

# *Künstliche Intelligenz in der Orthopädie und Unfallchirurgie*

## **AG Digitalisierung der DGOU**

### **Der Chirurg**

Zeitschrift für alle Gebiete der  
operativen Medizin

ISSN 0009-4722

Chirurg

DOI 10.1007/s00104-019-01091-9



**Your article is protected by copyright and all rights are held exclusively by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature. This e-offprint is for personal use only and shall not be self-archived in electronic repositories. If you wish to self-archive your article, please use the accepted manuscript version for posting on your own website. You may further deposit the accepted manuscript version in any repository, provided it is only made publicly available 12 months after official publication or later and provided acknowledgement is given to the original source of publication and a link is inserted to the published article on Springer's website. The link must be accompanied by the following text: "The final publication is available at [link.springer.com](http://link.springer.com)".**

Chirurg

<https://doi.org/10.1007/s00104-019-01091-9>

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

T. Tjardes<sup>1</sup> · R. A. Heller<sup>2</sup> · D. Pfförringer<sup>3</sup> · R. Lohmann<sup>4</sup> · David A. Back<sup>5</sup> ·  
AG Digitalisierung der DGOU<sup>1</sup> Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sporttraumatologie Köln-Merheim, Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Köln, Deutschland<sup>2</sup> Zentrum für Orthopädie, Unfallchirurgie und Paraplegiologie, Universitätsklinik Heidelberg, Heidelberg, Deutschland<sup>3</sup> Klinik für Unfallchirurgie, Klinikum Rechts der Isar, Technische Universität München, München, Deutschland<sup>4</sup> Lohmann & Birkner Software Solutions GmbH, Berlin, Deutschland<sup>5</sup> Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Septische und Rekonstruktive Chirurgie, Bundeswehrkrankenhaus Berlin, Berlin, Deutschland

## Künstliche Intelligenz in der Orthopädie und Unfallchirurgie

### Hintergrund

Künstliche Intelligenz (KI) in der Medizin ist eines der meist diskutierten Themen der Gegenwart. Häufig ist der Diskurs von ungerechtfertigten Heilserwartungen oder irrationalen Ängsten geprägt, was oft an einer Dysbalance zwischen dem Wissen über Methoden und Möglichkeiten von KI und deren aktueller Leistungsfähigkeit liegt. Die mathematischen Grundlagen wurden bereits in den 1940er-Jahren entwickelt [11], doch eine breitere Verwendung von KI in der Medizin wurde erst mit dem Zeitalter der Digitalisierung möglich. Die technischen Möglichkeiten, große Datenmengen mit geringem Kostenaufwand zu speichern und mit starken Rechenkapazitäten zu verarbeiten, bilden das Fundament der Implementierung von KI für eine medizinische Nutzung.

Künstliche Intelligenz beschreibt allgemein den Versuch, bestimmte menschliche Entscheidungsstrukturen nachzubilden. Hieraus ergibt sich eine facettenreiche Bandbreite an Ansätzen, von der Simulation intelligenten Verhaltens (schwache KI) bis hin zu einer umfassenden Simulation menschlichen Denkens (starke KI; [12]). In Ermangelung einer genauen Definition von „Intelligenz“ ist der Begriff KI dabei nicht eindeutig abgrenzbar.

Datenanalysemethoden, auch die der KI, können ausschließlich rechnerische

Zusammenhänge aufzeigen – und stellen damit Korrelationen, nicht Kausalitäten dar. Diese Tatsache ist von hoher Bedeutung, da dem Fragesteller die Verantwortung zukommt, Möglichkeiten und Grenzen der ausgewählten Methodik zur Beantwortung der gewählten Fragestellung zu beurteilen.

Dieser Artikel widmet sich der Frage, welche Bereiche in der Orthopädie und Unfallchirurgie (O und U) von Anwendungen an der Schnittstelle KI zu humaner Intelligenz profitieren können.

Bei einer aktuellen PubMed-Recherche zeigten sich zu dem Thema viele Einflüsse, aber auch eine geringe Zahl an Publikationen im Kontext von O und U (Abb. 1 und 2). O und U haben dabei neben der klinischen auch eine ausgeprägte technische Komponente. Orthopäden und Unfallchirurgen müssen zum einen objektive Diagnosen stellen, mögliche Therapieoptionen ableiten und schließlich die sinnvollste Option für den individuellen Patienten empfehlen. Im Falle einer Operation schließt sich hier noch eine technische Umsetzung an. Somit ergeben sich verschiedene Einsatzgebiete für KI-basierte Assistenzsysteme.

### Mustererkennung in der Anamnese

Ein medienwirksames Feld mit aber bislang noch sehr geringer Evidenz ist die Verwendung von KI-gestützten Chatbots

zur Symptomanalyse für Patienten oder gar „decision support“ für Ärzte [4, 6, 9]. Bei diesen Systemen werden Nutzern – primär Patienten – meist algorithmisch Fragen gestellt, die anhand von Wahrscheinlichkeiten gewählt werden, mit anschließender Datenanalyse auf Basis eines Abgleichs mit bestehenden Kasuistiken [9]. Erste Produkte weisen mit teils über 80 % Übereinstimmung der Programme mit ärztlichen Diagnosen in eine vielversprechende Richtung [9]. Jedoch gibt es noch viele unbekannte Größen, wie mögliche Einflüsse des medizinischen Verständnisses der Nutzer oder auch der jeweiligen Pathologien [6].

Für die O und U finden sich in der Literatur bislang nur wenige Publikationen [4]. Es ist noch weitgehend unklar, ob solche Systeme z. B. als Decision-support-Systeme bei Hausärzten, niedergelassenen Orthopäden und Unfallchirurgen oder in Kliniken eingesetzt werden könnten. Perspektivisch könnten sie in O und U bei seltenen Erkrankungen oder bei häufigen, aber okkulten Pathologien verwendet werden, wie der Detektion chronischer Gelenkinstabilitäten.

### Mustererkennung in Bildern

In O und U hat die Bildgebung in der Diagnostik und Indikationsstellung, aber auch intraoperativ und im Rahmen der Ergebnis- und Verlaufskontrolle ei-





## Zusammenfassung · Abstract

se wurden Möglichkeiten patientenadaptierter Kostenabrechnungen für hüftgelenksnahe Frakturen KI-basiert untersucht [7].

## » Persönlichkeits- und Selbstbestimmungsrechte der Patienten sind zu berücksichtigen

Auch Angesichts dieses Potenzials von KI in der Klinik müssen aber die Gefahren datenintensiver Analyseverfahren, wie die Verletzung der Persönlichkeits- und informationellen Selbstbestimmungsrechte von Patienten, berücksichtigt werden. Die Integration einer großen Datenbreite, vom ambulanten bis zum langfristig postoperativen Verlauf, kann alle Interessensphären (Patienten, Ärzte, Kostenträger, Leistungserbringer etc.) des Behandlungsprozesses abdecken. Gleichzeitig bieten KI-Methoden die Möglichkeit einer individuelleren Prognosestellung, als sie mit den klassischen Verfahren der frequentistischen Statistik möglich sind.

## KI im Operationssaal

Der zentrale Ort chirurgischer Tätigkeit, der Operationssaal, ist aufgrund der unmittelbaren Verantwortung für Leib und Leben der anvertrauten Patienten auch der ethisch delikateste Kontext einer möglichen KI-Anwendung. KI-gesteuerte Prozesse mit direkter Maschineninteraktion („machine-to-machine“, M2M) können gerade bei komplexen Operationen wie Polytraumata eine relevante Unterstützung der Anästhesie darstellen, wie erste Studiendaten z. B. zur Prädiktion einer Hypotonie unter Narkose vermuten lassen [8]. Auf chirurgischer Seite bestehen in der O und U derzeit am ehesten in der Wirbelsäulenchirurgie Erfahrungen mit dem Einsatz von Robotersystemen, allerdings kaum mit KI-Applikationen [14]. Noch in experimentellen Kinderschuhen stehen Ansätze, auch Frakturversorgungen mit den nötigen Repositionsschritten zumindest teilweise mit KI-gestützten Robotern anzugehen [17]. Hierzu werden absehbar auch M2M-Schnittstellen zwischen Robotern und einer intraope-

Chirurg <https://doi.org/10.1007/s00104-019-01091-9>

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

T. Tjardes · R. A. Heller · D. Pfförringer · R. Lohmann · D. A. Back · AG Digitalisierung der DGOU

## Künstliche Intelligenz in der Orthopädie und Unfallchirurgie

### Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein sehr relevantes Thema für die Medizin der Zukunft. Dieser Artikel beleuchtet das Thema KI im Kontext der Orthopädie und Unfallchirurgie. Im Schwerpunkt werden KI-Potenziale bei der Analyse von Symptomen, radiologischen Bildern, klinischen Datensätzen, der Verwendung in Klinik und im Operationssaal sowie für die Aus- und Weiterbildung beleuchtet. KI ist für die Orthopädie und Unfallchirurgie der Zukunft weit mehr als reine Fiktion. Es ist aber noch ein weiter Weg, um das

Potenzial einer optimierten und individualisierten Patientenversorgung zu nutzen. Interdisziplinäre und internationale Ansätze unter Einbezug personeller, ökonomischer, rechtlicher und ethischer Aspekte werden hierzu von entscheidender Bedeutung sein.

### Schlüsselwörter

Robotik im Operationssaal · Algorithmengestützte Analyse · Weiterbildung · Große Datenmengen · Rechtliche Rahmenbedingungen

## Artificial intelligence in orthopedics and trauma surgery

### Abstract

Artificial intelligence (AI) is a very relevant topic for the medicine of the future. This article focuses on the field of AI in the context of orthopedics and trauma surgery. The main focus is on the potentials of AI in the analysis of symptoms, radiological images, clinical data sets, use in hospitals and operating theaters as well as for training and education. For the orthopedics and trauma surgery of the future AI is much more than pure fiction; however, there is still

a long way to go before the potential of an optimized and individualized patient care can be utilized. Interdisciplinary and international approaches, including personnel, economic, legal and ethical aspects will play a decisive role in this respect.

### Keywords

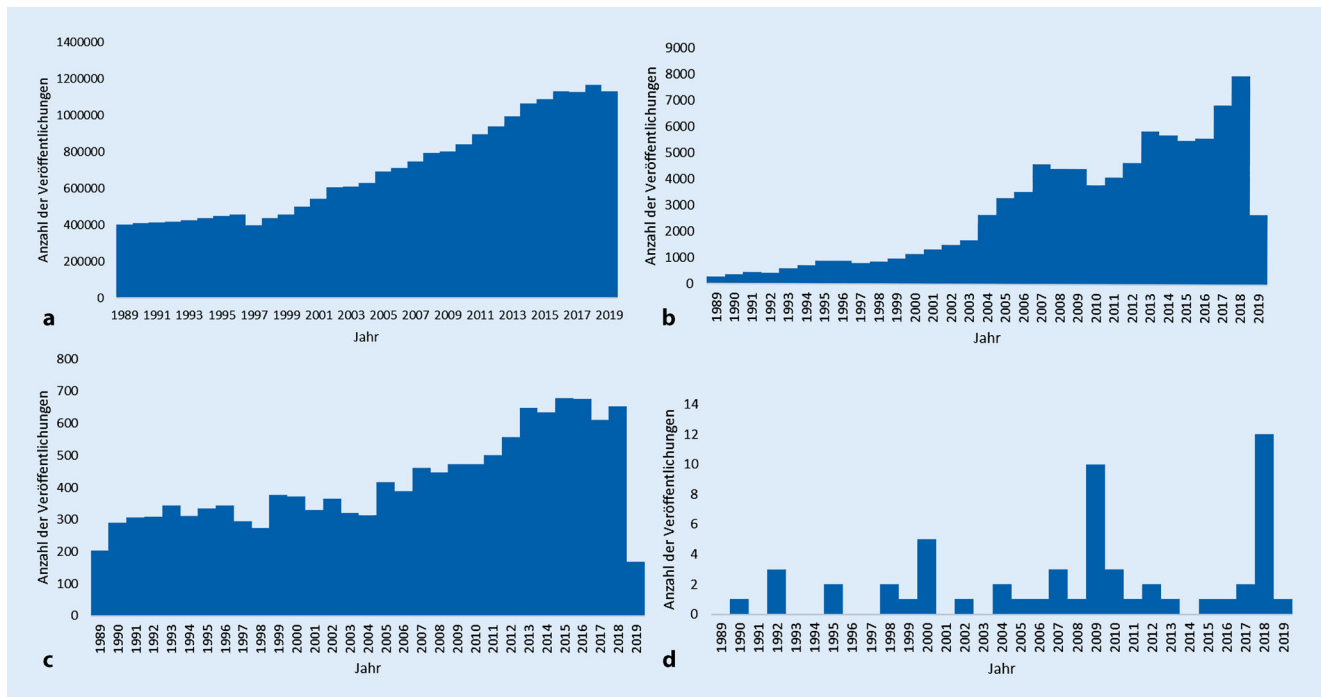
Robotics in the operating theater · Algorithm-based analysis · Professional education · Big Data · Legal framework conditions

rativen Bildgebung benötigt werden [1]. In den Bereich der KI-Robotik wird noch ein hoher Entwicklungseinsatz investiert werden müssen. Künftig könnten so sogar Operationstechniken zugunsten von z. B. mehr perkutanen Eingriffen neu entwickelt werden – mit direkten Einflüssen auf die Implantatindustrie, aber auch den postoperativen Genesungsprozess von Patienten.

## KI in Aus- und Weiterbildung

Die Anwendungen von KI werden auch neue Optionen in der Ausbildung des O- und U-Nachwuchses eröffnen. Angesichts der zeitlichen Limitierung der Ausbildung durch neue Arbeitszeitgesetze reduziert sich die zum Aufbau eines hinreichenden klinischen und chirurgischen Erfahrungsschatzes erforderliche Exposition. Es besteht somit ein hoher Bedarf an neuen methodischen

und organisatorischen Ansätzen, die an der Schnittstelle von theoretischer und chirurgischer Ausbildung die klinische Entscheidungsfähigkeit unter den Bedingungen einer reduzierten Exposition sicherstellen. Die Wirksamkeit digitaler Lernmittel in O und U wurde dabei bereits nachgewiesen [15]. Perspektivisch könnten auch Ärzten auf Basis von Nutzergewohnheiten und Präferenzen KI-basiert personalisierte digitale Lerninhalte angeboten werden, wie dies bereits für andere Lehrbereiche propagiert wird [3]. Zugleich könnte der Wissens- und Fähigkeitengewinn besser für Weiterbildungler und Auszubildende dokumentiert werden. KI-gestützte Analysen in der Vernetzung von klinischer Tätigkeit und Ausbildung könnten Verbesserungspotenziale identifizieren und gezielt adressieren.



**Abb. 2** ▲ **a** Gesamtpublikationen, **b** Suchterm: „ai artificial intelligence [MeSH Terms] OR machine learning [MeSH Terms]“, **c** Suchterm: „orthopedic [MeSH Terms]“, **d** Suchterm Kombination: „ai artificial intelligence [MeSH Terms] OR machine learning [MeSH Terms] AND orthopedic [MeSH Terms]“

## Ausblick

Anhand der oben genannten Aspekte wird klar, dass KI in der O und U der Zukunft weit mehr als reine „fiction“ ist. Es ist aber auch offensichtlich, dass der Weg noch lang ist, bis dieses Potenzial genutzt werden kann. Die Chancen für Patienten, Ärzteschaft und alle anderen Leistungserbringer im Gesundheitssystem, Kostenträger und auch für die Gesundheitspolitik sind dabei enorm.

### » Das Potenzial liegt in der kombinierten Analyse von Daten verschiedenster Provenienz

Die endgültige Positionierung von KI im klinischen und wissenschaftlichen Kontext von O und U ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht absehbar. Ein großes Problem stellt u. a. die Datenverfügbarkeit dar. Ausreichende Datenmengen können nicht mehr nur durch eine einzelne Institution erhoben werden. Da das Potenzial von KI erst dann voll ausgeschöpft werden kann, wenn Daten verschiedenster Provenienz kombiniert

analysiert werden, sind Strukturen erforderlich, die es erlauben, auf diese Daten auch zugreifen zu können. Von ebenso großer Bedeutung für die nachhaltige Implementierung von KI sind auch Datensicherheitsaspekte mit hohen Standards (EU-DSGVO).

Muskuloskeletale Pathologien betreffen alle Altersstufen unserer Bevölkerung, mit hohen Kosten für Diagnostik, Therapie und Begleitumstände, wie Arbeitsausfälle. Damit ergeben sich für O und U nicht nur fachliche Herausforderungen, sondern angesichts der demographischen Entwicklung auch übergeordnete Verbindlichkeiten gegenüber dem Solidarsystem. Die ärztliche Pflicht, dem einzelnen Patienten das optimale Therapiekonzept anzubieten, der Anspruch, Patienten kompetent hinsichtlich der möglichen Alternativen zu beraten und die Notwendigkeit, hierfür eine dem Schwierigkeitsgrad und dem Ressourcenbedarf angemessene Vergütung zu erzielen, definieren das Spannungsfeld innerhalb dessen zukünftige Therapien entwickelt und umgesetzt werden. Data-Analytics und KI-basierte Ansätze könnten eine Kombination

der verschiedenen Aspekte unter dem Gesichtspunkt einer optimierten und individualisierten Patientenversorgung ermöglichen. Ein wichtiger Punkt wird aber auch sein, die Erwartungen und Ängste der medizinischen Mitarbeiter rechtzeitig einzubeziehen, um diese für die KI-Nutzung zu gewinnen.

## Fazit für die Praxis

- Ein Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) als „harte Entscheidungsinstanz“ in der Klinik ist aktuell nicht absehbar. Ethische Überlegungen, rechtliche Rahmenbedingungen und eine Akzeptanz des medizinischen Personals werden für eine angemessene Verwendung nötig sein.
- Ein großer Bedarf besteht v. a. für KI-Anwendungen, die die menschliche Wahrnehmung und Erfahrungen unterstützen. Hierzu sollten auf nationaler und internationaler Ebene kooperativ wissenschaftliche und wirtschaftliche Anstrengungen unternommen werden, um neue Anwendungen zu erforschen und in den Markt einzuführen.

## Korrespondenzadresse

### Oberfeldarzt PD Dr. David A. Back

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie,  
Septische und Rekonstruktive Chirurgie,  
Bundeswehrkrankenhaus Berlin  
Scharnhorststr. 13, 10115 Berlin, Deutschland  
david.alexander.back@gmail.com  
DavidBack@Bundeswehr.org

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** R. Lohmann ist Geschäftsführer bei Lohmann & Birkner Software Solutions GmbH, Berlin. T. Tjardes, R. A. Heller, D. Pförringer, D. A. Back und die AG Digitalisierung der DGOU geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

- Bhandari M, Zeffiro T, Reddiboina M (2019) Artificial intelligence and robotic surgery: current perspective and future directions. *Curr Opin Urol*. <https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000692>
- Chung SW, Han SS, Lee JW et al (2018) Automated detection and classification of the proximal humerus fracture by using deep learning algorithm. *Acta Orthop* 89:468–473
- Ciolacu M, Tehrani AF, Binder L et al (2018) Education 4.0—artificial intelligence assisted higher education: early recognition system with machine learning to support students' success. 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Iasi, Romania, 25–28 Oct. 2018
- Elkin PL, Schlegel DR, Anderson M et al (2018) Artificial intelligence: bayesian versus heuristic method for diagnostic decision support. *Appl Clin Inform* 9:432–439
- Gyftopoulos S, Lin D, Knoll F et al (2019) Artificial intelligence in musculoskeletal imaging: current status and future directions. *Ajr Am J Roentgenol* 213:506–513
- Jungmann SM, Klan T, Kuhn S et al (2019) Accuracy of a chatbot (Ada) in the diagnosis of mental disorders: comparative case study with lay and expert users. *JMIR Form Res* 3:e13863. <https://doi.org/10.2196/13863>
- Karnuta JM, Navarro SM, Haeberle HS et al (2019) Bundled care for hip fractures: a machine-learning approach to an untenable patient-specific payment model. *J Orthop Trauma* 33:324–330
- Kendale S, Kulkarni P, Rosenberg AD et al (2018) Supervised machine-learning predictive analytics for prediction of postinduction hypotension. *Anesthesiology* 129:675–688
- Koren G, Souroujon D, Shaul R et al (2019) "A patient like me"—an algorithm-based program to inform patients on the likely conditions people with symptoms like theirs have. *Medicine (Baltimore)* 98:e17596
- Lindsey R, Daluiski A, Chopra S et al (2018) Deep neural network improves fracture detection by clinicians. *Proc Natl Acad Sci USA* 115:11591–11596
- Mcculloch WS, Pitts W (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5:115–133
- Nilsson NJ (2009) The quest for artificial intelligence
- Ramkumar PN, Haeberle HS, Bloomfield MR et al (2019) Artificial intelligence and arthroplasty at a single institution: real-world applications of machine learning to big data, value-based care, mobile health, and remote patient monitoring. *J Arthroplasty* 34:2204–2209
- Staub BN, Sadrameli SS (2019) The use of robotics in minimally invasive spine surgery. *J Spine Surg* 5:S31–S40
- Tarpada SP, Morris MT, Burton DA (2016) E-learning in orthopedic surgery training: a systematic review. *J Orthop* 13:425–430
- Weng SF, Reys J, Kai J et al (2017) Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data? *PLoS ONE* 12:e174944
- Zhao JX, Li C, Ren H et al (2019) Evolution and current applications of robot-assisted fracture reduction: a comprehensive review. *Ann Biomed Eng*. <https://doi.org/10.1007/s10439-019-02332-y>