

Kardiologie 2021 · 15:153–159
<https://doi.org/10.1007/s12181-021-00466-9>
 Angenommen: 3. Februar 2021
 Online publiziert: 10. März 2021
 © Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature - all rights reserved 2021



Christoph Reich · Benjamin Meder

Klinik für Kardiologie, Angiologie und Pulmologie, Universitätsklinikum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Digital-Health-Highlights 2020

Digitalisierung im Jahr der Pandemie

Kein Sektor wird so nachhaltig durch Digitalisierung verändert werden wie das Gesundheitssystem. Gerade in der Kardiologie ergeben sich bereits heute durch die rasante Entwicklung neuer Methoden der Signalverarbeitung sowie durch die breite Verfügbarkeit von Smart Devices neue Möglichkeiten in der Patientenversorgung. Das Jahr 2020 war geprägt durch die Herausforderungen der COVID-19-Pandemie, die sehr schnelle und datenbasierte Entscheidungen im Gesundheitssystem erforderlich machten. Dies hat den Stellenwert insbesondere von Digital-Health-Konzepten weiter erhöht. Wir möchten auf einige der Entwicklungen der letzten Jahre in dieser Zusammenstellung zurückblicken.

Digital Health, was ist das?

Der weit gefasste Überbegriff „Digital Health“ umfasst den Begriff eHealth sowie neuartige Teilgebiete der Computerwissenschaften in den Bereichen Big Data, Genomik und künstlicher Intelligenz (KI). Auch soziale Netzwerke, Netzwerke wie das Internet of Things (IoT) oder mobile Health (mHealth), der Einsatz von mobilen Geräten zur Aufzeichnung, Überwachung und Speicherung spezifischer Gesundheitsparameter sind wichtige Bausteine von Digital Health (Abb. 1). In Tab. 1 werden die gebräuchlichen Terminologien nach WHO (Weltgesundheitsorganisation)-Definition aufgelistet [1]. Schätzungen zufolge übersteigt das weltweite Digital-Health-Marktvolumen bis zum Jahr 2025 die Summe von 900 Mrd. € [2]. eHealth adressiert insbesondere die Datenüber-

tragung, -speicherung und -abfrage von Gesundheitsdaten sowie das Ermöglichen eines sicheren Austauschs von Gesundheitsinformationen zwischen den professionellen Akteuren, den Patienten sowie von medizinischen Sensoren mit IT-Systemen. Ermöglicht wurde der digitale Boom durch die rasanten Entwicklungen im Hardwarebereich mit Zunahme der Leistungsfähigkeit, einer fortschreitenden Miniaturisierung von Mikroprozessoren, innovativen Sensortechnologien sowie weit verbreiteten mobilen Endgeräten. Neben den rasanten technologischen Innovationen findet auch ein kultureller Wandel statt [3]. Patienten nutzen zunehmend digitale Technologien, um eigenständigere Entscheidungen in Bezug auf ihre Gesundheit treffen zu können. Gesundheitsbezogene Daten werden somit nun auch vermehrt außerhalb der traditionellen Gesundheitssektoren aufgezeichnet, bewertet und aufbewahrt. Das ist auch gewollt, damit der e-Patient aktiv Verantwortung über seine Gesundheitsdaten übernehmen kann und durch die Digitalisierung eine Möglichkeit zur besseren Beteiligung an der Steuerung seiner Gesundheit bekommt. Ärzte nehmen die Rolle des aktiven Patientenbegleiters ein und beraten Patienten als professionelle Guides über einen vertrauenswürdigen Einsatz von digitalen Medien.

Digital Health geht von einem einfachen Zugang zu fortgeschrittenen Technologien, wie z. B. Aufzeichnen eines EKGs (Elektrokardiogramm) mittels Wearables bis hin zur Ganz-Genomsequenz aus. Natürlich birgt dieser einfache Zugang zu smarten Daten auch Einschränkungen und Risiken, die insbesondere die persönliche Privatsphäre

betreffen. Konzepte zur Sicherung der Datenintegrität und zur Einbeziehung rechtlicher und ethischer Grundsätze werden benötigt, um die potenziellen Risiken der Digitalisierung zu vermeiden. Die European Health Data Space (EHDS)-Initiative ist z. B. eine prioritäre Strategie der Europäischen Kommission und zielt darauf ab, das

Abkürzungen

ACC	American College of Cardiology
AHA	American Heart Association
CNN	Convolutional Neural Network
CORD-19	COVID-19 Open Research Dataset
CT	Computertomographie
DGK	Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V.
DL	Deep Learning
EHDS	European Health Data Space
EKG	Elektrokardiogramm
ePA	Elektronische Patientenakte
ESC	European Society of Cardiology
FDA	Food and Drug Administration
GIS	Geographic Information Systems
IoT	Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
LVEF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
mHealth	Mobile Health
ML	Machine Learning
MRT	Magnetresonanztomographie
SARS-CoV-2	Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2

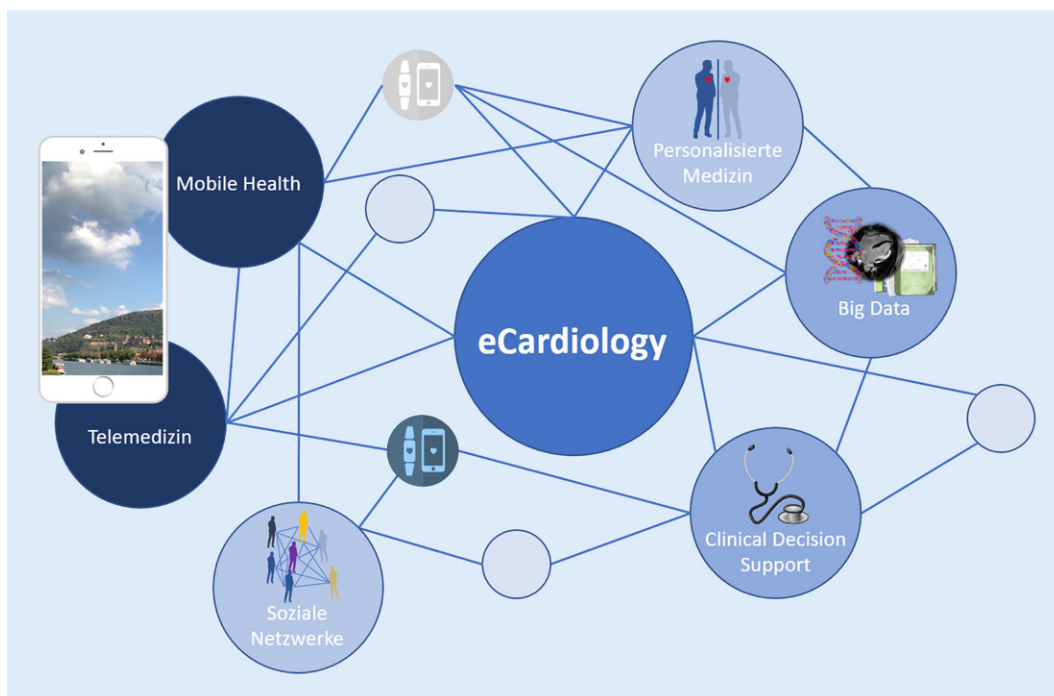


Abb. 1 ▲ Verschiedene Domänen von Digital Medicine in unserem Gesundheitswesen, in Ausbildung und Forschung. Telemedizin beinhaltet eine umfassende Outpatient-patientenzentrierte Krankenversorgung mit Remote-Monitoring und Telekonsultationen. Mobile Health beinhaltet mobile Devices inklusive der dazugehörigen Apps, die den Patienten Gesundheitsinformationen liefern, verschiedenste physiologische Parameter erheben und den Patienten ins Zentrum der Versorgung stellen. Personalisierte Medizin kann durch die Anwendung von verschiedenen Domänen (Big Data, Genomik, künstliche Intelligenz [KI]) erreicht werden und beschreibt den Weg von populationsbasierter Medizin hin zu Konzepten wie Patient-like-me. Big Data ist definiert durch die Integration und Analyse riesiger meist heterogener Daten. Techniken der KI können bei der Datenprozessierung helfen; Clinical Decision Support (CDS) ermöglicht eine Integration aller wichtigen Informationen für klinische und leitliniengerechte Entscheidungen. CDS gewinnt aufgrund der zunehmenden Datenakkumulierung deutlich an Bedeutung

Potenzial von Digital Medicine auszuschöpfen und gleichzeitig die damit verbundenen Risiken und Ungleichheiten zu minimieren [4].

Warum brauchen wir Digital Health und eCardiology?

Die Digitalisierung erfasst nahezu alle Bereiche unseres Lebens. Dieser Prozess wurde durch die weitreichenden Maßnahmen während der COVID-Pandemie 2020 deutlich beschleunigt.

Virtuelle Meetings und Kongresse ermöglichten sehr schnell einen breiten klinischen und wissenschaftlichen Austausch und mussten zwangsläufig die konventionelle Wissensweitergabe ergänzen bzw. teilweise komplett ersetzen. Die Etablierung des DGK (Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V.)-Online-Formats bot seit Mai 2020 ein breites Fortbildungsangebot für die Kardio-

logen in Deutschland, das durch On-demand-Angebote auch jederzeit abrufbar ist. Hierdurch entstand sehr schnell eine „Wissensbibliothek“ mit medialer Aufbereitung, etwas, was zuvor nur sehr mühsam von einzelnen Akteuren vorangebracht werden konnte. Die virtuellen Kongressformate wie z. B. bei ACC (American College of Cardiology) 2020, ESC (Europäischen Gesellschaft für Kardiologie) 2020 oder AHA (American Heart Association) 2020 ermöglichten einen nie dagewesenen globalen wissenschaftlichen Austausch. So nahmen allein am ESC 2020 mehr als 116.000 Teilnehmer aus 211 Ländern teil. In Großbritannien erreichte die Online-Konferenz-Plattform Zoom im November 2020 einen Höchststand von rund 1,7 Mio. täglich aktiven Usern [5]. Auch 2021 wird eine rein digitale Veranstaltung der ESC geplant. Auch wenn diese virtuellen Erfahrungen keinen vollständigen Ersatz für unseren Wissensaustausch darstellen

– genauso wenig wie Bücher –, ist eine breite Etablierung von Online/Hybrid-Veranstaltungen in Zukunft gut vorstellbar. In dem abschließenden Talk während der Digital Health Week 2020 betonten Martin Cowie und Laura Corr die aktive Rolle, die wir als kardiologische Community, die stets am Puls der Zeit agiert, im Digitalisierungsprozess einnehmen müssen. Dies bestätigte auch Eric Topol, einer der Pioniere in der kardiologischen KI-Forschung, in seinem Interview und forderte mehr Mut zu groß angelegten Digitalisierungsinitiativen, die von entsprechenden Studien zu begleiten seien [6].

Die Notwendigkeit einer konkreten Auseinandersetzung mit der digitalen Medizin wird auch an der kürzlich aktualisierten 2. Auflage des Curriculums Kardiologie der DGK sichtbar [7]. Hierin wird deutlich, dass eine moderne medizinische Ausbildung den Umgang mit digitalen Medien erfordert und gerade

in Anbetracht der anhaltenden COVID-Pandemie der Kardiologie alle verfügbaren Mittel ausschöpfen muss – also auch die digitalen – um eine adäquate kardiovaskuläre Patientenversorgung sicherzustellen. Ebenso wird im Curriculum betont, dass eine digitale Recherchekompetenz notwendig ist, um der zunehmenden Datenakkumulierung die praxisrelevanten Inhalte rasch entnehmen zu können, diese jedoch gleichzeitig auch kritisch zu selektieren. Wichtig ist insbesondere auch ein Verständnis, wie technologische Innovationen funktionieren und welche Schwächen sie haben. Die Verwendung von Social Media hilft, aktuelle Studien und neuartige Technologien nachzuverfolgen und breit zu diskutieren, auch ohne Präsenzmeetings. Insbesondere das dynamische Medium Twitter® (Twitter, San Francisco, CA, USA) erfreut sich besonderer Popularität in der kardiologischen Community, da es sich hervorragend zur Kommunikation, Vernetzung und Weiterbildung eignet. Zur professionellen Nutzung von Social Media wurde erst kürzlich eine praktische Handlungsanleitung von den Kollegen Linz und Duncker veröffentlicht [8].

Fortschritte bei künstlicher Intelligenz

KI-Systeme helfen, Zusatzinformationen aus verschiedenen bereits etablierten Routinediagnostik-Tools wie EKG, Echokardiographie, Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT), Herzkatheter, Biomarker und genetischen Informationen zu extrahieren [9]. Der zunehmende Wert digitaler Gesundheitsdaten ergibt sich maßgeblich aus der erhöhten Verfügbarkeit und dem erhöhten Datenvolumen. Strukturierte Daten entstehen mit innovativen Technologien aus den Bereichen Data Mining und Analytics, Natural Language Processing, Bildverarbeitung, Machine Learning (ML) und Deep Learning (DL). So konnten in den letzten 10 Jahren v. a. bedeutende Erfolge in Sprachverarbeitung, Objekt-/Mustererkennung sowie Bioinformatik zum Erfolg von KI beitragen. Wir möchten im Folgenden einige Forschungsergebnisse aus dem

Kardiologie 2021 · 15:153–159 <https://doi.org/10.1007/s12181-021-00466-9>
© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature - all rights reserved 2021

C. Reich · B. Meder

Digital-Health-Highlights 2020. Digitalisierung im Jahr der Pandemie

Zusammenfassung

Neue digitale Technologien bieten großes Potenzial, die Gesundheitsversorgung in den kommenden Jahrzehnten grundlegend zu verändern. Die „Digital Health“ umfasst dabei nahezu alle Bereiche im Gesundheitssystem und nimmt – nicht nur wegen der aktuellen COVID-19-Pandemie – erheblich an Bedeutung zu. In Zukunft sollen nicht nur bekannte Prozesse digitalisiert werden, sondern neue digitale Maßnahmen eine Beteiligung des Patienten gezielt fördern und ihn aktiv in Diagnose- sowie Behandlungsprozess einbinden. Der „e-Patient“ erhält damit in Zukunft durch Smart Devices und Direct-to-Consumer-Technologien einen erleichterten Zugang zu seinen eigenen Gesundheitsdaten, die bisher in Datensilos aufbewahrt und nur

eingeschränkt an ihn weitergegeben werden. Fortschritte in der Sensortechnologie und bei sog. Wearables ermöglichen nicht nur ein kontinuierliches Monitoring und einen Beitrag zu diesen patientenzentrierten Gesundheitsdaten, sondern ermöglichen neue Diagnoseverfahren und Therapien außerhalb des Krankenhauses. Die Digitalisierung liefert also zahlreiche Ansätze für eine effizientere und kostengünstigere Krankenversorgung und Prävention.

Schlüsselwörter

eCardiology · Künstliche Intelligenz · Wearables · Personalisierte Medizin · COVID-19

Digital health highlights 2020. Digitalization in the year of the pandemic

Abstract

New digital technologies offer great potential to fundamentally transform the way of delivering healthcare in the coming decades. Digital health encompasses nearly all areas in the healthcare system and is becoming increasingly more important, not only due to the current COVID-19 pandemic. In the future not only known processes should be digitalized but also new digital measures should aim at promoting a participation of the patient and actively incorporating the patient into the diagnosis and treatment processes. In the future smart devices and direct to consumer technologies give the “e-patients” easier access to their own health data, which

have previously only been stored in data silos and were only communicated in a restricted manner. Advances in sensor technology and so-called wearables enable not only continuous monitoring and a contribution to these patient-centered healthcare data but also enable new diagnostic procedures and treatment outside the hospital. Hence, digitalization provides many approaches for an efficient and economical healthcare and prevention.

Keywords

eCardiology · Artificial intelligence · Wearables · Personalized medicine · COVID-19

Jahr 2020 vorstellen, durch die sich das hohe transformative Potenzial in der kardiovaskulären Medizin gut abschätzen lässt.

Bemerkenswert ist die Fähigkeit von KI in der Klassifikation und Interpretation von Bilddaten. KI verspricht, zeitaufwendige, repetitive Aufgaben im klinischen Alltag zu automatisieren, die untersucherabhängige Variabilität zu reduzieren und Phänotypen vorherzusagen, die für das menschliche

Auge eine Herausforderung darstellen oder erst gar nicht ersichtlich sind. Im März 2020 veröffentlichten Ouyang et al. in *Nature* einen auf über 10.000 echokardiographischen Videosequenzen basierten 3-D-DL-Algorithmus (EchoNet-Dynamic) [9]. Ziel war es, die linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LVEF) abzuschätzen und Patienten mit Herzinsuffizienz mit einer ähnlichen Genauigkeit wie erfahrene Kardiologen zu klassifizieren. Der Algorithmus

Tab. 1 Digital-Health-Begriffe nach WHO(Weltgesundheitsorganisation)-Definition [1]

Begriff	WHO-Definition
Digital Health	Überbegriff, umfasst den Begriff eHealth sowie neuartige Teilgebiete der Computerwissenschaften in den Bereichen Big Data und künstlicher Intelligenz
eHealth	Unterbegriff von Digital Health: Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie im Gesundheitswesen
mHealth	Unterbegriff von eHealth: Einsatz mobiler Technologien für die Gesundheit
Telehealth	Einsatz von Telekommunikation und virtueller Technologie in der Patientenversorgung

wurde an einem unabhängigen Datensatz validiert, und die Ergebnisse waren besser reproduzierbar als die von menschlichen Experten. EchoNet-Dynamic stellt das erste videobasierte echokardiographische Deep-Learning-Modell dar, das einer fundierten Evaluation unterzogen wurde. Mit einem mittleren absoluten Fehler von 4,1% hinsichtlich der Abschätzung der LVEF übertraf es andere DL-Ansätze deutlich. Hervorzuheben ist auch, dass der große Datensatz mit insgesamt 10.030 annotierten Echokardiogrammsequenzen öffentlich geteilt wurde, um weitere innovative Projekte zu fördern. Auch die fast zeitgleiche Publikation zur DL-basierten Echointerpretation brachte erstaunliche Ergebnisse [10]. Die Autoren trainierten ein Convolutional Neural Network (CNN) mit einem Datensatz von mehr als 2,6 Mio. echokardiographischen Aufnahmen und zeigten, dass mithilfe von DL die Herzfunktion abgeschätzt, Herzstrukturen identifiziert und Phänotypen wie Alter, Geschlecht, Gewicht und Größe vorhergesagt werden können. Diese Fähigkeit, subtile Informationen zu erkennen, war bereits bei einer frühen Arbeit zur KI-gestützten Bewertung der Retina aufgefallen [11] – KI ermöglicht uns Menschen, „versteckte“ Informationen aus Routinediagnostikdaten zu entnehmen. So versuchten Zachy Attia und Team kürzlich auf Basis eines für das menschliche Auge scheinbar normalen 12-Kanal-Sinusrhythmus-EKGs mithilfe eines trainierten neuronalen Netzwerks zu erkennen, ob der Patient an intermittierendem Vorhofflimmern leidet [12]. Dazu verwendeten sie Daten von rund 180.000 Patienten und 650.000 Sinusrhythmus-EKGs. Diskutiert wurde, dass KI bei Patienten mit paroxysmalem Vorhofflimmern im Sinusrhythmus-

EKG elektrophysiologische Veränderungen auf Vorhofebene erkennt, die ein Mensch als nicht aussagekräftig bezeichnen würde. In einer weiteren Arbeit nutzten Attia und sein Team neuronale Netze in der EKG-Analyse, um Patienten mit asymptomatischer linksventrikulärer Dysfunktion zu erkennen [13]. Obwohl das Potenzial riesig erscheint, fehlen Angaben zur Robustheit und Generalisierbarkeit durch groß angelegte, prospektive und multizentrische Studien. Bei der virtuellen AHA-Tagung im November 2020 wurden die Ergebnisse der Cluster-randomisierten EAGLE(AI-ECG Guided Screening for Low Ejection Fraction)-Studie präsentiert, die den letzteren Algorithmus von Attia et al. evaluierte [14]. So konnten pro 1000 gescreenten Patienten 5 mit reduzierter Ejektionsfraktion diagnostiziert werden, die ohne Algorithmus nicht erkannt worden wären. Erfahrungen, die wir aus derartigen Studien gewinnen, können den Weg für die Implementierung vieler weiterer KI-Algorithmen ebnen.

» KI ermöglicht „versteckte“ Informationen aus Routinediagnostikdaten zu entnehmen

ML-basierte Monitoringsysteme werden auch zur Steuerung des klinischen Managements eingesetzt, um z. B. bei Patienten mit Herzinsuffizienz frühzeitig eine weitere kardiale Dekompensation zu erkennen und entsprechend zu therapieren. Die multizentrische LINK-HF(Multisensor Non-invasive Remote Monitoring for Prediction of Heart Failure Exacerbation)-Studie versuchte das Risiko von Rehospitalisierungen aufgrund einer Herzinsuffizienz bei 100 Patienten vorherzusagen [15]. Ein

cloudbasierter ML-Algorithmus analysierte mehrere physiologische Parameter (EKG, Herzfrequenz, Atemfrequenz, Körpertemperatur, Aktivitätslevel, Körperposition), die mit dem HealthPatch® (VitalConnect, San Jose, CA, USA) erhoben wurden – einem Multisensor-Patch, der auf den Brustkorb geklebt wird. Dieses System prognostizierte das Risiko einer bevorstehenden Herzinsuffizienz-hospitalisation mit einer Sensitivität von bis zu 88% und einer Spezifität von 85%, ähnlich wie bei implantierten Geräten, die den pulmonalarteriellen Druck monitorieren. Eine prospektive Folgestudie läuft.

Im Jahr 2016 besiegte Google's DeepMind den besten menschlichen Spieler im wohl komplexesten Strategiespiel „Go“. Ende November 2020 berichtete das Unternehmen DeepMind (DeepMind, London, UK), welche den AlphaGo-Algorithmus entwickelt hatten, mit AlphaFold2 die Faltung von Proteinen auf Basis der Aminosäuresequenz präzise vorhersagen zu können [16]. Nachdem Aminosäuren am Ribosom zusammengefügt werden, kommt es zu einer spezifischen Proteinfaltung (Sekundärstruktur). Für diese Erkenntnis erhielt der amerikanische Biochemiker Christian Anfinsen 1972 den Nobelpreis für Chemie. Während AlphaFold 2018 strukturelle und genetische Daten für ihre DL-Modelle verwendeten, verarbeitet die Weiterentwicklung nun auch Information über die physikalischen und geometrischen Eigenschaften zur Proteinfaltung [17]. Mit AlphaFold konnten bereits Anfang des Jahres einige Proteinstrukturen des SARS-CoV-2 („severe acute respiratory syndrome coronavirus 2“) auf Basis der genetischen Sequenz vorhergesagt werden. Auch das Institute for Protein Design der University of Washington verwendet Computermodelle zur Vorhersage von Proteinstrukturen. Ein Modell des SARS-CoV-2-Spike-Proteins, das an humane Zellen andockt und diese infiziert, zeigte eine sehr hohe Ähnlichkeit zu der erst später publizierten Kryoelektronenmikroskopiestruktur, die von Wrapp et al. in *Science* publiziert wurde [18, 19]. Eine weitere grundlagenwissenschaftliche Forschungsarbeit erschien im Dezem-

ber 2020 in *Science*: Dem Team um Christina Theodoris gelang es, mittels ML ein Small Molecule (XCT790) zu identifizieren, das im anschließenden Mausmodell erfolgreich Aortenklappenkrankungen verhindern konnte [20]. Als Mechanismus wurde die Korrektur des dysregulierten Genetzwerks postuliert. Diese Herangehensweise zeigt das synergistische Potenzial von ML in der translationalen Entwicklung von neuen Wirkstoffen.

ML-Algorithmen zeigen bereits vielversprechende Ergebnisse. Rigoros validiert, könnten ML-Algorithmen, in klinische Abläufe integriert, eine enorme Hilfe darstellen. Um regelmäßig über ausgewählte, aktuelle Arbeiten bezüglich KI in der Kardiologie informiert zu werden, ist der wöchentliche Newsletter „Doctor Penguin“, unter anderem auch mit Eric Topol, empfehlenswert [21].

Entwicklung bei Mobile Devices und Apps

Während viele digitale Konzepte schon jetzt einen großen Einfluss auf unser medizinisches Handeln haben, sind insbesondere die Bereiche Telemedizin, Gesundheits-Apps auf Smartphones und Wearables hervorzuheben [22]. In den verschiedenen App-Stores finden sich mehr als 300.000 Apps aus dem Bereich Gesundheitswesen, wobei täglich etwa 200 neu entwickelt werden [23]. Das Smartphone ist wohl das Schlüsselwerkzeug, das mHealth überhaupt erst ermöglicht. In Anbetracht der massiven Datenmengen, die u. a. durch Apps und Wearables generiert werden, erlangen auch hier KI-Tools einen zentralen Stellenwert in Datenstrukturierung sowie -analyse.

» Das Smartphone ist das Schlüsselwerkzeug, das mHealth ermöglicht

Es ist ein erklärtes Digital-Health-Ziel, Patienten einen besseren Zugang zu ihren Gesundheitsdaten zu ermöglichen und ihnen so eine einfachere Interaktion mit den verschiedenen Sektoren des Gesundheitswesens zu ermöglichen. Mit

der Verwendung von modernen Apps und Devices bestätigen e-Patienten ihre Forderung, aktiv am Diagnose- und Behandlungsprozess teilzunehmen. Damit mHealth akzeptiert und optimal genutzt werden kann, müssen Daten – einschließlich der von Apps und Wearables generierten – übersichtlich angezeigt, in die elektronische Patientenakte importiert und sicher zwischen den einzelnen Sektoren geteilt werden können [24]. Estlands fortschrittliche Rolle im Digital-Health-Zeitalter zeigt sich z. B. durch eine landesweite elektronische Patientenakte, mit der sowohl Patienten als auch Rettungsdienste remote auf komplette Gesundheitsdaten zugreifen können [25]. Die elektronische Patientenakte (ePA) wird nun seit 01.01.2021 in einer Einführungsphase in Deutschland getestet. Ab Juli 2021 ist eine flächendeckende Vernetzung geplant, wobei alle vertragsärztlich tätigen Leistungserbringer gesetzmäßig verpflichtet sind, sich an die ePA anzubinden. Die ePA bietet dem Patienten einen Überblick über seine Gesundheitsdaten und überlässt ihm die Entscheidung, mit wem diese geteilt werden sollen. Während die Nutzung für Patienten freiwillig ist, sind Ärzte angehalten, sich an die ePA anzubinden.

Die ESC entwickelt Apps sowohl für Mediziner, z. B. Pocket Guidelines oder Clinical-Decision-Tools, als auch für Patienten. Mit der MyAF-App können Patienten mit Vorhofflimmern Symptome und Quality-of-Life-Daten aufzeichnen, diese an medizinisches Fachpersonal weitergeben und so die Interaktion mit Ärzten weiter verbessern [26]. Telemedizinische Services (Remote Care), wie z. B. im Anfang April initiierten TeleCheck-AF-Projekt, können die Anzahl der persönlichen Arztbesuche reduzieren und Patienten aktiver in den Behandlungsprozess einbinden [27]. Die genannte Studie verwendet die cloudbasierte Health-App FibriCheck® (FibriCheck, Limburg, Lüttich, Belgien), für deren Anwendung ein Smartphone ausreichend ist. Smartphones und Wearables können in einen „Rhythmusdetektor“ mittels Kamera-Photoplethysmographie verwandelt werden. Dazu muss nur das LED-Blitzlicht aktiviert und der Finger auf die Kamera gelegt werden. Die

Analyse der Herzfrequenz und deren Regularität ermöglicht Apps, Hinweise für z. B. vorliegendes Vorhofflimmern zu erkennen. Seit der 4. Generation der AppleWatch® (Apple, Cupertino, CA, USA) ist ein 1-Kanal-EKG hard- und softwaretechnisch integriert. In einem Fallbericht im April 2020 zeigten die 1-Kanal-EKG-Aufzeichnungen der Uhr (aufgenommen aufgrund von Angina pectoris und Palpitationen) ausgeprägte Endstreckenveränderungen, die zum Zeitpunkt der Vorstellung in der Chest-Pain-Unit elektrokardiographisch nicht mehr nachgewiesen werden konnten [28]. Im Herzkatheterlabor konnten eine Hauptstammstenose sowie eine hochgradige Bifurkationsstenose (LAD/RD1 [Ramus interventricularis anterior/Ramus diagonalis 1]) festgestellt werden. Die Smart-Device-Besitzerin war 80 Jahre alt und hat damit eine akute Ischämie diagnostiziert, obwohl hierfür keine FDA (Food and Drug Administration)-Zulassung existiert. Dies veranschaulicht das Spannungsfeld: Es ist vieles möglich, auch wenn nicht alles als Medizinprodukt zertifiziert ist, andererseits müssen wir als Ärzte Sorge tragen, dass auch Digital-Health-Lösungen stringent auf Qualität und Zuverlässigkeit geprüft und eingesetzt werden.

Digitalisierung im Pandemie-jahr 2020

Die durch das SARS-CoV-2 ausgelöste COVID-19-Erkrankung veränderte mit dem weltweiten Ausbruch Anfang 2020 drastisch unseren Alltag. Aufgrund fehlender evidenzbasierter Behandlungsmöglichkeiten sowie fehlender Impfstoffe wurden weitreichende Maßnahmen beschlossen, um eine Verbreitung des SARS-CoV-2 zu verlangsamen, eine Überlastung der Krankenhausinfrastruktur zu vermeiden und Risikogruppen zu schützen. Wie noch nie zuvor werden seit Beginn der Pandemie Gesundheitsdaten gesammelt und weltweit geteilt [29]. Die Transformation des Gesundheitswesens zu einem digitalen Umfeld wurde durch die COVID-19-Pandemie also revolutionär beschleunigt. Viele Technologien wie telemedi-

zinische Betreuung, Smart Devices mit den zugehörigen Apps, Chatbots oder KI-unterstützte diagnostische Tools sind plötzlich weit verbreitet und nicht nur für Mediziner, sondern auch für die breite Öffentlichkeit interessant geworden. Chatbots z. B. entpuppten sich als ein nützliches Tool bei der hohen Nachfrage nach möglichen krankheitsassoziierten Symptomen, einer notwendigen Behandlung oder auch bei der Terminplanung [30].

Die Versorgung von Herzpatienten in der COVID-19-Pandemie stellt uns vor bislang unbekannte Herausforderungen. Fortschritte in der Sensortechnologie und bei Wearables ermöglichen nicht nur ein kontinuierliches Monitoring, sondern auch Untersuchungen, Therapien und Behandlungen außerhalb der Praxis oder des Krankenhauses. So konnte die vorhin erwähnte TeleCheck-AF-Studie erfolgreich eine Patientenversorgung sichern trotz weitgehender Ausgangsbeschränkungen und reduzierter Kapazitäten im Krankenhaus. Eine kürzlich publizierte Arbeit umfasste Online-Tools zur Risikosebstschätzung sowohl für Personal im Gesundheitswesen als auch für die breite Bevölkerung, eine Verknüpfung von Online-Screenings mit SARS-CoV-2-Teststrategien und Contact Tracing (basierend auf der elektronischen Patientenakte), ein standardisiertes Management mit Clinical-Decision-Support und einen Ausbau der telemedizinischen Angebote [31]. Dieses umfangreiche und hochskalierbare Gesamtkonzept konnte in diesem großen Ausmaß nur durch das bereits seit 1997 bestehende elektronische Patientenaktensystem in Alberta implementiert werden. Die Autoren betonen daher die Vorteile eines hochdigitalisierten Gesundheitssystems, ohne dass es zu dokumentierten Patientenschäden durch z. B. Datenschutzprobleme kommen würde.

Vielversprechend sind auch diverse KI-Tools in der Erkennung von Infektionsclustern oder für das Screening und die Diagnose von COVID-19. KI vermag Informationen aus großen Datenmengen zu extrahieren und kann so z. B. helfen, Menschen mit erhöhtem Risiko für eine schwere Erkrankung zu identifizie-

ren. Es gibt auf Kaggle mit dem COVID-19 Open Research Dataset (CORD-19) eine Datenressource von über 200.000 wissenschaftlichen Artikeln mit mehr als 100.000 Volltexten zu SARS-CoV-2 und verwandten Coronaviren, womit CORD-19 die umfangreichste Ressource für Data Mining geworden ist [32]. Ziel der Kaggle Challenge ist, der globalen KI-Community die Möglichkeit zu geben, Lösungen für die Bekämpfung des Virus zu finden. Ein KI-Algorithmus des kanadischen Start-up-Unternehmens BlueDot konnte so anhand von regionalen Nachrichten, staatlichen Gesundheitswarnungen, Meldungen über Tier- und Pflanzenkrankheiten, entsprechender Foren und Blogs sowie mittels Zugriff auf internationale Flugdatenbanken früher als die US Centers for Disease Control and Prevention vor dem Ausbruch der neuen Erkrankung warnen [33]. Ebenso war der Algorithmus in der Lage, weitere Städte mit der höchsten Ausbruchswahrscheinlichkeit vorherzusagen.

Geographic Information Systems (GIS)-Technologie entwickelte sich zu einem wichtigen und weitverbreiteten Instrument. Die COVID-19-Map der Johns Hopkins University visualisiert weltweit Coronavirus-Infektionen sowie Todesfälle. Mithilfe von KI, ML und GIS können eine bessere Lokalisierung sowie Visualisierung der Ausbreitung von COVID-19 in Echtzeit erreicht werden. Dashboards, wie sie z. B. auch vom Robert Koch-Institut angeboten werden, sind zu einer wichtigen Anwendung geworden, um das Infektionsgeschehen visuell überwachen zu können. Die Interpretation dieser Heatmaps erlaubt die Durchführung von zeitnahen Präventionsmaßnahmen [35].

Ausblick

Wir müssen als Kardiologen aktiv am Prozess der digitalen Transformation teilnehmen. Eine vielversprechende Zukunft benötigt zur Verwirklichung ein großes Engagement. Das Jahr 2020 hat deutlich gezeigt, welchen Einfluss Digitalisierung haben kann. Ärzte müssen eine wichtige Rolle als professionelle „Guides“ für diese Entwicklungen und die heutigen und zukünftigen e-Patienten einnehmen, in-

dem sie Digitalisierung verstehen, mit begleiten und bewerten. Klinische Systeme erfordern eine strenge Kontrolle und genaue Vorgaben. Transparenz und Leistungsfähigkeit werden daher maßgeblich das Vertrauen der Mediziner in KI-Anwendung beeinflussen. Die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie hat sich dieser großen Verantwortung gestellt und Experten im Bereich Digital Health unter dem Schirm der DGK eCardiology versammelt. Diese Gruppe wird auch 2021 für die Belange von Ärzten und Patienten eintreten und Digitalisierung im Sinne der Menschen vorantreiben.

Fazit für die Praxis

- Innovationen im Bereich Digital Health zeigten 2020, wie wir unser Gesundheitssystem nachhaltig verändern können.
- Der e-Patient übernimmt aktiv Verantwortung und erhält besseren Zugriff sowie Kontrolle über seine eigenen Daten.
- Künstliche Intelligenz bietet als Instrument enorme Möglichkeiten, aus bereits etablierten Daten Zusatzinformationen zu generieren.
- Smart Devices und Apps sind in der Bevölkerung bereits weit verbreitet und liefern wertvolle Daten, welche die Patientenversorgung verbessern.
- Die Pandemie hat die Einführung vieler digitaler Gesundheitstechnologien beschleunigt und deren Nutzen eindrucksvoll belegt.
- Für die Anwendung, die prospektive Validierung als auch für die Interpretation neuartiger Algorithmen wird ein grundlegendes Verständnis benötigt.
- Wir können die positiven Entwicklungen der digitalen Medizin 2020 in die Zeit nach der Pandemie übertragen und konsequent weiterentwickeln.

Korrespondenzadresse



**Prof. Dr. med.
Benjamin Meder**

Klinik für Kardiologie,
Angiologie und Pulmologie,
Universitätsklinikum
Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 410,
69120 Heidelberg,
Deutschland
Benjamin.Meder@
med.uni-heidelberg.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. C. Reich gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht. B. Meder: SAB Board Fleischhacker GmbH, Wissenschaftssupport und Kooperation mit Apple Inc. (USA).

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- World Health Organization (2019) WHO guideline: recommendations on digital interventions for health system strengthening. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311941/9789241550505-eng.pdf?ua=1>. Zugegriffen: 13. Jan. 2021
- Statista (2020) Statistiken zu Digital Health. <https://de.statista.com/themen/3971/digital-health/>. Zugegriffen: 14. Jan. 2021
- Meskó B, Drobni Z, Bényei É, Gergely B, Györfy Z (2017) Digital health is a cultural transformation of traditional healthcare. *mHealth* 3:38–38
- the European health data space Digital health data and services. <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12663-A-European-Health-Data-Space>. Zugegriffen: 12. Jan. 2021
- Statista (2020) Zoom daily active users UK. <https://www.statista.com/statistics/1118860/zoom-daily-active-users-uk/>. Zugegriffen: 16. Jan. 2021
- (2020) Highlights of digital health week. <https://esc365.escardio.org/Congress/ESC-Digital-Health-Week/Highlights-of-Digital-Health-Week/228245-highlights-of-digital-health-week>. Zugegriffen: 3.3.2021
- Werdan K, Baldus S, Bauersachs J, Baumgartner H, Bongarth CM, Buerke M et al (2020) Curriculum Kardiologie. *Kardiologie* 14(6):505–536
- Linz D, Duncker D (2020) Twitter in der Kardiologie. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 31(4):388–393
- Ouyang D, He B, Ghorbani A, Yuan N, Ebinger J, Langlotz CP et al (2020) Video-based AI for beat-to-beat assessment of cardiac function. *Nature* 580(7802):252–256
- Ghorbani A, Ouyang D, Abid A, He B, Chen JH, Harrington RA et al (2020) Deep learning interpretation of echocardiograms. *Npj Digit Med* 3(1):1–10. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0216-8>
- Poplin R, v Varadarajan A, Blumer K, Liu Y, v McConnell M, Corrado GS et al (2019) Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning. *Nat Biomed Eng* 2(3):158–164 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31015713>)
- Attia ZI, Noseworthy PA, Lopez-Jimenez F, Asirvatham SJ, Deshmukh AJ, Gersh BJ et al (2019) An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction. *Lancet* 394(10201):861–867 (internal-pdf://228.60.152.105/Attia-An-artificial-intelligence-enabled-ECG.pdf LB-)
- Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, McKie PM, Ladewig DJ, Satam G et al (2019) Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram. *Nat Med* 25(1):70–74 (internal-pdf://136.35.168.48/Attia-2019-Screening-for-cardiac-contractile-d.pdf LB-)
- Noseworthy P, Yao X (2020) AHA 2020 Presentation Slides | AI-ECG Guided Screening for Low Eject ion Fract ion (EAGLE). <https://www.acc.org/education-and-meetings/image-and-slide-gallery/media-detail?id=57b6b36536d7407cbf1ed4f24e4ac2e1>. Zugegriffen: 14. Jan. 2021
- Stehlik J, Schmalfuss C, Bozkurt B, Nativi-Nicolau J, Wohlfahrt P, Wegerich S et al (2020) Continuous wearable monitoring analytics predict heart failure hospitalization: the LINK-HF multicenter study. *Circ Heart Fail* 13(3):e6513. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006513>
- (2020) 'It will change everything': DeepMind's AI makes gigantic leap in solving protein structures. *Nature*. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-03348-4>. Zugegriffen: 15. Jan. 2021
- Senior AW, Evans R, Jumper J, Kirkpatrick J, Sifre L, Green T et al (2020) Improved protein structure prediction using potentials from deep learning. *Nature* 577(7792):706–710. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1923-7>
- Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh CL, Abiona O et al (2020) Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science* 367(6483):1260–1263
- Institute for Protein Design—University of Washington (2020) Rosetta's role in fighting coronavirus. <https://www.ipd.uw.edu/2020/02/rosettas-role-in-fighting-coronavirus/>. Zugegriffen: 15. Jan. 2021
- v Theodoris C, Zhou P, Liu L, Zhang Y, Nishino T, Huang Y et al (2020) Network-based screen in iPSC-derived cells reveals therapeutic candidate for heart valve disease. *Science* 371:eabd724 (<http://science.sciencemag.org/content/early/2020/12/09/science.abd0724.abstract>)
- Doctor Penguin <http://doctorpenguin.com/>. Zugegriffen: 13. Jan. 2021
- NHS Health Education England (2019) Topol E. The Topol Review. <https://topol.hee.nhs.uk/wp-content/uploads/HEE-Topol-Review-2019.pdf>. Zugegriffen: Internet
- Aitken M, Clancy B, Nass D (2017) The growing value of digital health: Evidence and impact on human health and the healthcare system. Institute Report: IQVIA Institute for Human Data Science, S 1–76 (<https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports/the-growing-value-of-digital-health>)
- Singhal A, Cowie M (2020) What is e-health? e-journal of cardiology practice – volume 18. https://www.escardio.org/Journals/E-Journal-of-Cardiology-Practice/Volume-18/what-is-e-health?utm_medium=Email&utm_source=Councils&utm_campaign=Councils —E Journal—What is e-Health—10 June?escwitter. Zugegriffen: 13. Jan. 2021
- Lotman EM, Viigimaa M (2020) Digital health in cardiology: the Estonian perspective. *Cardiology* 145(1):21–26
- New Apps for Atrial Fibrillation. <https://www.escardio.org/Guidelines/Clinical-Practice-Guidelines/Guidelines-derivative-products/af-manager-and-my-af-apps>. Zugegriffen: 16. Jan. 2021
- Pluymaekers NAHA, Hermans ANL, van der Velden RMJ, Gawalko M, den Uijl DW, Buskes S et al (2020) Implementation of an on-demand app-based heart rate and rhythm monitoring infrastructure for the management of atrial fibrillation through teleconsultation: TeleCheck-AF. <https://doi.org/10.1093/europace/eaab201>
- Drexler M, Elsner C, Gabelmann V, Gori T, Münzel T (2020) Apple Watch detecting coronary ischaemia during chest pain episodes or an apple a day may keep myocardial infarction away. *Eur Heart J* 41(23):2224 (<http://10.0.4.69/eurheartj/ehaa290>)
- Lean European Open Survey on SARS-CoV-2 infected patients (LEOSS) Lean European open survey on SARS-coV-2 infected patients. <https://leoss.net/>. Zugegriffen: 16. Jan. 2021
- COVID-19: Chatbot entlastet Klinikmitarbeitende. <https://www.aerzteblatt.de/archiv/213881/COVID-19-Chatbot-entlastet-Klinikmitarbeitende>. Zugegriffen: 16. Jan. 2021
- Baumgart DC (2020) Digital advantage in the COVID-19 response: perspective from Canada's largest integrated digitalized healthcare system. *Npj Digit Med*. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00326-y>
- Kaggle COVID-19 Open Research Dataset Challenge (CORD-19). <https://www.kaggle.com/allen-institute-for-ai/CORD-19-research-challenge>. Zugegriffen: 16. Jan. 2021
- An AI epidemiologist sent the first warnings of the Coronavirus. <https://www.wired.com/story/ai-epidemiologist-wuhan-public-health-warnings/>. Zugegriffen: 16. Jan. 2021