

Radiologe 2021 · 61:80–86
<https://doi.org/10.1007/s00117-020-00737-8>
 Online publiziert: 20. August 2020
 © Der/die Autor(en) 2020



Jonathan Nadjiri¹ · Tobias Geith¹ · Tobias Wagershauser¹ · Lothar Heuser² · Dominik Morhard³ · Arno Bücken⁴ · Philipp M. Paprottka¹

¹ Sektion für Interventionelle Radiologie, Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München, München, Deutschland

² Bochum, Deutschland

³ Radiologie und Neuroradiologie, Leopoldina Krankenhaus Schweinfurt, Schweinfurt, Deutschland

⁴ Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum der Universität des Saarlandes, Homburg / Saar, Deutschland

Strahlenexposition bei häufigen interventionellen Eingriffen der Leber im Vergleich

Retrospektive Analyse von DeGIR-Registerdaten

Die Weiterentwicklung der interventionellen Radiologie mit Ausweitung der Indikationen, Verfügbarkeit und Patientenzahlen trägt zu einer zunehmenden Strahlenexposition von Patienten bei. Die transarterielle Chemoembolisation (TACE) und Gallenganginterventionen stellen häufige Eingriffe dar. Derzeit liegen keine genauen Daten darüber vor, welchen Einfluss technische Details wie z. B. die Art des Lebereingriffs, das genaue Ziel oder auch die Art der Interventionen auf die individuelle Strahlenexposition des Patienten haben. In dieser Studie soll die Strahlenexposition bei hepatischen Eingriffen in Abhängigkeit dieser technischen Details analysiert und verglichen werden.

Hintergrund und Fragestellung

Weltweit ist die medizinisch bedingte durchschnittliche Strahlenexposition innerhalb der letzten Jahre trotz zahlreicher technischer Fortschritte zur Reduktion der Strahlenexposition stark angestiegen. Dies ist vor allem auf die zunehmende Anzahl an durchgeführten CT-Untersuchungen zurückzuführen [5]. Die Weiterentwicklung der interventionellen Radiologie hat zur Ausweitung

der Indikationen, zu höherer Verfügbarkeit und einem damit verbundenen Anstieg der Patientenzahlen geführt. Somit hat die detaillierte Betrachtung der Strahlenexposition für dieses Anwendungsgebiet eine hohe Bedeutung. Sogar das zunehmende durchschnittliche Patientengewicht und das hierdurch bedingt größere zu durchstrahlende Volumen trägt zur allgemeinen Erhöhung der Strahlenexposition bei.

In der Regel bewegt sich die Strahlenexposition in der interventionellen Radiologie unterhalb der Schwelle für deterministische Schäden. Diese kann allenfalls in seltenen Ausnahmefällen überschritten werden.

Aufgrund der Strahlenexposition des Patienten und möglicher Folgen ist neben den differenzialtherapeutischen Überlegungen die Indikation der Untersuchung oder des Eingriffs genau abzuwägen und präzise zu stellen. Beim Eingriff selbst ist die Exposition für den Patienten nach dem ALARA-Prinzip so niedrig wie möglich zu halten („as low as reasonably achievable“; [2]). In Deutschland geben diagnostische Referenzwerte (DRW) dem Anwender eine Orientierung über die Effizienz des Strahlenschutzes im praktischen Alltag. Durch den Vergleich der für die einzelne Intervention festgestellten Strahlenexposition mit dem

Referenzwert sollen Patienten vor zu hoher Exposition geschützt werden [7]. Die Erhebung von Dosisreferenzwerten ist in der Strahlenschutzverordnung (§ 125 Absatz 1 StrlSchV) und im Strahlenschutzgesetz (§ 185 Absatz 2 Nr. 2 StrlSchG) festgelegt.

Das Abdomen zählt aufgrund seiner großen epithelbesetzten Oberfläche zu einer strahlensensiblen Region des Körpers, welche jedoch häufig im Fokus von interventionell radiologischen Therapien steht [6, 8]. Dies ist z. B. bei einer transarteriellen Chemoembolisation (TACE) oder auch Gallenganginterventionen der Fall. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat in seiner aktuellen Liste von 2018 für interventionell-radiologische Eingriffe am Erwachsenen lediglich für die TACE ein DFP von 23.000 cGy*cm² als Dosisreferenzwert angegeben. Da die TACE in derselben anatomischen Region durchgeführt wird wie Gallenganginterventionen, könnte man in Ermangelung besserer Werte versucht sein, die DRW der TACE auf ebensolche Gallenganginterventionen anzuwenden. Derzeit liegen keine genauen Daten darüber vor, welchen Einfluss technische Details wie z. B. die Art des Eingriffs, also TACE im Vergleich zu Gallenganginterventionen, das genaue Ziel der Gallenganginterventionen oder



Abb. 1 ▲ Flowchart zu Darstellung der Auswahl der Studienpopulation mit Einschlusskriterien

auch die Art der Gallenganginterventionen, also Drainage, Bougierung etc., auf die individuelle Strahlenexposition des Patienten haben. Das Wissen über die mittlere Strahlenexposition bei Gallenganginterventionen und über den Einfluss von technischen Aspekten des Eingriffs auf die Strahlenexposition des Patienten könnte dem interventionellen Radiologen bei der Planung eines Eingriffs helfen.

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Ermittlung von Strahlenexpositionswerten für verschiedene Gallenganginterventionen, deren Vergleich mit der TACE und

die Ermittlung der Notwendigkeit für die Aufstellung von Referenzwerten.

Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Einhaltung ethischer Standards

Diese retrospektive Analyse von Registerdaten steht im Einklang mit nationalem Recht sowie der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung). Die Daten wurden bis Ende 2018 gesammelt, liegen anonymisiert vor und wurden retrospektiv ausge-

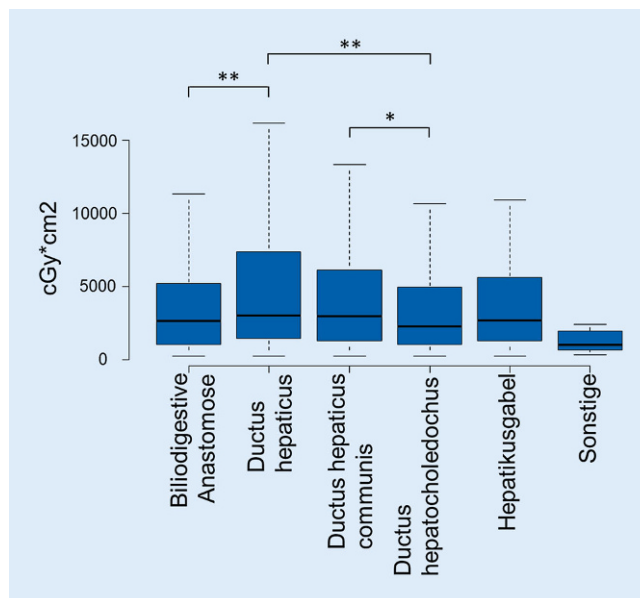


Abb. 2 ▲ Analyse des Dosisflächenproduktes in Bezug auf das Feinziel bei Gallenganginterventionen, Anova-Test: $p < 0,001$. * signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$), ** hochsignifikante Ergebnisse ($p < 0,01$)

wertet. Eine Patienteneinwilligung oder Zustimmung der lokalen Ethikkommission ist daher nicht erforderlich.

Datenerfassung

Die Deutsche Gesellschaft für Interventionelle Radiologie und minimal-invasive Therapie (DeGIR) erfasst im Rahmen eines Qualitätssicherungsprogramms über ein Register vaskuläre und nichtvaskuläre Interventionen. Die Erfassung der Daten im Studienzeitraum erfolgte über Software von BQS (Institut für Qualität & Patientensicherheit GmbH) und Samedi über entsprechende Webportale und werden von der DeGIR für die vorliegende Studie freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Die Dateneingabe zur Qualitätssicherung erfolgt auf freiwilliger Grundlage. Als Basis für die retrospektive Analyse wurden die anonymisierten DeGIR-Registerdaten aus den Jahren 2016, 2017 und 2018 für die TACE verwendet sowie die Daten aus dem Jahr 2017 und 2018 für Gallenganginterventionen. Die Erfassung der Dosis erfolgte über das registrierte Dosisflächenprodukt (DFP) in $\text{cGy} \cdot \text{cm}^2$. Zu dem erfolgte die Erfassung der Durchleuchtungszeit (DL) in Minuten. Folgende Interventionsarten wurden erfasst:

- selektive und superselektive TACE,
- Katheterbougieung, Ballondilatation und/oder Stentbehandlung von Gallengängen,
- interne und externe Katheterdrainagen von Gallengängen.

Die definierten Feinziele der Gallenganginterventionen waren folgende:

- rechter und linker Ductus hepaticus,
- Hepatikusgabel,
- Ductus hepaticus communis und Ductus hepatocholedochus,
- biliodigestive Anastomose und sonstige (z. B. Peripherie bei Leckage).

Studienpopulation und Einschlusskriterien

Für die Jahre 2016, 2017 und 2018 standen insgesamt 14.080 Datensätze zur Verfügung. Zur Analyse wurden nur Datensätze aus Deutschland eingeschlossen. Datensätze ohne Dosisangaben wurden ausgeschlossen. Nach einer Plausibilitätsanalyse wurden nur Datensätze eingeschlossen, bei denen galt:

- Durchleuchtungszeit <360 min
- $250 \text{ cGy} \cdot \text{cm}^2 < \text{DFP} < 100.000 \text{ cGy} \cdot \text{cm}^2$

Eine Flowchart zur Darstellung der Einschlusskriterien und -zahlen ist in **Abb. 1** illustriert.

Die gesamte Studienpopulation beträgt 7003 Patienten.

Statistik

Zur deskriptiven Statistik wurde R Statistics (R version 3.5.3 [2019-03-11] – „Great Truth“) verwendet [9]. Die Normalverteilung wurde auf Basis der Histogramme angenommen. Zum Mittelwertvergleich der Gruppen wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, zum Vergleich von mehr als zwei Gruppen eine Anova-Analyse durchgeführt. Zur Analyse von Korrelationen wurde eine lineare Regressionsanalyse mit Pearsons-Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Als allgemeines Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ akzeptiert.

Radiologe 2021 · 61:80–86 <https://doi.org/10.1007/s00117-020-00737-8>
© Der/die Autor(en) 2020

J. Nadjiri · T. Geith · T. Wagershauser · L. Heuser · D. Morhard · A. Bücker · P. M. Paprottka

Strahlenexposition bei häufigen interventionellen Eingriffen der Leber im Vergleich. Retrospektive Analyse von DeGIR-Registerdaten

Zusammenfassung

Hintergrund. Die transarterielle Chemoembolisation (TACE) oder auch Gallenganginterventionen stellen häufige Leberinterventionen dar.

Ziel der Arbeit. In dieser retrospektiven Studie soll die Strahlenexposition der Patienten mit einem hepatischen Eingriff in Abhängigkeit von Art und Feinziel der Intervention analysiert und verglichen werden.

Material und Methoden. Dies ist eine Analyse von 7003 DeGIR-Registerdatensätzen aus den Jahren 2016 bis 2018 für TACE und Gallenganginterventionen. Das Dosisflächenprodukt (DFP) und die Durchleuchtungszeit (DL) sowie die Interventionsart und das anatomisch definierte Feinziel der Interventionen wurden erfasst.

Ergebnisse. Insgesamt lagen Dosiswerte für 4985 durchgeführte TACE und 2018 Gallenganginterventionen vor. Bei Gallenganginterventionen lag der Median des DFP bei 2594 (Interquartilbereich [IQR] = 1174–5858) $\text{cGy} \cdot \text{cm}^2$. Bei der

TACE betrug der Median des DFP 11.632 [IQR = 5530–22.800] $\text{cGy} \cdot \text{cm}^2$ und lag damit signifikant höher als bei Gallenganginterventionen ($p < 0,0001$). Gallengangeingriffe mit dem höchsten DFP sind Interventionen am Ductus hepaticus, während Eingriffe mit der längsten DL an der Hepatikusgabel stattfinden.

Diskussion. Die individuelle Strahlendosis für einen Patienten bei einer Leberintervention hängt weniger von der Komplexität des Eingriffs bzw. Durchleuchtungszeit ab, sondern von der Art des Eingriffs und vom Feinziel der Intervention. Die vorliegenden Dosisdaten können eine Hilfe sein, die Strahlenexposition bei einer Leberintervention bereits vor dem Eingriff grob abzuschätzen.

Schlüsselwörter

Dosis · Leberinterventionen · Gallenganginterventionen · Transarterielle Chemoembolisation · DeGIR Registerdatenbank

Comparison of radiation exposure in common hepatic interventions. A retrospective analysis of DeGIR registry data

Abstract

Background. Transcatheter arterial chemoembolization (TACE) and biliary interventions are common procedures.

Objectives. In this retrospective study, the radiation exposure of patients undergoing hepatic intervention will be analyzed and compared depending on the type and objective of the intervention.

Materials and methods. This is an analysis of 7003 data sets of performed TACEs and biliary interventions from the DeGIR registry for the years 2016, 2017, and 2018. The dose area product (DAP), fluoroscopy time (FT), type of intervention, and anatomically defined target were recorded.

Results. Data with documented radiation doses were available for 4985 TACEs and for 2018 biliary interventions. For biliary interventions the median DAP was 2594 (interquartile range [IQR] = 1174–5858) $\text{cGy} \cdot \text{cm}^2$. For TACE, the median DAP was 11,632

[IQR = 5530–22,800] $\text{cGy} \cdot \text{cm}^2$ and significantly higher compared to biliary interventions ($p < 0.0001$). Biliary interventions with the highest DAP take place at the common hepatic duct; procedures with the longest FT were registered at the hepatic duct bifurcation.

Conclusions. The individual radiation exposure during liver interventions is less dependent of the complexity of the procedure or the fluoroscopy time, but rather on the type of intervention and the anatomic target. The presented data can help to approximately estimate the radiation exposure in advance when planning an intervention.

Keywords

Radiation monitoring · Liver interventions · Biliary interventions · Transcatheter arterial chemoembolization · DeGIR registry

Tab. 1 Gallenganginterventionen

Eingriffe	2018
Durchschnittsalter in Jahren	67 ± 13
Geschlecht (männlich)	1264 (62 %)
<i>Interventionsarten (nur Jahr 2017)</i>	
Ballondilatation und/oder Stent	317 (24 %)
Katheterbougierung	31 (2 %)
Katheterdrainage	980 (74 %)
<i>Feinziel</i>	
Biliodigestive Anastomose	320 (16 %)
Ductus hepaticus	554 (27 %)
Ductus hepaticus communis	231 (11 %)
Ductus hepatocholedochus	788 (39 %)
Hepaticusgabel	95 (5 %)
Sonstige	30 (2 %)
<i>Dosisflächenprodukt nach Interventionsart in cGy*cm² Median und Interquartil-Range in eckigen Klammern (nur 2017)</i>	
Ballondilatation und/oder Stent	3244 [IQR = 1363–6395]
Katheterbougierung	1816 [IQR = 1010–5367]
Katheterdrainage	2496 [IQR = 1138–5748]
<i>Dosisflächenprodukt nach Feinziel in cGy*cm² Median und Interquartil-Range in eckigen Klammern</i>	
Biliodigestive Anastomose	2591 [1050–5207]
Ductus hepaticus	3041 [1448–7390]
Ductus hepaticus communis	2992 [1328–6140]
Ductus hepatocholedochus	2238 [1064–4957]
Hepaticusgabel	2687 [1300–5630]
Sonstige	983 [715–1962]
<i>Durchleuchtungszeit nach Interventionsart in Minuten Median und Interquartil-Range in eckigen Klammern (nur 2017)</i>	
Ballondilatation und/oder Stent	11 [6–21]
Katheterbougierung	7 [3–15]
Katheterdrainage	12 [6–20]
<i>Durchleuchtungszeit nach Feinziel in Minuten Median und Interquartil-Range in eckigen Klammern</i>	
Biliodigestive Anastomose	11 [6–19]
Ductus hepaticus	12 [6–21]
Ductus hepaticus communis	11 [7–21]
Ductus hepatocholedochus	11 [6–20]
Hepaticusgabel	16 [9–24]
Sonstige	7 [4–12]
<i>Median und IQR der Durchleuchtungszeit aller Gallengangsinterventionen in Minuten</i>	11 [6–20]
<i>Median und IQR des FDP aller Gallengangsinterventionen in cGy*cm²</i>	2594 [1174–5858]

Ergebnisse

Gallenganginterventionen

In den Jahren 2017 und 2018 wurden 2018 Gallenganginterventionen eingeschlossen. Nur für das Jahr 2017 liegt

eine Kodierung der Interventionsart vor. 62 % der Patienten waren männlich. Das Durchschnittsalter lag bei 67 ± 13 Jahren. Eine Auflistung nach Feinzielen und Interventionsart ist in **Tab. 1** angefügt. Bei Gallenganginterventionen lag der Median der DL bei 11

[IQR = 6–20] min; der Median des DFP lag bei 2594 [IQR = 1174–5858] cGy*cm². Eine genaue Auflistung der DFP nach Feinziel ist in **Abb. 2** dargestellt; die Abhängigkeit der DL vom Feinziel ist in **Abb. 3** illustriert. Die längste DL haben Galleninterventionen an der Hepaticusgabel; diese ist signifikant höher als bei allen anderen Feinzielen. Das höchste DFP haben Interventionen am Ductus hepaticus; diese ist signifikant höher als Interventionen an einer biliodigestiven Anastomose und am Ductus hepatocholedochus. Die Korrelation zwischen DL und DFP ist gering, wenn auch hoch signifikant: R = 0,42; p < 0,0001.

Transarterielle Chemoembolisation

Aus den Jahren 2016, 2017 und 2018 wurden 4985 TACE-Eingriffe eingeschlossen. Das Durchschnittsalter lag bei 69 ± 10 Jahren; 3656 (73 %) der Patienten waren männlich. Eine Auflistung der DFP und DL ist in **Tab. 2** aufgeführt. Bei der TACE betrug der Median der DL 16 [IQR = 10–25] min und lag damit signifikant über der DL der Gallenganginterventionen (p < 0,0001); der Median des DFP lag bei 11.632 [IQR = 5530–22.800] cGy*cm² und damit ebenfalls signifikant höher als bei Gallenganginterventionen (p < 0,0001). Die Korrelation zwischen DL und DFP ist gering und hochsignifikant: R = 0,25; p < 0,0001. In **Abb. 4 und 5** werden die Relationen des DFP und der DL in Abhängigkeit der Interventionsart illustriert.

Vergleich der Interventionsarten

Die TACE weist ein signifikant höheres DFP auf im Vergleich zur Ballondilatation und/oder Stentbehandlung, Katheterbougierung und Katheterdrainagen von Gallengängen, wobei die DL bei der TACE im Vergleich zur Ballondilatation und/oder Stentbehandlung von Gallengängen oder auch Katheterdrainagen von Gallengängen signifikant länger ist. Die Korrelation zwischen DL und DFP aller registrierter Leberinterventionen (TACE und Gallenganginterventionen) ist gering: R = 0,28; p < 0,0001.

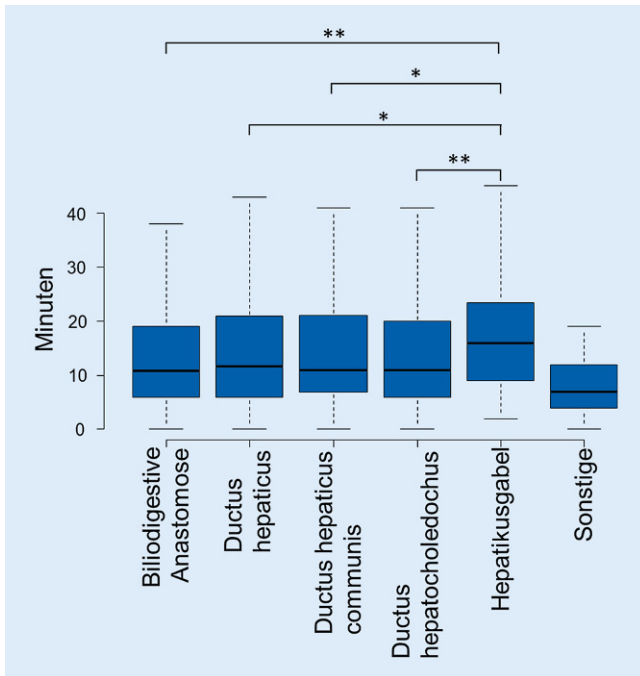


Abb. 3 ▲ Analyse der Durchleuchtungszeiten in Bezug auf das Feinziel bei Gallenganginterventionen, Anova-Test: $p = 0,048$. * signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$), ** hochsignifikante Ergebnisse ($p < 0,01$)

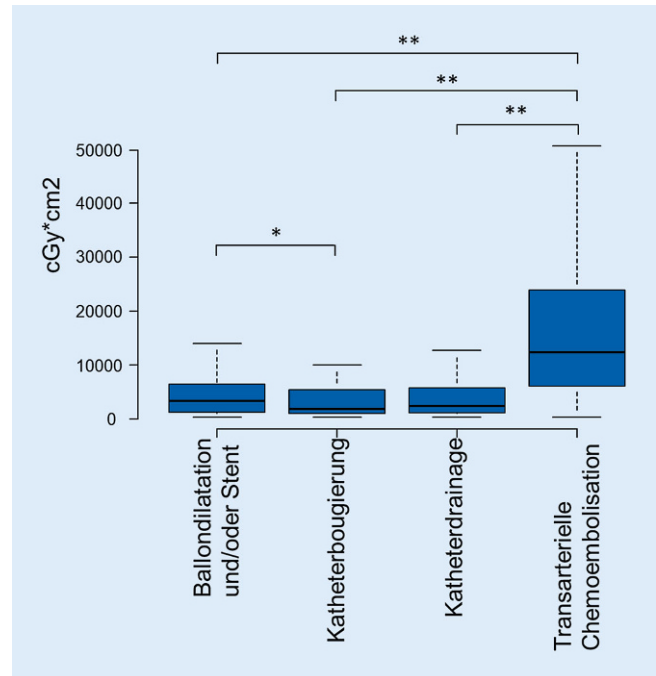


Abb. 4 ▲ Analyse des Dosisflächenproduktes in Bezug auf die Interventionsart, Anova-Test: $p < 0,001$. * signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$), ** hochsignifikante Ergebnisse ($p < 0,01$). Informationsdaten über die Interventionsart mit Dosisangaben standen nur aus dem Jahr 2017 zur Verfügung

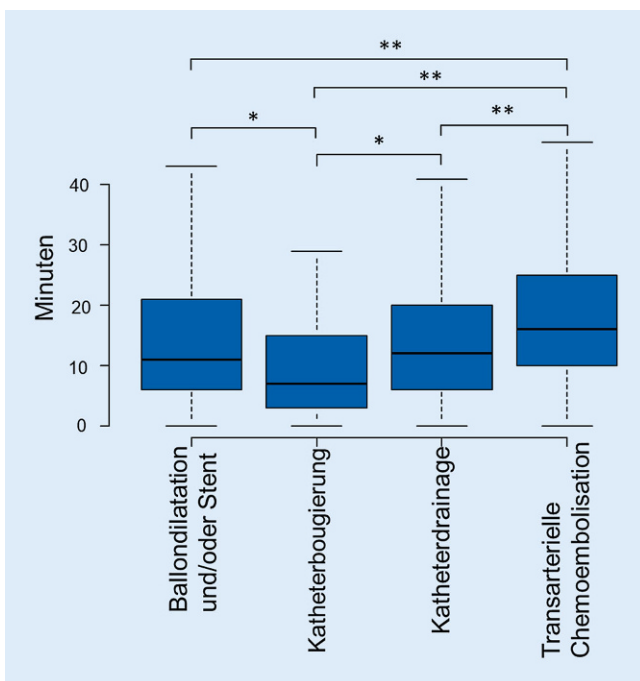


Abb. 5 ◀ Analyse der Durchleuchtungszeiten in Bezug auf die Interventionsart, Anova-Test: $p = 0,048$. * signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$), ** hochsignifikante Ergebnisse ($p < 0,01$). Informationsdaten über die Interventionsart mit Dosisangaben standen nur aus dem Jahr 2017 zur Verfügung

Diskussion

Neben möglichst hohen Erfolgsraten und niedrigen Komplikationsraten gehört auch eine möglichst geringe Strahlenexposition zu den wichtigen Qualitäts-

zielen bei interventionell-radiologischen Eingriffen. Die Deutsche Gesellschaft für Interventionelle Radiologie (DeGIR) und die Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie (DGNR) betreiben erhebliche Anstrengungen zur Förderung

der interventionellen Radiologie und bemühen sich in besonderem Maße darum, die Strahlenexposition von Patienten und Interventionalisten immer weiter zu reduzieren. Eine gut strukturierte theoretische und praktische Ausbildung ist hierzu eine Grundvoraussetzung. So haben die DeGIR und DGNR die Ausbildung auch jenseits der Facharztprüfung durch Zertifizierungsmaßnahmen für den einzelnen Radiologen, aber auch für institutionelle Ausbildungszentren eingeführt. Ein eigenes Curriculum wurde ebenso erstellt wie die Anforderungen an die praktische Weiterbildung für spezialisierte Radiologen über verschiedene Module hinweg klar definiert wurden [3]. Im Rahmen der Zertifizierung wird ein strukturiertes Ausbildungsprogramm mit speziellen Fortbildungskursen zur Verfügung gestellt, welches die Eingriffsqualität erhöhen kann. Ein flächendeckendes Angebot an minimal-invasiven Eingriffen kann somit zwar zu einer Zunahme der medizinischen Strahlenexposition insgesamt führen, gleichzeitig aber zu einer verbesserten individuellen Patientenversorgung beitragen. Als Werkzeug zur Verbesserung der Pati-

Tab. 2 Transarterielle Chemoembolisation (TACE)

Eingriffe	4958
Durchschnittsalter in Jahren	69 ± 10
Geschlecht (männlich)	3656 (73 %)
Median und IQR des DFP aller TACE in $cGy \cdot cm^2$	11.632 [5530–22.800]
Median und IQR der Durchleuchtungszeit aller TACE in Minuten	16 [10–25]

entenversorgungsqualität dient u. a. das DeGIR-Register, welches zur klinikinternen Qualitätssicherung genutzt werden kann, aber zudem auch dem individuellen Radiologen zur Eingriffserfassung für die o. g. Zertifizierung dient.

Für Interventionen im Bereich der Leber liefert das Bundesamt für Strahlenschutz nur für die TACE ein DFP von $23.000 cGy \cdot cm^2$ als Dosisreferenzwert. Weitere Interventionen wie die häufigen Gallengangsinterventionen werden nicht eigens erwähnt, da dem BfS bislang hierfür keine Daten vorgelegen haben [7]. Im Median liegt das DFP für eine TACE in den Registerdaten unter dem vom BfS veröffentlichten DRW, allerdings wurde 2016, 2017 und 2018 in 1214 Fällen (17 %) eine Überschreitung der 2018 aktualisierten DRW basierend auf Daten aus 2016 und 2017 von $23.000 cGy \cdot cm^2$ beobachtet. Da die Dosisreferenzwerte vom BfS auf der Basis der 75. Perzentilen berechnet werden, ist die Überschreitung in 17 % der Fälle eher positiv überraschend niedrig. Als wahrscheinlichster Grund dafür kommt die technische Weiterentwicklung der Eingriffsgeräte in Frage, welche zu einer geringeren Strahlenexposition führen und die Eingriffswerte dadurch deutlich unterhalb der Referenzwerte liegen können.

Interventionsart

In Bezug auf die Gallenganginterventionen zeigt die DL einen positiven Zusammenhang mit der Komplexität des Eingriffs, soweit sich diese Komplexität aus dem anatomischen Ziel der Intervention ableiten lässt. Die Auswertung zeigt aber auch, dass bei einer TACE die höchste Strahlenexposition zu erwarten ist, etwa vierfach erhöht, obwohl die DL-Zeit nur etwa um ein Viertel höher ist als bei den Gallenganginterventionen. Ursächlich dafür ist die dosisintensivere digitale Subtraktionsangiographie (DSA) bei

der TACE. Die Bildserien der DSA werden benötigt, um die Gefäßübersicht zu erstellen sowie die gefäßreichen Tumoren zu identifizieren und deren Tumorfeeder zu erkennen. Zur Kontrolle der Verteilung des Chemoembolisates werden dann in der Regel die Fluoroskopie und Einzelbilder genutzt. Insbesondere die Identifizierung von Feedergefäßen zum Tumor kann mehrmals erforderlich sein, wenn mehrere zu behandelnde Tumoren und/oder mehrere arterielle Tumorzufüsse vorliegen. Zudem wird in einigen Zentren bei der TACE auch eine Rotationsangiographie (bzw. C-Arm-CT) genutzt, aus deren Daten CT-ähnliche Bilder generiert werden. Diese Technik erhöht die Präzision und Sicherheit der superselektiven Tumorthherapie, kann jedoch auch zur Erhöhung der Strahlenexposition führen [1]. Diese theoretische Erklärung der Strahlenexposition offenbart eine Schwäche der Qualitätssicherungssoftware, da in der vorliegenden Analyse der Jahre 2016 bis 2018 keine Informationen über die Verwendung einer C-Arm-CT für die Interventionen vorliegen. In der aktuellen Version werden diese Informationen nun abgefragt, um in zukünftigen Analysen den angenommenen Zusammenhang zwischen der Verwendung der C-Arm-CT und der Strahlenexposition untersuchen zu können.

Bei Gallenganginterventionen kommen hauptsächlich Fluoroskopie und Einzelbilder zum Einsatz, die gegenüber der DSA-Technik mit einer wesentlich geringeren Dosis auskommen.

Feinziel der Intervention

Gallengangeingriffe mit dem höchsten DFP sind Interventionen am Ductus hepaticus, während die Eingriffe mit der längsten DL-Zeit an der Hepatikusgabel stattfinden. Dies unterstreicht noch einmal die Rolle einer empirischen Dosisauswertung in Abhängigkeit vom Feinziel

der Intervention bzw. der Interventionsart, da die DL-Zeit allein nur ein schwacher Surrogatparameter für die Strahlenexposition des Patienten ist. Im Gegensatz dazu ist das Feinziel stärker mit der Strahlenexposition assoziiert und könnte dem interventionellen Radiologen zusammen mit den hier vorliegenden Daten vor dem Eingriff eine grobe Einschätzung der Strahlenexposition für den Patienten und mit größerer Einschränkung auch für den Interventionalisten geben.

Aufgrund theoretischer Überlegungen wäre zu erwarten, dass die Länge der DL-Zeit mit der Komplexität einer Gallengangintervention positiv korreliert. Somit wäre bei höherer Komplexität bzw. längerer DL-Zeit eine höhere Strahlenexposition zu erwarten; diese Theorie wird aber durch die vorliegenden Daten dieser Studie nicht bestätigt. Ein Grund könnte die Verwendung von Obliquen-Strahlengängen sein, welche für bestimmte Eingriffsarten bzw. Feinziele nötig sind. Das größere durchstrahlte Volumen führt bei obliquen Strahlengängen zu einer deutlichen Dosiserhöhung, obwohl die Komplexität bzw. die DL des Eingriffs durchschnittlich sind. Zusätzlich kann auch die Verwendung der DSA für bestimmte Eingriffe technisch bedingt unabhängig von der Komplexität des Eingriffs zu einer erhöhten Strahlenexposition führen; dies wurde in anderen Körperregionen bereits gezeigt [4, 10].

Limitationen

Das Gewicht bzw. der Body-Mass-Index (BMI) der Patienten wurde bisher durch das DeGIR-Register nicht erfasst, sodass der Einfluss des durchstrahlten Weichgewebes und die konsekutive Justage der Belichtungsautomatik nicht explizit abschätzbar ist. Aufgrund der großen Anzahl der Patienten und der multizentrischen Daten kann der Effekt einer unterschiedlichen Beeinflussung durch den BMI auf einzelne Gruppen als gering erachtet werden. Registerdaten – insbesondere auf dem Boden freiwilliger Eingaben – unterliegen immer einem Selektionsbias; auch kann das Problem von fehlerhaften Eingaben nur begrenzt beeinflusst werden. Um die Auswirkungen dieser Nachteile zu verringern, wurden Extre-

me aus der Datenanalyse ausgeschlossen, was dann aber wiederum jenseits der Vergrößerung der Anzahl der Datensätze den Effekt eines Bias erhöht.

Fazit für die Praxis

- Die individuelle Strahlenexposition für einen Patienten bei einer Leberintervention hängt weniger von der Komplexität des Eingriffs oder der Durchleuchtungszeit, sondern vielmehr von der Art des Eingriffs und vom Feinziel der Intervention ab.
- Eine TACE ist mit einer signifikant höheren Strahlenexposition für den Patienten assoziiert als Gallenganginterventionen.
- Der Grund für die unterschiedlichen Dosiswerte ist wahrscheinlich die Verwendung bestimmter Techniken, wie die digitalen Subtraktionsangiographie oder Oblique-Strahlengänge, die vermehrt bei bestimmten Interventionsarten oder anatomischen Feinzielen zum Einsatz kommen.
- Grenzwerte für die TACE eignen sich nicht als Referenz für Gallenganginterventionen.

Korrespondenzadresse



Dr. med. Jonathan Nadjiri
Sektion für Interventionelle Radiologie, Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München
Ismaninger Straße 22,
München, Deutschland
jonathan.nadjiri@tum.de

Funding. Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J. Nadjiri, T. Geith, T. Waggershauer, L. Heuser, D. Morhard, A. Bücker und P.M. Paprottka 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.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jegli-

chem 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. Albrecht MH, Vogl TJ, Wichmann JL et al (2018) Dynamic 4D-CT angiography for guiding transarterial chemoembolization: impact on the reduction of contrast material, operator radiation exposure, catheter consumption, and diagnostic confidence. *RöFo* 190:513–520
2. Anonymous (2018) Constitution of the International Commission on Radiological Protection 2016 March 21. *Ann ICRP* 47:346–362
3. Mahnken AH, Bücker A, Hohl C et al (2017) White paper: curriculum in interventional radiology. *RöFo* 189:309–311
4. Maus T, Schueler BA, Leng S et al (2014) Radiation dose incurred in the exclusion of vascular filling in transforaminal epidural steroid injections: Fluoroscopy, digital subtraction angiography, and CT/fluoroscopy. *Pain Med* 15:1328–1333
5. Nekolla E, Schegerer A, Griebel J et al (2017) Häufigkeit und Dosis diagnostischer und interventioneller Röntgenanwendungen. *Radiologe* 57:555–562
6. Novak JM, Collins JT, Donowitz Metal (1979) Effects of radiation on the human gastrointestinal tract. *J Clin Gastroenterol* 1:9–40
7. Schegerer A, Loose R, Heuser LJ et al (2019) Diagnostic Reference Levels for Diagnostic and Interventional X-Ray Procedures in Germany: Update and Handling. *RöFo*. <https://doi.org/10.1055/a-0824-7603>
8. Shadad AK, Sullivan FJ, Martin JD et al (2013) Gastrointestinal radiation injury: symptoms, risk factors and mechanisms. *World J Gastroenterol* 19:185
9. Team RC (2019) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
10. Zurcher KS, Naidu SG, Money SR et al (2020) Dose reduction using digital fluoroscopy versus digital subtraction angiography in EVAR: a prospective randomized trial. *J Vasc Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.02.050>

Lesetipp

Pankreaskarzinomrezidiv



Das Pankreaskarzinom wird aufgrund seiner Inzidenz und schlechten Prognose bald an die zweite Stelle der krebserregenden Todesursachen rücken

und in der viszeralchirurgisch-onkologischen Praxis in Zukunft deutlich zunehmen.

Entscheidend mitbestimmt wird der Stellenwert der Pankreaskarzinomchirurgie im Rahmen der multimodalen onkologischen Therapiekonzepte durch die Sicherheit und Effektivität der chirurgischen Resektion. In *Der Chirurg* 08/2020 sind wichtige Aspekte zum Pankreaskarzinomrezidiv zusammengefasst. Anhand der aktuellen Literatur werden deutliche Fortschritte sowohl in der Chirurgie als auch in der Systemtherapie des Pankreaskarzinoms aufgezeigt.

- Chirurgie des Pankreaskarzinoms: Techniken zur Vermeidung des Lokalrezidivs
- Chirurgie bei isoliertem Lokalrezidiv und metachroner Oligometastasierung beim Pankreaskarzinom
- Neoadjuvante und adjuvante Therapie beim Pankreaskarzinom
- Molekulare Prädiktoren für den Krankheitsverlauf und die individualisierte Therapie beim Pankreaskarzinom

Suchen Sie noch mehr zum Thema?

Mit e.Med – den maßgeschneiderten Fortbildungsabos von Springer Medizin – haben Sie Zugriff auf alle Inhalte von SpringerMedizin.de. Sie können schnell und komfortabel in den für Sie relevanten Zeitschriften recherchieren und auf alle Inhalte im Volltext zugreifen.

Weitere Infos zu e.Med finden Sie auf springermedizin.de unter „Abos“