Paediatr. Paedolog. 2022 · 57:73–78
<https://doi.org/10.1007/s00608-021-00957-8>
 Angenommen: 8. Dezember 2021
 Online publiziert: 21. Februar 2022
 © Der/die Autor(en) 2022

Simon Kargl^{1,2}

¹ Medizinische Fakultät, Johannes Kepler University Linz, Linz, Österreich

² Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie, Med Campus IV, Kepler Universitätsklinikum, Linz, Österreich

Diagnostische Fehler durch kognitive Verzerrungen

Der Pfad klinischer Entscheidungsfindung bietet viele Gelegenheiten, falsch abzubiegen

Sowohl bei Routinetätigkeiten im Krankenhausalltag als auch in Stresssituationen in der Notaufnahme müssen laufend Entscheidungen getroffen werden. Der kognitive Prozess dieser Entscheidungsfindung kann grundsätzlich auf zwei unterschiedliche Arten ablaufen. Ein Weg zur Entscheidungsfindung ist analytisch, langsam, affektfrei, bewusst und benötigt jedoch viel Ressourcen. Der zweite Weg ist schnell, intuitiv, automatisch – oder unbewusst –, umfasst affektive oder emotionale Komponenten und benötigt deutlich weniger Ressourcen. Wenig verwunderlich, dass unter Zeitdruck vor allem der schnelle und ressourcenschonende Entscheidungsfindungspfad zur Anwendung kommt. Dieser ist hocheffektiv, aber eben auch fehleranfällig.

Typische Fehler, die bei diesen intuitiven Entscheidungssituationen auftreten, sind die kognitiven Verzerrungen. Dabei handelt es sich um Probleme der Wahrnehmung und der Verarbeitung und Bewertung von Informationen im weiteren Sinn. Diese kognitiven Verzerrungen treten unbewusst und allgegenwärtig auf und wurden in den letzten Jahren als relevante Ursache diagnostischer Irrtümer identifiziert. In der pädiatrischen Medizin können zusätzliche Fehlinterpretationen und kognitive Verzerrungen über die Eltern, die Krankheitszeichen und Symptome ihrer Kinder deuten, auftreten.

Obwohl kognitive Verzerrungen im Alltag ubiquitär ihre Wirksamkeit entfalten und von Werbebranche und Verkauf gern genutzt werden, scheint das Wissen

darum in der Medizin überschaubar zu sein. Ein Basisverständnis der Entscheidungsfindungsprozesse sowie der kognitiven Verzerrungen als Quelle medizinischer Fehler kann die Entwicklung von Strategien ermöglichen, diese Fehler zu reduzieren und Morbidität oder sogar Mortalität zu senken.

Methoden und Material

Dies ist ein narrativer Review über die Literatur einer PubMed- und Cochrane-Recherche, einschließlich der Schlüsselwörter „cognitive bias“ und „cognitive error“. Wir fassen wichtige kognitive Verzerrungen zusammen und beschreiben ihre Auswirkungen vor allem in der Kindermedizin anhand von 3 repräsentativen Fällen. Wir diskutieren Möglichkeiten, diese kognitiven Verzerrungen als Ursache diagnostischer Fehler zu vermeiden.

Fall 1

Ein 16-jähriger Junge steht morgens auf, unterhält sich kurz mit seiner Mutter und geht wieder ins Bett. Zwei Stunden später erwacht er erneut, nun mit heftigen Schmerzen in beiden Schultern. Seine Mutter bringt ihn sofort in die Kindernotaufnahme. Er hat keine Grunderkrankungen, klagt über massive Schmerzen in Schultern und Brust, zeigt Tachykardie, aber keine Atemnot. Um einen Pneumothorax auszuschließen, wird ein Thoraxröntgen durchgeführt.

Die Echokardiographie ist unauffällig, ohne Zeichen einer Aortendissektion oder strukturellen Herzerkrankung. Nach Aufnahme und i.v.-Gabe von Analgetika zeigt eine Sonographie der Schulterregion deutliche Weichteilödeme mit subkutaner Einblutung. Eine pathologisch veränderte Gerinnung führt zur Konsultation eines Gerinnungsspezialisten und schließlich zu der Annahme, eine seltene Koagulopathie habe spontane Weichteilblutungen im Schulterbereich verursacht. Inzwischen verbessert sich der Zustand des Patienten und er wird 3 Tage später aus dem Krankenhaus entlassen; die Ergebnisse spezifischer diagnostischer Gerinnungsuntersuchungen stehen noch aus. Weitere 5 Tage später, bei der Nachuntersuchung, stellt der Arzt Anzeichen einer bilateralen Schulterluxation fest, die im Schulterröntgen und MRT bestätigt werden. Die weitere Untersuchung ergibt die Diagnose einer bilateralen Schulterluxation im Rahmen eines erstmaligen epileptischen Anfalls.

Die Verzögerung der korrekten Diagnosestellung erfordert hier einen näheren Blick auf die klinischen Entscheidungen:

Der Arzt in der pädiatrischen Notaufnahme war gerade von einer notfallmedizinischen Fortbildung zu akut lebensbedrohlichen Erkrankungen wie Aortendissektion, Pneumothorax etc. zurückgekehrt. Diese Zustände kamen ihm daher bei Begutachtung eines Patienten mit akuten, nichttraumatischen Schulter- und Brustschmerzen zuerst in

Abb. 1 ◀ Thoraxröntgen: kein Pneu, keine Ergüsse, keine Herzverbreiterung, dafür bilaterale Schulterluxation (© Kepleruniversitätsklinikum GesmbH)

Abb. 2 ▲ Röntgen der Brustwirbelsäule: keine frakturverdächtige Höhenminderung der Wirbelkörper, dafür eine tumorverdächtige Verschattung paravertebral links (© Kepleruniversitätsklinikum GesmbH)

den Sinn. Eine typische kognitive Verzerrung, der *Verfügbarkeitsfehler* („availability bias“): Die Verdachtsdiagnose wird nicht aufgrund der Wahrscheinlichkeit, sondern aufgrund der Verfügbarkeit der Informationen ausgewählt.

In diesem Fall spielt auch der bedeutsame *Bestätigungsfehler* („confirmation bias“) eine Rolle. Bei dem Patienten wurden nach Feststellung veränderter serologischer Gerinnungswerte weitere Informationen so ausgewählt und interpretiert, um die Diagnose einer Koagulopathie zu bestätigen. Wir sind geneigt, neu auftretende Informationen so zu selektieren und zu bewerten, um bestehende Meinungen oder Verdachtsdiagnosen zu unterstützen und zu bestätigen. Der Fehler des *vorzeitigen Abschlusses* („premature closure“) des Falls schlägt in dieselbe Kerbe und meint, dass wir in einem zu frühen Stadium des diagnostischen Prozesses mit der Diagnose einer Koagulopathie zufrieden waren.

Nach Bestätigung der Diagnose einer bilateralen Schulterluxation überprüfen wir erneut das initiale Thoraxröntgen (▣ **Abb. 1**). Und tatsächlich, beide Schultergelenke wurden mit einer bilateralen Schulterluxation dargestellt, die wegen des Versuchs, akute Herz-

Lungen- und Atemwegserkrankungen auszuschließen, übersehen wurde. Was wir imstande sind zu sehen, hängt auch davon ab, wonach wir suchen.

Fall 2

Ein 14-jähriges Mädchen stellt sich mit akut aufgetretenen, starken Unterbauchschmerzen in der Notaufnahme vor. Dem diensthabenden Arzt kommt das Mädchen bekannt vor: Ein Blick in die elektronische Krankenakte bringt die Bestätigung: die Jugendliche, aus einer sozialpädagogischen Wohngemeinschaft ist eng an die lokale kinderpsychiatrische Abteilung angebunden und war schon mehrmals wegen Obstipation in der Notaufnahme. Bei der Palpation des druckschmerzhaften Abdomens fällt eine Resistenz im linken Unterbauch auf, die als stuhlgefülltes Sigma interpretiert wird, was zur Diagnose einer akuten Obstipation führt.

In diesem Fall tritt eine mächtige kognitive Verzerrung auf: das „anchoring“: Erstinformationen – im vorliegenden Fall: mehrfache Ambulanzbesuche wegen Obstipation und psychiatrische Vorgeschichte – beeinflussen die Art und Weise, wie nachfolgende Informa-

tionen wahrgenommen, bewertet und interpretiert werden. Die Erstinformation fungiert als Anker und fesselt so die weitere Entscheidungskette. Dieses „anchoring“ lässt den Arzt zu wenig darauf achten, dass das Mädchen in einem reduzierten Allgemeinzustand ist, dass sie erbrochen hat und dass ihre Unterbauchschmerzen möglicherweise diesmal nicht von einer akuten Obstipation herrühren. Zum Glück zweifelt der Arzt nach kurzem Innehalten an seiner ursprünglichen Verdachtsdiagnose und führt eine abdominale Ultraschalluntersuchung mit Darstellung einer linksseitigen Ovarialtorsion durch.

Fall 3

Ein 8-jähriger Junge rutscht auf nassem Boden aus und fällt auf den Rücken. Einige Tage später wird er wegen Rückenschmerzen mit dem Rettungswagen in die Notaufnahme gebracht. Seine Mutter berichtet von diesem Sturzereignis; bei der Untersuchung fällt Druck- und Klopfdolenz der Brustwirbelsäule auf,

der neurologische Status ist unauffällig. Eine Röntgendarstellung der Wirbelsäule in 2 Ebenen (■ **Abb. 2**) schließt eine Wirbelkörperfraktur aus und das Kind wird mit der Diagnose einer Rückenprellung nach Hause geschickt. Die Rückenschmerzen bleiben bestehen und nach 2 weiteren Ambulanzbesuchen bezweifelt schließlich eine Ärztin den Zusammenhang zwischen Rückenschmerzen und dem Sturz und nimmt die aktuellen Röntgenbilder genauer unter die Lupe: Eine paravertebrale Verschattung fällt auf und stellt sich schlussendlich als Lymphom mit Beteiligung der Wirbelsäule heraus.

In diesem Fall wurde eine kognitive Verzerrung, die als *diagnostisches Momentum* bekannt ist, wirksam. Diagnostisches Momentum beschreibt einen Prozess, der von einer Information gestartet wird, die in Bewegung gerät, immer schneller wird und eine eigene Dynamik erzeugt und schließlich zu einer Diagnose führt (■ **Abb. 3**).

Die Assoziation von Sturz- und Rückenschmerzen ist hier der Informationsbaustein, der schließlich zu einem Diagnosefehler führt. Die Information, dass die Rückenschmerzen erst Tage nach dem Sturz einsetzten, wurde nicht (mehr) gewertet. Die angebotene Kausalität war zu verlockend: Unser Bedürfnis nach Kausalität kann dazu führen, einfache Erklärungen zu akzeptieren und Zusammenhänge zu übersehen, die auf den ersten Blick vielleicht nicht sichtbar sind – der Fehler der *Kausalitätsillusion* („illusion of causality“).

Kognitive Verzerrungen

Insgesamt ist die Anzahl kognitiver Verzerrungen sehr groß, im Folgenden ein kurzer Auszug. Zur Erinnerung: Diese Denkfehler passieren uns unbewusst und sind nicht Ausdruck eines Mangels an Aufmerksamkeit oder gar Fachkompetenz.

„Gamblers fallacy“ (Spielerfehlschluss)

Ein zufälliges Ereignis ist vermeintlich wahrscheinlicher, wenn es schon längere Zeit nicht eingetreten ist oder unwahrscheinlicher, wenn es gerade häufig war. Zum Beispiel: An einem Tag wurden schon 3 Kinder mit akuter Appendizitis aufgenommen und operiert; das 4. Kind mit Unterbauchschmerzen kann unmöglich auch eine Appendizitis haben ...

„Search satisfaction“ (Zufriedenheit mit dem Suchergebnis)

Nach Entdecken einer ersten Auffälligkeit wird versäumt, nach weiteren pathologischen Befunden zu suchen. Bei der Interpretation von Röntgenbildern ist dies eine mittlerweile häufig beschriebene Fehlerquelle. Analog dazu die kognitive Verzerrung des „premature closure“ (s. oben).

Hier steht eine Anzeige.

„Action bias“ (Aktivitätsverzerrung)

Lieber irgendetwas tun als nichts tun: Gerade bei unklaren Situationen ist der Impuls zur diagnostischen oder therapeutischen Intervention unabhängig vom zu erwartenden Nutzen groß.

„Hindsight bias“ (Rückblicksverzerrung)

Neue Informationen verändern die Erinnerung, dies kann zur Überschätzung der Voraussagbarkeit eines Ereignisses führen. Bekannt ist diese kognitive Verzerrung aus der Morgenbesprechung: Nachdem die seltene Diagnose Y endlich gestellt wurde, findet sich stets jemand, der angeblich von Anfang an gewusst, hingewiesen oder gesagt hatte, dass Patient X eben diese Erkrankung Y habe.

Prävalenzfehler oder Basisratenfehler

Die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen (z. B. richtig positives Testergebnis) wird falsch eingeschätzt, wenn der Bezugsrahmen nicht hergestellt wird – der Bezugsrahmen ist die Basisrate (Prävalenz).

Der ausdiagnostizierte Patient

Gelegentlich sieht man in der Ambulanz Patienten, die schon unzählige Male ambulant und stationär begutachtet und abgeklärt wurden. In dieser Situation kann der unter Umständen gefährlich falsche Schluss gezogen werden, dass alles was getan werden kann, bereits getan wurde und weitere Untersuchungen somit nutzlos/unnötig seien. Wichtig ist zu bedenken, dass eine Erkrankung fortschreiten und somit diagnostizierbar werden kann. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die aktuelle Erkrankung sich zwar ähnlich wie bei der Letztvorstellung präsentiert, dennoch nun eine andere ist.

Diskussion

In der pädiatrischen Notfallaufnahme, bei der Visite und im Operationssaal setzen wir täglich kognitive Techniken ein, um komplexe Aufgaben zu vereinfachen und rasch bewältigbaren Urteilsituationen

Paediatr. Paedolog. 2022 · 57:73–78 <https://doi.org/10.1007/s00608-021-00957-8>
© Der/die Autor(en) 2022

S. Kargl

Diagnostische Fehler durch kognitive Verzerrungen. Der Pfad klinischer Entscheidungsfindung bietet viele Gelegenheiten, falsch abzubiegen**Zusammenfassung**

Kognitive Verzerrungen treten bei der täglichen klinischen Entscheidungsfindung auf und können zu diagnostischen Fehlern führen, die gegebenenfalls Morbidität oder sogar Mortalität verursachen. Ärztinnen und Ärzte müssen sich mit häufigen Varianten dieser kognitiven Verzerrungen vertraut machen. In einem narrativen Review mit 3 instruktiven Fallbeispielen stellen wir Auftreten und Fallstricke von kognitiven Verzerrungen in der pädiatrischen Medizin dar. Kognitive Verzerrungen sind nicht das Ergebnis mangelnder Aufmerksamkeit oder Fachkenntnis, sondern entstehen als Folge unserer Denkweise auf

unbewusster Ebene. Kognitive Verzerrungen interferieren mit dem diagnostischen Prozess und können sowohl in der klinischen Routine als auch in kritischen Situationen diagnostische Fehler verursachen. Die Suche nach Strategien, um kognitive Verzerrungen zu verhindern oder zu reduzieren, hat sich bisher mäßig erfolgreich gezeigt. Jedoch ist es mittlerweile wohl gelungen, ein Bewusstsein dafür zu schaffen

Schlüsselwörter

Klinische Entscheidungsfindung · Kognitive Verzerrung · Pädiatrische Medizin · Diagnostischer Fehler

Diagnostic errors caused by cognitive bias. Clinical decision-making offers many opportunities to take a wrong turn**Abstract**

Cognitive bias occurs in daily clinical decision making and may result in diagnostic errors, possibly causing morbidity or even mortality. Physicians have to familiarize themselves with frequent variants of this cognitive bias. In a narrative review including three instructive cases we depict the occurrence and pitfalls of cognitive bias in pediatric medicine. This cognitive bias is not the result of a lack of attention or professional knowledge but occurs as a consequence of the way we think on a subconscious level.

Cognitive bias frequently interferes with the diagnostic process and has the ability to cause diagnostic errors in clinical routine as well as in critical situations. The search for strategies to prevent or reduce cognitive bias has brought little success so far. Nevertheless, there has in the meantime been some success in creating awareness of this.

Keywords

Clinical decision making · Cognitive bias · Pediatrics · Diagnostic error

nen zu reduzieren. Mithilfe dieser kognitiven Abkürzungen basierend auf Annahmen und Erfahrungen sind wir in der Lage, schnelle Entscheidungen zu treffen. Der Preis für diese schnelle und ressourceneffiziente Problemlösung ist eine gewisse Prädisposition für kognitive Verzerrungen. Diese kognitiven Verzerrungen können zu Diagnosefehlern, unnötiger Morbidität und ineffektiver Ressourcennutzung führen [1–3].

In der medizinischen Praxis dürfte die Relevanz dieser kognitiven Verzerrungen lange unterschätzt worden sein [1]. Dennoch wurde mittlerweile eine Reihe derartiger Verzerrungen identifiziert und

eine steigende Zahl von Publikationen widmet sich diesem Thema [1–9]. In unseren anschaulichen Fällen konnten wir gängige kognitive Verzerrungen exemplarisch darstellen. Die Liste möglicher kognitiver Verzerrungen, die oft miteinander verbunden sind, ist tatsächlich aber viel länger. Hervorzuheben ist, dass diese kognitiven Verzerrungen sowohl im Alltag als auch in der medizinischen Entscheidungsfindung, also ubiquitär, auftreten. Einzelne medizinische Disziplinen können bestimmte kognitive Fähigkeiten erfordern und sind möglicherweise in unterschiedlichem Ausmaß der einzelnen kognitiven Verzerrungen

Abb. 3 ▲ Diagnostisches Momentum: Es entwickelt sich eine charakteristische Eigendynamik

ausgesetzt. So etwa prädisponiert Zeitdruck und Stress, wie etwa in der Notfallmedizin, für charakteristische kognitive Verzerrungen [9]. Auch bei der Behandlung bestimmter Patientengruppen können kognitive Verzerrungen gehäuft auftreten: Psychische Erkrankungen und eine Vorgeschichte von Drogen- oder Alkoholmissbrauch sind starke Anker, die diese Patienten möglicherweise dem Risiko aussetzen, dass potenziell lebensbedrohliche Zustände übersehen oder falsch interpretiert werden [6]. Kognitive Verzerrungen, die zu Fehlern bei der Röntgenbildinterpretation führen, wurden hinreichend beschrieben [10].

Es scheint, dass das Thema der kognitiven Verzerrungen in der pädiatrischen Medizin bisher wenig Beachtung fand. Besonderheiten der Kindermedizin könnten jedoch zu einer erhöhten Anfälligkeit für kognitive Verzerrungen führen: Bei der Erhebung der Krankengeschichte eines Kindes oder Kleinkindes präsentieren Eltern die Informationen und beeinflussen so den Informationsprozess. Die elterliche Interpretation der Beschwerden und Symptome der Nach-

kommen ist ebenso anfällig für kognitive Verzerrungen.

Kognitive Verzerrungen, die im diagnostischen Prozess auftreten, sind keine Flüchtigkeitsfehler und auch nicht auf einen Mangel an professionellem Wissen zurückzuführen. Kognitive Verzerrungen sind eine natürliche Folge der Art und Weise, wie wir Informationen verarbeiten. Sie sind reproduzierbar und laufen unbewusst ab; daher ist eine grundsätzliche Neigung zu kognitiver Verzerrung wohl unvermeidlich. Dennoch sind Bemühungen erforderlich, um Strategien zu finden, diagnostische Fehler als Folge kognitiver Verzerrungen zu vermeiden [8, 9, 11–15]. Ein Bewusstsein dafür zu entwickeln, ist ein erster Schritt. Der Nachweis, dass die Kenntnis möglicher kognitiver Verzerrungen allein zu geringeren diagnostischen Fehlern führt, wurde bisher jedoch nicht erbracht [9, 13, 16]. Interessant ist ein von O'Sullivan und Schofield entwickeltes kognitives Instrument, bestehend aus 4 Fragen, die einen Schritt zurück von der unmittelbaren Situation ermöglichen sollen, um zu reflektieren: Wie bin ich zu diesem Ergebnis oder dieser Interpretation gekommen?

Aber auch mit Einsatz dieser kognitiven Technik wurde keine wesentliche Verbesserung der diagnostischen Genauigkeit erzielt [13].

Computergestützte Werkzeuge im Sinn von diagnostischen Entscheidungsunterstützungssystemen (DDSS) könnten hilfreich sein, um kognitive Verzerrungen und Diagnosefehler zu vermeiden, verschiedene Systeme haben jedoch unterschiedliche Wirksamkeit gezeigt [11, 17]. Mittels einer Software zur Erstellung von Differenzialdiagnosen können Ärztinnen und Ärzte unterstützt werden, um sicherzustellen, dass mehrere Differenzialdiagnosen berücksichtigt wurden [18]. Im klinischen Alltag kann es hilfreich sein, einen Fall mit Kollegen und Kolleginnen oder Spezialisten und Spezialistinnen aus einem anderen Fachgebiet zu besprechen. Ein derartiger teambasierter diagnostischer Entscheidungsprozess könnte kognitive Verzerrungen und diagnostische Fehler bei der Optimierung des Informationsflusses reduzieren [19].

Insgesamt scheint die Wirkung bisheriger Bemühungen, diagnostische Fehler aufgrund kognitiver Verzerrungen zu

vermeiden, ungewiss. Dennoch oder gerade deshalb müssen Anstrengungen unternommen werden, um zukünftige Generationen von Ärztinnen und Ärzten zu sensibilisieren. Potenzial liegt in der universitären Ausbildung; dabei können kognitive Prozesse der Entscheidungsfindung unterrichtet und diskutiert werden, um mögliche Fallstricke aufzuzeigen und die Fähigkeit zur Selbstreflexion zu fördern [20, 21].

Fazit für die Praxis

- Kognitive Verzerrungen können zu relevanten Fehlern in der Diagnostik führen.
- Kognitive Verzerrungen entstehen als Konsequenz unserer Denkweise und sind daher nicht vollständig vermeidbar.
- Kognitive Verzerrungen sind nicht Folge eines Mangels an Aufmerksamkeit oder Fachkenntnis.
- Die Folgen kognitiver Verzerrungen in der Medizin können möglicherweise durch Ausbildung und Sensibilisierung, interdisziplinäre Kommunikation und computergestützte Tools gelindert werden.

Korrespondenzadresse

© S. Kargl

Dr. Simon Kargl
Klinik für Kinder- und
Jugendchirurgie, Med
Campus IV, Kepler
Universitätsklinikum
Krankenhausstraße 26–30,
4020 Linz, Österreich
simon.kargl@
kepleruniklinikum.at

Funding. Open access funding provided by Johannes Kepler University Linz.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S. Kargl gibt 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.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung,

Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Graber ML, Franklin N, Gordon R (2005) Diagnostic error in internal medicine. *Arch Intern Med* 165(13):1493–1499
2. Graber M, Gordon R, Franklin N (2002) Reducing diagnostic errors in medicine: what's the goal? *Acad Med* 77(10):981–992
3. Singh H, Giardina TD, Meyer AN et al (2013) Types and origins of diagnostic errors in primary care settings. *JAMA Intern Med* 173:418–425
4. Norman GR, Monteiro SD, Sherbino J, Ilgen JS, Schmidt HG, Mamede S (2017) The causes of errors in clinical reasoning: cognitive biases, knowledge deficits, and dual process thinking. *Acad Med* 92(1):23–30
5. Blumenthal-Barby JS, Krieger H (2015) Cognitive biases and heuristics in medical decision making: a critical review using a systematic search strategy. *Med Decis Making* 35(4):539–557
6. Yuen T, Derenge D, Kalman N (2018) Cognitive bias: its influence on clinical diagnosis. *J Fam Pract* 67(6):366–372
7. Saposnik G, Redelmeier D, Ruff CC, Tobler PN (2016) Cognitive biases associated with medical decisions: a systematic review. *BMC Med Inform Decis Mak* 16(1):138
8. Abimanyi-Ochom J, Mudiyansele BS, Catchpool M, Firipis M, Dona SWA, Watts JJ (2019) Strategies to reduce diagnostic errors: a systematic review. *BMC Med Inform Decis Mak* 19:174
9. Croskerry P (2003) The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them. *Acad Med* 78(8):775–780
10. Itri JN, Patel SH (2018) Heuristics and cognitive error in medical imaging. *AJR Am J Roentgenol* 210(5):1097–1105
11. Ramnarayan P, Winrow A, Coren M, Nanduri V, Buchdahl R, Jacobs B, Fisher H, Taylor PM, Wyatt JC, Britto J (2006) Diagnostic omission errors in acute paediatric practice: impact of a reminder system on decision-making. *BMC Med Inform Decis Mak* 6:37
12. Graber ML, Kissam S, Payne VL, Meyer AN, Sorensen A, Lenfestey N, Tant E, Henriksen K, Labresh K, Singh H (2012) Cognitive interventions to reduce diagnostic error: a narrative review. *BMJ Qual Saf* 21(7):535–557
13. O'Sullivan ED, Schofield SJ (2019) A cognitive forcing tool to mitigate cognitive bias—a randomised control trial. *BMC Med Educ* 19(1):12

14. Thammasitboon S, Cutrer WB (2013) Diagnostic decision-making and strategies to improve diagnosis. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 43(9):232–241
15. Nendaz M, Perrier A (2012) Diagnostic errors and flaws in clinical reasoning: mechanisms and prevention in practice. *Swiss Med Wkly* 142:w13706
16. Monteiro SD, Sherbino J, Patel A, Mazzetti I, Norman GR, Howey E (2015) Reflecting on diagnostic errors: taking a second look is not enough. *J Gen Intern Med* 30(9):1270–1274
17. Garg AX, Adhikari NK, McDonald H, Rosas-Arellano MP, Devereaux PJ, Beyene J, Sam J, Haynes RB (2005) Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review. *JAMA* 293(10):1223–1238
18. Riches N, Panagioti M, Alam R, Cheraghi-Sohi S, Campbell S, Esmail A, Bower P (2016) The effectiveness of electronic differential diagnoses (DDX) generators: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 11(3):e148991
19. Roosan D, Law AV, Karim M, Roosan M (2019) Improving team-based decision making using data analytics and Informatics: protocol for a collaborative decision support design. *JMIR Res Protoc* 8(11):e16047
20. Royce CS, Hayes MM, Schwartzstein RM (2019) Teaching critical thinking: a case for instruction in cognitive biases to reduce diagnostic errors and improve patient safety. *Acad Med* 94(2):187–194
21. Reilly JB, Ogdie AR, Von Feldt JM, Myers JS (2013) Teaching about how doctors think: a longitudinal curriculum in cognitive bias and diagnostic error for residents. *BMJ Qual Saf* 22(12):1044–1050

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.