

Risikokommunikation bei der diagnostischen Bildgebung mit Computertomographie

Risk communication in diagnostic imaging with computed tomography

ZUSAMMENFASSUNG

Die Computertomographie (CT) besitzt einen großen medizinischen Nutzen, der sowohl vom medizinischen Fachpersonal als auch von den Patientinnen und Patienten gegen mögliche Strahlenrisiken abgewogen werden sollte. Strukturierte Ansätze zur Patientenaufklärung bestehen in der Radiologie aus einer Patienteninformation und einem persönlichen Gespräch des Radiologen mit der zu untersuchenden Person. Für diese Studie wurden deutschsprachige Patientenaufklärungen recherchiert und ausgewertet. In vierzehn von sechzehn Patientenaufklärungen wird die Kontraindikation Schwangerschaft erfragt, vorherige bildgebende Untersuchungen jedoch nur teilweise. Die mit einer CT verbundene Strahlenbelastung wird häufig als gering bezeichnet, sodass Strahlenschäden nicht zu erwarten seien. Zusätzlich wird auf das Gespräch mit der Ärztin beziehungsweise dem Arzt verwiesen. Für eine informierte Entscheidung der zu untersuchenden Person ist es jedoch notwendig, dieser bei Bedarf bessere Informationen zu möglichen Strahlenrisiken zur Hand zu geben.

ABSTRACT

Computerized tomography (CT) has important medical benefits. However, both physicians and patients need to weigh these benefits with potential radiation risks, taking into account individual patients characteristics. Structured approaches to inform patients before radiological exams consist of a patient information leaflet and a personal conversation between the radiologist and the patient. For this study German-speaking leaflets were researched and evaluated. Fourteen out of sixteen leaflets assess current pregnancy as a contraindication. Previous imaging examinations are only partially assessed. The radiation exposure associated with a CT scan is often described as low, such that radiation damage is not expected. In addition, most leaflets refer to the conversation with the radiologist for more information. However, for an informed decision by the patients before giving consent, it is necessary to provide them with accurate and accessible information on possible radiation risks.

EINLEITUNG

Die diagnostische Bildgebung mittels Computertomographie (CT) besitzt großen und vielfältigen medizinischen Nutzen. Sie ermöglicht als elektive Maßnahme sowie im Notfall für viele Fragestellungen eine schnelle wie zuverlässige Diagnose und ist

somit eine essenzielle Voraussetzung für eine effektive Therapie. Aus Perspektive des Strahlenschutzes muss dieser Nutzen jedoch gegen potenzielle Risiken abgewogen werden, die sich aus dem Einsatz ionisierender Strahlung ergeben.

ROMAN POKORA¹,
EMILIO GIANICOLO^{1,2},
HILTRUD
MERZENICH¹,
DANIEL
WOLLSCHLÄGER¹

¹ Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie (IMBEI), Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Deutschland
² Institute of Clinical Physiology, Italian National Research Council Lecce, Italien



FOTO
©Auremar / Fotolia.

BIOLOGISCHE WIRKUNG IONISIERENDER STRAHLUNG

Die Risiken ionisierender Strahlung ergeben sich aus ihrer Fähigkeit, in Körperzellen molekulare Veränderungen insbesondere an der DNS zu verursachen, die noch Jahre später zu klinischen Erkrankungen führen können (Friedland et al. 2017). Für Strahlenschutz Zwecke wird die biologisch relevante Stärke der Strahlung als Dosis berechnet, wobei sowohl die im Gewebe absorbierte Energie als auch deren biologische Wirkung berücksichtigt werden. Auf Ebene einzelner Organe ergibt sich so die Organäquivalentdosis, auf Ebene des ganzen Organismus die effektive Dosis, beide in der Einheit Sievert (Sv). Dosis-Angaben dienen zur Bestimmung

der Strahlenbelastung biologischer Organismen und werden bei der Analyse des Strahlenrisikos verwendet. In **ABBILDUNG 1** sind die typischen Folgen für bestimmte Größenordnungen der effektiven Dosis abgebildet. Hierbei wird zwischen deterministischen und stochastischen Strahlenschäden unterschieden. Deterministische Strahlenschäden werden durch den strahleninduzierten Tod vieler Zellen verursacht und treten ab einer bestimmten Dosischwelle sicher auf. Dagegen treten stochastische Schäden nicht bei jeder exponierten Person auf und sind nur durch Betrachtung größerer Gruppen exponierter Personen nachzuweisen (IARC Working Group 1999). Das strahleninduzierte Krankheitsbild hängt allgemein vom exponierten Gewebe, von der Dosis (IARC Working Group 1999), dem Gesundheitszu-

stand und von der Strahlenvulnerabilität ab, die bei Kindern erhöht ist (NAS/NRC 2006).

Mögliche strahleninduzierte Spätschäden sind Herz-Kreislaufkrankungen, Brustkrebs, Schilddrüsenkrebs, Lungenkrebs, Leukämie, Anämie und Katarakt. Die effektiven Dosen von CTs befinden sich im niedrigen Dosisbereich, in dem stochastische Strahlenschäden prinzipiell möglich sind (Pearce et al. 2012; Mathews et al. 2013; Huang et al. 2014; Journy et al. 2015; Krille et al. 2015, Meulepas et al. 2019) und aktuell diskutiert werden (Walsh et al. 2014).

WIE ERHALTEN PATIENTINNEN UND PATIENTEN INFORMATIONEN?

Informationen zum möglichen Strahlenrisiko können Patientinnen und Patienten auf verschiedenen Wegen erreichen, unter anderem durch mediale Berichterstattung und

durch ärztliche Patientenaufklärung. Die Bedeutung der Risikokommunikation im Bereich der CT-Bildgebung ist in den vergangenen Jahren dadurch gestiegen, dass eine Reihe epidemiologischer Kohortenstudien zum Zusammenhang zwischen CT-Exposition im Kindesalter und dem Risiko für später auftretende Krebserkrankungen veröffentlicht wurde (Pearce et al. 2012; Mathews et al. 2013; Huang et al. 2014; Journy et al. 2015; Krille et al. 2015, Meulepas et al. 2019). Insbesondere die Studie aus Großbritannien (Pearce et al. 2012) hat einen medialen und populärwissenschaftlichen Widerhall erfahren. Der SPIEGEL beispielsweise berichtete, dass sich nach zwei bis drei Kopfaufnahmen im Kindesalter das Risiko, später im Leben an einem Hirntumor zu erkranken, verdreifache und nach fünf bis zehn solcher Kopfscans auch das Risiko einer Leukämie dreifach erhöht sei (Ballwieser 2018). Bereits davor berichtete die BILD über eine Studie aus Amerika (Smith-Bindmann et al. 2008),

ABBILDUNG 1
Effektive Strahlendosen in Sievert (Sv) und Millisievert (mSv) und ihre Folgen.

Expositions-/Strahlenquelle	Dosis	Folgen	Literatur
	Mehr als 5 Sv	Ohne medizinische Gegenmaßnahmen tödlich	1
	1-5 Sv	Akutes Strahlungssyndrom und Krebsrisiken	1
Evakuierte Siedlungen in Fukushima nach dem nuklearen Unfall 2011	<8.5 mSv	Keine eindeutige Evidenz, mögliche Spätfolgen werden untersucht	2
Standard Thorax-CT beim Erwachsenen	3–7 mSv		3
Hintergrundstrahlung in Deutschland (Ø)	2,1 mSv		4
Flug von Paris nach New York	0,06 mSv		5
Röntgen-Thorax-Aufnahme in zwei Ebenen beim Erwachsenen	0,02–0,05 mSv		3

Strahlung in Sievert (Sv)

1. Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen- Leitfaden für Ärztliche Berater der Katastrophenschutzleitung, Ärzte in Notfallstationen, Ärzte in der ambulanten und stationären Betreuung 2007, 3. überarb. Auflage, 1-75.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great East-Japan earthquake and tsunami. *UNSCEAR 2013 Report (Volume I)*, 2014.
3. Bae KT, Hong C, Whiting BR. Radiation Dose in Multidetector Row Computed Tomography Cardiac Imaging. *J Magn Reson Imaging* 2004; 19: 859–863.
4. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2013. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2015; 1-362.
5. ICRP, 2016. Radiological protection from cosmic radiation in aviation. ICRP Publication 132. Ann. ICRP 45(1), 1–48.

die jedoch lediglich mögliche Risiken statistisch modellierte: „Laut einer US-Studie sind die Röntgenstrahlen in einem von 80 Fällen sogar der Auslöser für Krebs!“ (BILD 2018). Diese Aussagen werden dabei aus dem Studienkontext herausgelöst und verfälschen den Eindruck des Krebsrisikos nach CT-Untersuchung. Mittlerweile zeigen neuere Studien aus Frankreich, Deutschland, Holland und eine neue Auswertung der britischen Kohorte, dass die ersten Analysen aus England, Australien und Taiwan das Risiko überschätzen (Meulepas et al. 2019; Pokora et al. 2016).

SIND DIE PATIENTEN- INFORMATIONEN AUSREICHEND?

Rechtlich kann die medizinisch begründete Exposition gegenüber ionisierender Strahlung als möglicher Eingriff in die körperliche oder gesundheitliche Befindlichkeit der zu untersuchenden Person aufgefasst werden. Sie bedarf deshalb einer rechtfertigenden Indikation – der zu erwartende individuelle medizinische Nutzen muss also die individuell erwarteten Nachteile überwiegen (§ 23 Abs. 1 RöV). Zusätzlich ist die informierte Einwilligung durch die Patientin beziehungsweise den Patienten notwendig (Wigge, Loose 2016).

Im Rahmen der informierten Einwilligung kommt der Patientenaufklärung eine wichtige Rolle zu. Sie sollte ermöglichen, dass die zu untersuchende Person ihre Entscheidung zur Einwilligung auf Basis einer realistischen Einschätzung von Nutzen und Risiko trifft. Im Prozess der Prüfung einer rechtfertigenden Indikation sowie der informierten Einwilligung sollen zwei Ziele erreicht werden. Einerseits soll es zu keiner risikobehafteten Strahlenexposition mit unklarem oder geringem medizinischen Nutzen kommen. Andererseits sollen die zu untersuchenden Personen so aufgeklärt werden, dass eine notwendige Strahlendiagnostik durchgeführt werden kann und nicht

aufgrund einer verzerrten Risikowahrnehmung verweigert wird.

Neben der juristisch begründeten Forderung nach einer rechtfertigenden Indikation und einer informierten Einwilligung spielt für die Gestaltung des Informationsmaterials zur Patienteneinwilligung deshalb das Informationsbedürfnis der Patientin beziehungsweise des Patienten eine wesentliche Rolle. In einer australischen Studie wurde etwa gezeigt, dass 50 Prozent der befragten Patientinnen und Patienten angaben, nicht ausreichende Informationen zu dem durchzuführenden bildgebenden Verfahren (CT/MRT) erhalten zu haben (Hyde et al. 2018). Hier stellt sich für Radiologen die Herausforderung, wie in der Patientenkommunikation Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten richtig zu vermitteln und ungewohnte radiologische sowie strahlenphysikalische Fachbegriffe verständlich zu machen sind.

FRAGESTELLUNG

Wir betrachten den momentanen Stand der ärztlichen Patientenaufklärung im Bereich CT-Diagnostik und prüfen, ob sie geeignet sind, der wachsenden Bedeutung aktueller und zuverlässiger Patienteninformationen gerecht zu werden.

VORGEHEN

Strukturierte Ansätze zur Patientenaufklärung bestehen in der Radiologie aus einer Patienteninformation und einem persönlichen Gespräch des Radiologen mit der zu untersuchenden Person. In dem Gespräch werden die Patientin oder der Patient beziehungsweise die Eltern über den Ablauf und die möglichen Risiken der Untersuchung aufgeklärt.

Es wurde eine Online-Recherche nach schriftlichen Patientenaufklärungen in Google mit den Suchwörtern „Patientenaufklärung“ und „Computertomographie“ durchgeführt und die gefundenen Beispiele inhaltlich ausgewertet. Zunächst wurde geprüft, aus

welcher Einrichtung (Klinik/Praxis) die Patientenaufklärung für die CT stammt. Weiter wurde das Erstellungsdatum extrahiert.

Für jede Patienteninformation wurde geprüft, ob Aspekte, wie die Kontraindikation Schwangerschaft, vorherige radiologische Untersuchungen, Kontrastmittel und Nebenwirkungen, Dosis, ob die zu untersuchende Person ein Kind ist, mögliche Endpunkte als Spätschäden nach CT-Exposition, Quellenangaben zu den dargestellten Fakten und das Risiko stochastischer Spätschäden, angesprochen wurden.

ERGEBNISSE DER AUSWERTUNG

Insgesamt wurden am 12.02.2018 ungefähr 48.000 Treffer ermittelt. Nach Durchsicht der ersten zehn Seiten konnten sechzehn Patientenaufklärungen recherchiert werden. Eine Aufklärung stammt aus der Schweiz, eine weitere wurde speziell für Herz-CT konzipiert. Insgesamt konnten acht Aufklärungen von Radiologie-Praxen und sechs von Kliniken betrachtet werden (TABELLE 1).

Für sechs Patientenaufklärungen konnte das Erstellungsdatum nicht identifiziert werden. Die älteste Aufklärung stammt vom 20. November 2012 und die aktuellste vom 22. Dezember 2017.

In allen Patientenaufklärungen, außer der ältesten und der des Softwareunternehmens, wird explizit die Kontraindikation Schwangerschaft erfragt. Vorherige bildgebende Untersuchungen werden in zwei gar nicht und in zwei weiteren nur im Zusammenhang mit der früheren Gabe von Kontrastmitteln erfragt. Nebenwirkungen von Kontrastmitteln werden in allen Aufklärungen erwähnt, und in einer Patienteninformation wird eine wissenschaftliche Studie zu diesem Thema zitiert.

In den meisten Fällen wird auf das ärztliche Gespräch verwiesen und die mit einer CT verbundene Strahlenbelastung als gering bezeichnet, sodass Strahlenschäden nicht zu erwarten seien. Konkrete klinische Endpunkte für Strahlenschäden werden in drei Patien-

teninformationen thematisiert. Erwähnte Endpunkte sind Hautrötungen, Tumoren und Katarakte. Eine Patientenaufklärung erklärt den Unterschied zwischen deterministischen und stochastischen Strahlenschäden.

In vier von acht Praxen und in drei von sechs Krankenhäusern wird in irgendeiner Form auf die Strahlendosis eingegangen und in drei Praxen und einem Krankenhaus wird auch auf Kinder als zu untersuchende Personen eingegangen. Inhaltlich werden häufig die Strahlenbelastung und die Möglichkeit für Strahlenschäden thematisiert. Beispiele von Patienteninformationen, die mögliche Strahlenschäden thematisieren, sind:

- „Die mit einer CT verbundene „Strahlenbelastung“ ist so gering, dass Strahlenschäden nicht zu erwarten und auch lange Untersuchungszeiten oder wiederholte Untersuchungen möglich sind. Bei Kindern und Jugendlichen sind jedoch Hautschäden oder ein erhöhtes Krebsrisiko nicht vollständig auszuschließen, weshalb bei ihnen besonderes strahlensparend untersucht wird.“
- „Die CT ist eine spezialisierte Röntgenuntersuchung, bei der die Strahlenbelastung durch modernste Technik und strenge ärztliche Indikationsstellung so niedrig wie möglich gehalten wird. Bei Kindern und Jugendlichen wird die Anwendung einer CT besonders geprüft und strahlensparend untersucht. In der Schwangerschaft darf eine CT nur in Notfallsituationen durchgeführt werden, da eine Schädigung des Kindes durch die Strahlung möglich ist.“
- „Bei der CT -Untersuchung wird der Körper einer geringen Strahlendosis ausgesetzt. Eine Gesundheitsgefährdung ist langfristig nicht vollständig ausgeschlossen. Im Bedarfsfalle wird Ihnen (Ihrem Kind) ein Schutz für Hoden und Eierstöcke zur Verfügung gestellt. Im Falle einer Schwangerschaft besteht das Risiko einer Schädigung des ungeborenen Kindes und es sollten nach Möglichkeit andere Untersuchungsverfahren eingesetzt werden (z.B.

AUFKLÄRUNG	EINRICHTUNG	DATUM ERSTELLT	KONTRAINDIKATION SCHWANGERSCHAFT	ERWÄHNUNG DER DOSIS	ERWÄHNUNG KINDER	VORHERIGE UNTERSUCHUNGEN ERFRAGT	SONSTIGE HINWEISE
1	Klinik	-	ja	ja	ja	ja	Hautschäden/ Krebsrisiken
2	Praxis	12.07.2016	ja	ja	Kinder ja, Risiko nein	ja	nein
3	Praxis	-	ja	nein	nein	ja	nein
4	Klinik	2016	ja	nein	nein	ja	nein
5	Praxis	-	ja	nein	nein	ja	nein
6	Muster	01.07.2013	ja	nein	nein	ja	nein
7	Praxis	-	ja	nein	nein	ja, aber nur mit Kontrastmittel	Stillen
8	Praxis	01.07.2014	ja	ja	nein	ja	nein
9	Klinik	28.07.2014	ja	ja	nein	ja und Röntgenpass	Nur Vorab- information
10	Software- unternehmen	01.05.2014	nein	nein	nein	nein	Gespräch mit dem Arzt
11	Praxis	22.12.2017	ja	ja	ja	ja	Katarakt
12	Praxis	-	ja	nein	nein	ja, aber nur mit Kontrastmittel	nein
13	Praxis	02.10.2015	ja	ja	ja	ja	nein
14	Klinik	-	ja	nein	nein	ja	Stillen
15	Klinik	25.11.2013	ja	nein	nein	nein	nein
16	Klinik	20.11.2012	nein	ja	nein	ja	Hautschäden/ Krebsrisiko

TABELLE 1
Deskriptive Darstellung
der Aufklärungen.

Ultraschall oder MRT). Häufige CT-Untersuchungen der Zähne oder des Kopfes können die Eintrübung der Augenlinse (Katarakt, grauer Star) nach sich ziehen.“

- „Die Untersuchung stellt eine gewisse Strahlenbelastung dar, die durch neueste Gerätetechnologie, regelmäßige Kontrollen der Geräte, Ihren Beschwerden oder Ihrer Erkrankung angepasste Untersuchungstechnik und Indikationsstellung durch

einen fachkundigen Radiologen so gering wie möglich gehalten wird. Strahlenschäden konnten durch die bei der normalen Computertomographie verabreichten Dosen bislang nicht nachgewiesen werden.“

In einer Patientenaufklärung wird auf das Risiko stochastischer Spätschäden und die konkret zu erwartende Strahlendosis eingegangen.

DISKUSSION

Insgesamt sechzehn Patientenaufklärungen aus Deutschland und der Schweiz wurden geprüft. In den neueren Aufklärungen werden die Kontraindikation Schwangerschaft und mehrfache Untersuchungen abgefragt. Inhaltlich wird das Risiko durch CTs zwar oftmals thematisiert, aber bleibt sehr oberflächlich.

Eine große Limitierung der Studie ist, dass nur schriftliche Aufklärungsbögen untersucht wurden. Bei einer Patientenaufklärung ist das Aufklärungsgespräch allerdings wesentlicher Bestandteil. Da eine Standardisierung des Aufklärungsgesprächs nicht möglich ist, wird dessen Beitrag zur informierten Entscheidung in der wissenschaftlichen Literatur kontrovers diskutiert (Kirby et al. 2013; Lühnen et al. 2018; Sherlock, Brownie 2014).

Es ist fraglich, ob im Arzt-Patienten-Gespräch alle Unklarheiten beseitigt werden können. In früheren Studien wurde gezeigt, dass es für Ärztinnen und Ärzte schwer ist, Risiken und Unsicherheiten einerseits fachlich richtig und andererseits verständlich zu kommunizieren (Naylor et al. 1992; Jain et al. 1998; McGettigan et al. 1999; Merzenich et al. 2012). Im Fall der Radiologie sind komplexe Expositionen (Kaatsch 2006) und Fachausdrücke zu erklären. Zusätzlich ist die zu untersuchende Person im Gespräch mit großer Wahrscheinlichkeit angespannt und muss sich gleichzeitig auch noch mit der Indikation für die CT beschäftigen.

Bei der Erfassung früherer strahlendiagnostischer Untersuchungen ist fraglich, ob sich zu untersuchende Personen an alle vorherigen Untersuchungen erinnern können. In einer Studie von Dreger et al. (2015) wurde gezeigt, dass sich Patientinnen und Patienten nur an zeitnahe Untersuchungen sehr gut erinnern können. Bei einem Abgleich mit Versicherungsdaten wurde für eine kleine Stichprobe von acht Patientinnen und Patienten nur eine Übereinstimmung von insgesamt 55 Prozent gefunden. In Deutschland könnte dieses Problem der Röntgenpass lösen. In der

Röntgenverordnung (RöV) seit 2002 im §28 wird vorgeschrieben, dass behandelnde Ärztinnen und Ärzte bei Röntgenuntersuchungen Röntgenpässe bereitzuhalten und der untersuchten Person anzubieten haben. Vorteile eines Röntgenpasses sind eine schnelle und einfache Übersicht über die Expositionsvergangenheit der Patientin oder des Patienten. Mit einem solchen Instrument erkennt der behandelnde Arzt, ob es für die aktuelle Fragestellung bereits aussagekräftige Aufnahmen gibt und wo die Aufnahmen entstanden sind, so dass die Entwicklung eines Krankheitsgeschehens besser beurteilt werden kann. Auf den Seiten des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) wird bedauert, dass die Erwartungen an die Einführung eines Röntgenpasses bisher noch nicht erfüllt sind (<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/diagnostik/roentgen/roentgenpass.html>; Zugriff am: 30.08.2018).

Für die in dieser Studie betrachteten Aufklärungsbögen wurden zentrale rechtliche Aspekte für die informierte Entscheidungsfindung berücksichtigt. Validierte Instrumente zur Bewertung von Aufklärungsbögen existieren nicht. Limitierend für die Aussage der hier vorgestellten Untersuchung ist, dass nur online verfügbare Aufklärungsbögen verwendet wurden. Da darunter auch ein kommerzieller Anbieter war und die Bögen in ihrer Qualität vergleichbar waren, gehen wir von einer Generalisierbarkeit der Ergebnisse in der Radiologie aus.

Erste Studien zeigen, dass Patientinnen und Patienten vor der CT aus vielen Gründen Angst haben und eine gute Aufklärung diese mildern kann (Heyer et al. 2015). Insgesamt haben die Patientinnen und Patienten vor mehreren Faktoren Angst, wovon einer die angewendete Röntgenstrahlung ist. Eine verzerrte Einschätzung der tatsächlichen Strahlenrisiken könnte das Ergebnis medialer Berichterstattung sein, die häufig Studienergebnisse unzulässig verkürzt und undifferenziert darstellt. Vor diesem Hintergrund sollte daran gearbeitet werden, Radiologen bessere Hilfen zur Hand zu geben, um die möglichen Strahlenrisiken der zu unter-

suchenden Person korrekt und verständlich erklären zu können.

LITERATUR

- Ballwieser D (2018): Artikel im SPIEGEL vom 07.06.2012: Computertomographie - Nicht jedes Kind muss in die Röhre. <http://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/computertomografie-ct-bei-kindern-krebsrisiko-steigt-a-837304.html> (Zugriff am: 10.02.2018).
- BILD (2018): <http://www.bild.de/ratgeber/gesundheit/krebs-ausloesen-computertomographie-strahlen-schlimmer-als-vermutet-studie-10828536.bild.html> (Zugriff am: 10.02.2018).
- Dreger S, Poettgen S, Samkange-Zeeb F et al. (2015): Retrospective assessment of self-reported exposure to medical ionizing radiation: results of a feasibility study conducted in Germany. *BMC Res Notes* 8: 300. DOI: 10.1186/s13104-015-1268-8.
- Friedland W, Schmitt E, Kunderát P et al. (2017): Comprehensive track-structure based evaluation of DNA damage by light ions from radiotherapy-relevant energies down to stopping. *Sci Rep* 7: 45161. DOI: 10.1038/srep45161.
- Heyer CM Thüring J, Lemburg SP et al. (2015): Anxiety of patients undergoing CT imaging-an underestimated problem? *Acad Radiol* 22(1): 105–12. DOI: 10.1016/j.acra.2014.07.014.
- Huang W-Y, Muo C-H, Lin C-Y et al. (2014): Paediatric head CT scan and subsequent risk of malignancy and benign brain tumour: a nation-wide population-based cohort study. *Br J Cancer* 110(9): 2354–60. DOI: 10.1038/bjc.2014.103.
- Hyde LL, Mackenzie LJ, Boyes AW et al. (2018): Medical imaging outpatients' experiences with receiving information required for informed consent and preparation: A cross-sectional study. *Journal of patient Experience* 2018: 1–7. DOI: 10.1177/2374373518765794.
- IARC – International Agency for Research on Cancer Working Group (2000): Ionizing radiation, Part I: X-Radiation and γ -Radiation and Neutrons. IARC monog. Lyon: 492 p.
- Jain B, McQuay H, Moore A (1998): Number needed to treat and relative risk reduction. *Ann Intern Med* 128(1): 72–3.
- Journy N, Rehel J-L, Ducou Le Pointe H et al. (2015): Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *Br J Cancer* 112(1): 185–93. DOI: 10.1038/bjc.2014.526.
- Kaatsch P (2006): Empfehlungen für eine gute Risikokommunikation - Erfahrungen anhand deutscher Studien zu Krebs bei Kindern und Wohnortnähe zu Kernkraftwerken. *Umweltmed Forsch Prax* 11(1): 27–31.
- Kirby R, Challacombe B, Hughes S et al. (2013): Increasing importance of truly informed consent: the role of written patient information. *BJU Int* 112: 715–6. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11787.x.
- Krille L, Dreger S, Schindel R et al. (2015): Risk of cancer incidence before the age of 15 years after exposure to ionising radiation from computed tomography: results from a German cohort study. *Radiat Environ Biophys* 54(1): 1–12. DOI: 10.1007/s00411-014-0580-3.
- Lühnen J, Mühlhauser I, Steckelberg A (2018): The quality of informed consent forms – a systematic review and critical analysis. *Dtsch Arztebl Int* 115: 377–83. DOI: 10.3238/arztebl.2018.0377
- Mathews JD, Forsythe A V, Brady Z et al. (2013): Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ* 346(May): f2360. DOI: 10.1136/bmj.f2360.
- McGettigan P, Sly K, O'Connell D et al. (1999): The effects of information framing on the practices of physicians. *J Gen Intern Med* 14: 633–42. DOI: 10.1046/j.1525-1497.1999.09038.x.
- Merzenich H, Krille L, Hammer G et al. (2012): Paediatric CT scan usage and referrals of children to computed tomography in Germany--a cross-sectional survey of medical practice and awareness of radiation related health risks among physicians. *BMC Health Serv Res* 2012 Feb 25;12: 47. DOI: 10.1186/1472-6963-12-47.
- Meulepas JM, Ronckers CM, Smets AM et al. (2019): Radiation exposure from pediatric CT scans and subsequent cancer risk in the Netherlands. *JNCI J Natl Cancer Inst* 111(3): djy104. DOI: 10.1093/jnci/djy104.
- NAS/NRC – National Academy of Sciences/National Research Council (2006): Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. BEIR VII Phase 2. National Academy Press, editor. Washington DC.
- Naylor C, Chen E, Strauss B. (1992): Measured Enthusiasm: Does the method of reporting trial results alter perceptions of therapeutic effectiveness? *Ann Intern Med* 117(11): 916–21. DOI: 10.7326/0003-4819-117-11-916.
- Pearce MS, Salotti JA, Little MP et al. (2012): Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: A retrospective cohort study. *Lancet* 380(12): 499–505. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0.
- Pokora R, Krille L, Dreger S et al. (2016): Computed tomography in Germany – results and insights from a cohort study and health insurance data (AOK). *Dtsch Arztebl Int* 113(43): 721–8. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0721.

RöV – Röntgenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003 (BGBl. I S. 604), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010) geändert worden ist.

Sherlock A, Brownie S (2014): Patients' recollection and understanding of informed consent: a literature review. *ANZ J Surg* 84(4): 207–10. DOI: 10.1111/ans.12555.

Smith-Bindman R, Miglioretti DL, Larson EB. (2008): Rising use of diagnostic medical imaging in a large integrated health system. *Health Aff* 27(6): 1491–502. DOI: 10.1377/hlthaff.27.6.1491.

Walsh L, Shore R, Auvinen A et al. (2014): Risks from CT scans-what do recent studies tell us? *J Radiol Prot.* 34(1): E1–5. DOI: 10.1088/0952-4746/34/1/E1.

Wigge P, Loose R. (2016): Ärztliche Aufklärungspflichten bei diagnostischen Röntgenuntersuchungen. *FortschrRöntgenstr* 188: 218–24.

KONTAKT

Dr. Roman Pokora
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Obere Zahlbacher Straße 69
55128 Mainz
E-Mail: pokora[at]uni-mainz.de

[UBA]