen ersten „telemedizinischen“ Ansatz stellen webbasierte Inhalationsvideos der Deutschen Atemwegliga dar. Die kurzen Videos sind für die gängigsten Inhalatoren

und mittlerweile auch in mehreren Sprachen verfügbar. Eine erste wissenschaftliche Studie konnte zeigen, dass mithilfe dieser Inhalationsvideos eine signifikante Reduzierung von Inhalationsfehlern und damit eine Verbesserung der Inhalationstechnik erzielt werden konnte [1].

Die Inhalationsvideos der Deutschen Atemwegsliga werden aktuell bereits in vielen Zentren routinemäßig eingesetzt, um Patienten eine Therapieunterstützung im Hinblick auf die Inhalationstechnik zukommen zu lassen. Weitere web-basierte Angebote stehen inzwischen zur Verfügung, bedürfen aber noch einer wissenschaftlichen Evaluation ihres Nutzens.

Es gibt erste Arbeiten, die sich mit digitaler Technologie bei Asthma beschäftigen. Bereits 2013 wurde eine erste Cochrane-Analyse der publizierten Daten durchgeführt. Es handelte sich um 2 randomisierte klinische Untersuchungen mit 408 Teilnehmern, in denen der Effekt eines Smartphone-basierten Asthma-Self-Management-Systems im Vergleich zur traditionellen Versorgung untersucht worden ist. Die erste Studie konnte keine statistisch signifikanten Effekte auf Asthma-Symptom-Scores, die Asthma-bezogene Lebensqualität, Anzahl der Notaufnahmenbesuche oder die Frequenz der stationären Krankenhausaufnahmen zeigen.

Die zweite Studie ergab eine höhere Asthma-Lebensqualität nach 6 Monaten für den physikalischen Komponenten-Score und die mentale Komponente des SF-12-Questionnaires, sowie eine verbesserte Lungenfunktion nach 4, 5 und 6 Monaten bei Anwendung der entsprechenden App. Die Autoren schlossen aus diesen beiden Studien, dass die Datenlage zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht ausreichend sei, um hier konkrete Empfehlungen geben zu können.

Die Technologien wurden inzwischen deutlich weiterentwickelt und es stehen heute verschiedene Systeme zur Verfügung, von denen erste bereits in der klinischen Anwendung sind und einige Studien veröffentlicht wurden [2]. Neue Technologien werden oft sowohl für Asthma als auch für die COPD parallel entwickelt und versuchen, digitale Informationen über Smarthalter, digitale Spirometer, Aktigraphie und weitere Sensorik mit Umgebungsinformationen, wie z. B. Pollenflug zum besseren Krankheitsmanagement, einzusetzen.

Für COPD-Patienten gilt, dass akute Exazerbationen und die Angst davor entscheidend zur schlechteren Lebensqualität beitragen. Eine Vielzahl von Studien hat in den letzten Jahren untersucht, ob der Einsatz von digitalen Technologien Exazerbationen durch eine frühere Detektion und Intervention verhindern und die Lebensqualität von COPD-Patienten verbessern könnte. Eine Cochrane-Analyse demonstrierte, dass „Smart Technology“ zwar die Lebensqualität durch Förderung des Bewusstseins

der Erkrankung verbessert, nicht aber die Zahl von Exazerbationen und Krankenhauseinweisungen vermindern könne [3]. Der Effekt bezüglich der Verbesserung der Lebensqualität war dabei nicht nachhaltig, und nach 12 Monaten schon nicht mehr überzeugend nachweisbar.

Zu einem anderen Ergebnis kommt jüngst eine systematische Übersicht und Metaanalyse von 8 bzw. 6 Studien: Self-Management mit mobilen Gesundheits-Apps im Vergleich zu „Usual Care“ (wobei leider nicht berichtet wird, worin diese bestand), war demnach sehr wohl in der Lage, die Häufigkeit von Klinikaufhalten wegen COPD-Exazerbationen signifikant zu reduzieren (Risk Ratio = 0,73, 95 % CI 0,52, 1,04) [4].

Klinische Relevanz
Digitale Lösungen zur Verbesserung der Inhalationstechnik sind bereits verfügbar und können routinemäßig eingesetzt werden. Self-Management Apps stehen bereits zur Verfügung und werden ständig weiterentwickelt. Sie können zur Verbesserung des Krankheitsverständnisses und zu einer Verbesserung der Lebensqualität beitragen.

Pneumologische Onkologie

Die Veränderungen bei Diagnostik, Therapieoptionen und Prognose insbesondere des fortgeschrittenen nicht-kleinzelligen Lungenkarzinoms (NSCLC) lassen von einem Paradigmenwechsel sprechen. Auch hier kommt es zu einer dramatischen Zunahme der Ansammlung patientenbezogener Daten, was einerseits eine technische Herausforderung, andererseits aber ein großes Potenzial in sich birgt. Oft handelt es sich noch um ein Versprechen des Nutzens für das Gesundheitswesen und den Patienten, der Beweis muss in der Realität erst noch erbracht werden [5]. Aus der Fülle denkbarer Anwendungen sollen hier zwei Beispiele dargestellt werden, die in die Zukunft weisen.

„Machine Learning“ und „Deep Learning“ sind computerunterstützte Analyseverfahren, mit denen basierend auf verschiedensten Datensätzen immer genauere prädiktive Aussagen zu Tumor, Prognose oder Auswahl der angemessensten Therapieverfahren gemacht werden können. Xiao et al. [6] beschreiben eine Kombination von 5 verschiedenen Modellen von „Machine Learning“ in einem lernenden neuronalen Netzwerk, um die Diagnose eines Tumors möglichst sicher zu machen. Dazu wurden die Genexpressionsdaten (RNAseq) von Lungenkarzinomen und normalem Gewebe (insgesamt 20 532 Gene in 162 Proben) der jeweiligen Patienten mit unterschiedlichen Tumorstadien, Alter, Geschlecht benutzt, um zunächst signifikant differenziell exprimierte Gene zu identifizieren.

Mit der Kombination von 5 individuellen Modellen in einem komplexen „Deep Learning“-Verfahren erreichen Xiao

etw. eine prädiktive Genauigkeit der Diagnose des Lungenkarzinoms von 98,8% (ähnliche Ergebnisse konnten auch für das Magen- und Mammakarzinom erzielt werden). Dies könnte in Zukunft gerade bei der immer deutlicher werdenden Komplexität, nicht nur der genetischen Veränderungen, beim Lungenkarzinom für die Auswahl von geeigneten Therapieverfahren sehr hilfreich werden.

Maschinelles Lernen wurde in einem weiteren Beispiel erfolgreich eingesetzt, um neue molekulare Ziele für die medikamentöse Therapie zu finden. Wie das Beispiel der Immuntherapie beim Lungenkarzinom zeigt, wird es – nicht zuletzt aus Kostengründen – für die Entwicklung von Pharmaka immer wichtiger, gemeinsame molekulare Targets, die in mehreren Tumorentitäten eine Schlüsselrolle spielen, zu identifizieren. Gao et al. analysierten die Genexpressions-Datensets aus Microarrays von 14 verschiedenen Tumorentitäten, darunter 65 Tumorsamples von kleinzelligen Lungenkarzinomen und 120 von nicht-rauchenden Patientinnen mit NSCLC [7].

Durch ein neues „Machine Learning“-Verfahren war es möglich, durch die Vorhersage quer durch verschiedene Tumorentitäten 3 Gene (DUSP1, TRPC1, IDH2) zu identifizieren, die eine Schlüsselrolle in der Pathogenese und Progression des kleinzelligen Lungenkarzinoms, des duktaalen Mamma- und Endometriumkarzinoms spielen könnten. In der Zukunft werden weitere Datensets integriert werden können, wie u. a. RNA-seq. und Proteomik. Diese werden die organspezifischen medikamentösen Therapieverfahren erheblich modifizieren.

Eine wichtige Voraussetzung für eine mögliche Implementierung eines Low-Dose-CT Screening Programms für Menschen mit einem hohen Risiko für Lungenkrebs ist die Reduktion der hohen Zahl falsch-positiver Lungenrundherde. Hier wird eine praktisch sehr relevante Einsatzmöglichkeit von „Machine Learning“ liegen, automatisierte Entscheidungen in der Beurteilung eines pulmonalen Rundherds hinsichtlich Malignitätsverdacht zu treffen.

Patienten mit fortgeschrittenem Lungenkarzinom leiden unter einer hohen Symptomlast. Es wurde deshalb bereits vielfach untersucht, ob durch digitale Hilfsmittel die unbefriedigende Situation verbessert werden könnte. So war beispielsweise das Ziel der Untersuchung von Yount et al. [8], mit einem möglichst einfachen computergestützten System eine bessere Symptomkontrolle zu erreichen. 253 Patienten mit Lungenkrebs wurden multizentrisch prospektiv randomisiert über Telemonitoring kontaktiert und berichteten ihre Symptome über ein „Interactive Voice Response“-System. Das Resultat war negativ: Nach 12 Wochen gab es hinsichtlich Symptomkontrolle und Lebensqualität keinen Unterschied, unabhängig davon, ob das Behandlungsteam regelmäßig über die Symptome informiert wurde oder nicht.

Hier zeigt sich aber auch, wie weit die verschiedenen Welten auseinanderliegen: einerseits die Möglichkeit, extrem komplexe Fragen der Diagnostik, aber auch Therapieentscheidungen bei Lungenkrebs mithilfe der Verarbeitung großer Datenmengen anzugehen. Andererseits die Versorgungsrealität von Lungenkrebspatienten, in der weder die in Leitlinien geforderte molekulare Diagnostik, oder selbst die adäquate supportive und palliative Therapie überall in gleicher Weise angeboten wird.

Klinische Relevanz

„Big Data“ könnte zukünftig zu einer Veränderung der Lungenkrebsdiagnostik führen. Mittels neuer Analyse-möglichkeiten können immer genauere prädiktive Aussagen zu Tumor, Prognose oder Auswahl der angemessensten Therapieverfahren gemacht werden. Die Implementierung eines Low-Dose-CT-Screening-Programms für Menschen mit einem hohen Risiko wird eine praktisch sehr relevante Einsatzmöglichkeit automatisierter Diagnose-Systeme sein.

Pneumologische Rehabilitation

Im Bereich der pneumologischen Rehabilitation hat die Digitalisierung bereits teilweise Einzug gehalten und im Folgenden sollen einige der wissenschaftlich belegten Neuerungen in diesem Bereich vorgestellt werden. Mittels Apps werden beispielsweise Bewegungssteigerungsprogramme für COPD Patienten präsentiert, die als einfach beschrieben werden und in den Alltag der Patienten integrierbar sind [9].

In einer großen Multicenter-Studie konnte gezeigt werden, dass zur Erhaltung der „Physical Activity“ ein Telecoaching-programm unter Zuhilfenahme eines Aktivitätstrackers und eines Booklets sinnvoll eingesetzt werden kann. Bei 300 Teilnehmern zeigte sich im dreimonatigen Beobachtungszeitraum gegenüber der Kontrollgruppe eine signifikante Steigerung der täglichen Gehzeit (+ 7 Minuten vs. – 10 Minuten Gehzeit/Tag) und der zurückgelegten Schritte pro Tag (+ 870 vs. – 678 Schritte/Tag) [10].

Auch Smart-Watches werden mittlerweile eingesetzt, um Patienten hinsichtlich Bewegung zu motivieren. So werden Patienten mithilfe von Signalen an Bewegung erinnert mit dem Ziel, selbige zu steigern. In einer Übersichtsarbeit von Martinez-Garcia wurden randomisierte und nicht-randomisierte kontrollierte klinische Studien herausgesucht, in denen der Einfluss einer Smartphone-Unterstützung auf Aktivität und Trainingstherapie bei Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) untersucht wurde [11]. Insgesamt konnten für diese Übersichtsarbeit 8 Artikel identifiziert werden. Die Ergebnisse hinsichtlich der Effektivität von Smartphone-unterstützter Steigerung der Aktivitätslevel über Schritte pro Tag sind in dieser Zusammenschau sehr limitiert und unterschiedlich zu interpretieren gewesen.

Mobilbasierte Trainingsprogramme zeigten aber durchaus eine Steigerung der Kapazität, z. B. im Incremental Shuttle-Walk-Test mit 18,3 bzw. 21 % in den lang- bzw. kurzfristigen Untersuchungszeiträumen. In der Zusammenschau werden hier konkret weitere Arbeiten eingefordert, die die Effektivität der Smartphone-unterstützten Steigerung der Aktivität über den Tag beschreiben. Gerade die individuelle Problemlösung der Smartphone-Apps dürfte einen wesentlichen Unterschied ausmachen.

Klinische Relevanz

Digitale Unterstützungssysteme (z. B. Apps) können in der pneumologischen Rehabilitation zur Bewegungs- und Motivationssteigerung oder auch zur Trainingsunterstützung eingesetzt werden.

Schlafmedizin und außerklinische Beatmung

Als Goldstandard der klinisch relevanten obstruktiven Schlafapnoe (OSA) hat sich die Positiv-Druck-Therapie (CPAP) fest etabliert [12]. Die Therapie ist hinsichtlich der Beseitigung der Atmungsstörungen sehr wirksam (hohe Effizienz), wird jedoch in der Praxis in bis zu 50 % der Patienten nicht konsequent genutzt (niedrige Effektivität). Eine durchschnittliche Nutzung von mindestens 4 h pro Nacht wird empfohlen.

CPAP-Edukationsprogramme und eine intensive Begleitung – besonders bei Einleitung der Therapie – bewirken eine deutliche Verbesserung der Akzeptanz. Digitale Techniken ermöglichen eine Abfrage und gegenzebenenfalls auch Steuerung der CPAP-Geräte, somit können die tatsächlichen Nutzungszeiten zuverlässig erfasst werden.

Neben dem Telemonitoring wurden zunehmend digitale Techniken zur Edukation und Motivation der Patienten evaluiert. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist in verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen gut belegt [13, 14]. Insbesondere versprechen die digitalen Techniken eine Kostenreduktion der notwendigen intensiven Patientenbetreuung. Rechtliche Fragen bezüglich der Datenhoheit, Abrechnung der ärztlichen Leistung und der Zusammenarbeit zwischen den Homecare-Providern und den schlafmedizinischen Zentren müssen allerdings noch dringend geklärt werden.

Die außerklinische Beatmung bietet wie die Schlafmedizin aufgrund der zum Einsatz kommenden Beatmungsgeräte die Möglichkeit einer kontinuierlichen Aufzeichnung von verschiedensten Parametern. So können Parameter wie Atemfrequenz, Atemminutenvolumen, aber auch speziellere Beatmungsparameter wie z. B. prozentualer Anteil von getriggerten Atemzügen oder Maskenleckagen kontinuierlich aufgezeichnet und diesbezüglich auch analysiert werden.

Der Stellenwert des Telemonitorings wurde in einer von der Europäischen Gesellschaft für Pneumologie vor kurzem ins Leben gerufenen Expertenrunde analysiert [15]. Die aktuell geringe wissenschaftliche Evidenz, die Vielzahl aufzuzeichnender Parameter, sowie viele weitere Fragen wie z. B. Aspekte des Datenschutzes und der Datenrechte führten dazu, dass keine generelle Empfehlung über den Einsatz und den Umgang mit Telemonitoring bei außerklinisch beatmeten Patienten ausgesprochen werden konnte. Vielmehr wurde darauf hingewiesen, dass man sich zukünftig wissenschaftlich mit diesem Feld beschäftigen muss.

Erste wissenschaftliche Ansätze wurden bereits unternommen. So konnte eine kürzlich durchgeführte Studie zeigen, dass bei außerklinisch beatmeten COPD-Patienten vor einer akuten Exazerbation deren Atemfrequenz sowie der prozentuale Anteil an getriggerten Atemzügen signifikant angestiegen ist [16]. Diese Erkenntnisse könnten nützlich sein, um zukünftig Exazerbationen telemonitorisch bei außerklinisch beatmeten COPD-Patienten frühzeitig zu erfassen und zu behandeln.

Auch wenn die digitale Medizin im Bereich der außerklinischen Beatmung zunehmend Einzug halten wird, gibt es eine Vielzahl an Fragen, die dringend geklärt werden müssen, bevor sie sinnvoll eingesetzt werden kann. Unter anderem gilt es zeitnah zu klären, welche Parameter von klinischer Relevanz sind und wo die Grenzen bezüglich eines telemedizinischen Handelns liegen.

Ein weiterer Bereich in der Versorgung außerklinisch beatmeter Patienten, der von digitalen Lösungen profitieren könnte, stellt die Kontrolle und Einleitung der Beatmung dar; diese erfolgen in Deutschland aktuell immer noch im Rahmen eines kurzen stationären Aufenthaltes. Es wird jedoch bereits heute diskutiert, in welchem Maße diese stationäre Versorgung ambulant erfolgen könnte und sollte. Telemedizinische Aspekte könnten hier Lösungen bieten, um einen Teil der außerklinisch beatmeten Patienten im ambulanten Bereich oder gar zu Hause zu kontrollieren.

Klinische Relevanz

Aufgrund der Möglichkeit einer kontinuierlichen Aufzeichnung verschiedenster Parameter über das Beatmungsgerät stellt sowohl die Schlafmedizin als auch die außerklinische Beatmung einen Bereich innerhalb der Pneumologie dar, welcher digital sehr gut unterstützt werden kann. Die Früherkennung von Exazerbationen mittels digitaler Lösungen bei den häufig kritisch kranken Patienten könnte deren Prognose verbessern. Zusätzlich könnte die Überführung einer Kontrolle der Beatmungstherapie vom stationären Bereich in den ambulanten Sektor mittels digitaler Unterstützungssysteme vereinfacht werden.

Intensivmedizin

Aufgrund demografischer Entwicklungen werden die Anzahl und Komplexität von intensivpflichtigen Patienten zukünftig ansteigen. Die Beatmungs- und Intensivmedizin stellt einen wesentlichen Teil der Pneumologie dar mit häufig großer Expertise im Umgang mit schwerem Lungenversagen (ARDS) und extrakorporalen Ersatzverfahren.

Die moderne Intensivmedizin hat sich schnell entwickelt und es bedarf mittlerweile einer hohen Expertise zur Betreuung der immer kränkeren und komplexer werdenden Patienten. Die Anbindung kleinerer Krankenhäuser mit Intensivstationen an Krankenhäuser der Maximalversorgung mittels Telemedizin könnte die qualitative Versorgung komplexer intensivpflichtiger Patienten verbessern [17]. Der Arzt-Patienten-Kontakt wird hierdurch nicht reduziert.

Möglich macht dies heutzutage eine kontinuierliche Übertragung von Vitaldaten sowie die Möglichkeit von Televisiten per Videokonferenzen. Hier ist sowohl eine Kommunikation, ein audiovisueller Austausch, eine Besprechung der Vitaldaten und letztendlich auch eine Therapieempfehlung möglich [18]. Einige spezialisierte Zentren haben mittlerweile eine Infrastruktur geschaffen, die eine 24-stündige Bereitschaft von qualifiziertem fachärztlichem Personal zu telemedizinischen Zwecken im Intensivbereich zur Verfügung stellt.

Klinische Relevanz

Die telemedizinische Anbindung von Intensivstationen kleinerer Häuser an ein Haus der Maximalversorgung ist in einigen Regionen mittlerweile gelebter Alltag. Neben dem ärztlichen Austausch im Hinblick auf diagnostische und therapeutische Entscheidungen können Patienten mittlerweile durch hochauflösende Videokanäle aus der Ferne mitbeurteilt und visitiert werden.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Autorinnen/Autoren



Univ.-Prof. Dr. med. Michael Dreher

ist Direktor der Klinik für Pneumologie und Internistische Intensivmedizin (Medizinische Klinik V) der Universitätsklinik RWTH Aachen.



Prof. Dr. med. Berthold Jany

war Chefarzt an der Medizinischen Klinik mit Schwerpunkt Pneumologie & Beatmungsmedizin am Klinikum Würzburg Mitte gGmbH – Standort MissioKlinik.



Priv. Doz. Dr. Georg Nilius

Ist Direktor der Klinik für Lungenheilkunde, Kliniken Essen Mitte.



Holger Wöhrle

Holger Woehrle ist Pneumologe und Schlafmediziner am Lungenzentrum Ulm und im Schlaf- und Beatmungszentrum Blaubeuren.



Prof. Dr. med. Andreas Rembert Koczulla

Professur für Pneumologische Rehabilitation an der Philipps Universität Marburg. Lehrstuhl für pneumologische Rehabilitation, Chefarzt Fachzentrum für Pneumologie Schön Klinik Berchtesgadener Land Lehrkrankenhaus der Philipps Universität Marburg.

Korrespondenzadresse

Univ.-Prof. Dr. med. Michael Dreher

Direktor der Medizinischen Klinik V
Klinik für Pneumologie und Internistische Intensivmedizin
Universitätsklinikum Aachen
RWTH Aachen
Pauwelsstraße 30
52074 Aachen
mdreher@ukaachen.de

Literatur

- [1] Müller T, Müller A, Hübel C et al. Optimizing inhalation technique using web-based videos in obstructive lung diseases. *Respir Med* 2017; 129: 140–144
- [2] Blakey JD, Bender BG, Dima AL et al. Digital technologies and adherence in respiratory diseases: the road ahead. *Eur Respir J* 2018; 52: 1801147
- [3] McCabe C, McCann M, Brady AM. Computer and mobile technology interventions for self-management in chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2017. doi:10.1002/14651858.CD011425.pub2
- [4] Yang F, Wang Y, Yang C et al. Mobile health applications in self-management of patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis of their efficacy. *BMC Pulm Med* 2018. doi:org/10.1186/s12890-018-0671-z
- [5] Mehta N, Pandit A. Concurrence of big data analytics and healthcare: A systematic review. *Int J Medical Informatics* 2018; 114: 57–65
- [6] Xiao Y, Wu J, Lin Z et al. A deep learning-based multi-model ensemble method for cancer prediction. *Comput Methods Programs Biomed* 2018; 153: 1–9
- [7] Gao K, Wang D, Huang Y. Cross-cancer prediction: A novel machine learning approach to discover molecular targets for development of treatments for multiple cancers. *Cancer Informatics* 2018; 17: 1–8
- [8] Yount SE, Rothrock N, Bass M et al. A randomized trial of weekly symptom telemonitoring in advanced lung cancer. *J Pain Symptom Manage* 2014; 47: 973–989

- [9] Vorrink SN, Kort HS, Troosters T et al. A Mobile Phone App to Stimulate Daily Physical Activity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Development, Feasibility, and Pilot Studies. *JMIR Mhealth Uhealth* 2016; 4: e11
- [10] Demeyer H, Louvaris Z, Frei A et al. Physical activity is increased by a 12-week semiautomated telecoaching programme in patients with COPD: a multicentre randomised controlled trial. *Thorax* 2017; 72: 415–423
- [11] Martínez-García MDM, Ruiz-Cárdenas JD, Rabinovich RA. Effectiveness of Smartphone Devices in Promoting Physical Activity and Exercise in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review. *COPD* 2017; 14: 543–551
- [12] Mayer G et al. S3-Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen – Kapitel „Schlafbezogenen Atmungsstörungen“. *Somnologie* 2017; 20: S97–S180
- [13] Hwang D, Chang JW, Benjafield AV et al. Effect of telemedicine education and telemonitoring on continuous positive airway pressure adherence. The Tele-OSA randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2018; 97: 117–126
- [14] Turino C, de Batlle J, Woehrle H et al. Management of continuous positive airway pressure treatment compliance using telemonitoring in obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J* 2017; 8: 49
- [15] Ambrosino N, Vitacca M, Dreher M et al. Tele-monitoring of ventilator-dependent patients: a European Respiratory Society Statement. *Eur Respir J* 2016; 48: 648–663
- [16] Borel JC, Pelletier J, Taleux N et al. Parameters recorded by software of non-invasive ventilators predict COPD exacerbation: a proof-of-concept study. *Thorax* 2015; 70: 284–285
- [17] Vranas KC, Slatore CG, Kerlin MP. Telemedicine Coverage of Intensive Care Units: A narrative Review. *Ann Am Thorac Soc* 2018; 15: 1256–1264
- [18] Amkreutz J, Lenssen R, Marx G et al. Medication safety in a German telemedicine centre: Implementation of a telepharmaceutical expert consultation in addition to existing tele-intensive care unit services. *J Telemed Telecare* 2018; 25: 1357633X18799796