

61. GPR Jahrestagung

Datum/Ort:

11.–14. September 2024, Erlangen

Tagungspräsidenten:

Prof. Dr. med. Oliver Rompel, Sandy Schmidt,
Dr. med. Susanne Schulz-Heise, Dr. med. Martin Zeilinger

01 Pädiatrische Altersschätzung in Orthopantomogrammen mit künstlichen neuronalen Netzwerken

Autorinnen/Autoren Koch R¹, Heinrich A¹

Institut 1 Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena – Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788740

Hintergrund: Pädiatrische Altersschätzung ist in Bereichen wie Adoption, Immigration und Forensik von großer Bedeutung. Die manuelle Altersschätzung anhand von Orthopantomogrammen (OPGs) ist zeitaufwändig und subjektiv, wohingegen moderne künstliche neuronale Netzwerke (KNN) diesen Prozess optimieren können. Bisherige Studien zu KNN haben oft nur eine begrenzte Anzahl von OPGs mit meist guter Bildqualität verwendet. Das Ziel dieser Studie war es, ein leistungsstarkes KNN [1] für die Anwendung in der pädiatrischen Altersschätzung weiterzuentwickeln, das auf einer umfangreichen und vielfältigen Auswahl an OPGs basiert.

Methoden: Die Studie verwendete 21.814 OPGs von 13.766 Personen im Alter von 1 bis 25 Jahren, mit einer Geschlechterverteilung von 52 % männlich, 45 % weiblich und 3 % unbekannt. Ein individuelles KNN zur Altersschätzung wurde anhand von 16.000 OPGs trainiert und mit 4.000 OPGs validiert. Um die Genauigkeit des KNNs zu erhöhen, erfolgte die Schätzung des Alters in Tagen. Die Leistung des Modells wurde anhand eines weiteren, unabhängigen Datensatzes von 1.814 OPGs evaluiert.

Ergebnisse: Die mittlere absolute Abweichung der Altersschätzung vom tatsächlichen Alter betrug $0,93 \pm 0,81$ Jahre (Median 0,73 Jahre) und zeigte eine leichte Zunahme mit steigendem Alter: $0,61 \pm 0,46$ Jahre (< 10 Jahre), $0,67 \pm 0,62$ Jahre (10 bis < 14 Jahre), $0,90 \pm 0,87$ Jahre (14 bis < 18 Jahre), $1,08 \pm 0,83$ Jahre (18 bis < 22 Jahre) und $1,08 \pm 0,87$ Jahre (22 bis < 25 Jahre). Bei 36 % der Fälle lag die Abweichung unter 6 Monaten und bei 63 % unter einem Jahr. Bei 90 % lag sie unter zwei Jahren, bei 98 % unter drei Jahren und bei 99,45 % unter vier Jahren. Die Genauigkeit der Altersschätzung war unabhängig vom Geschlecht (p-Wert 0,34).

Diskussion: Die Anwendung eines KNN zur Altersschätzung in OPGs stellt einen innovativen Ansatz dar, der über die herkömmliche Berücksichtigung von Zähnen und Zahnwurzeln hinaus zusätzliche Merkmale einbezieht. Dadurch ist die Etablierung eines weiteren zuverlässigen Werkzeugs für die forensische Altersschätzung möglich. Eine Übersichtsarbeit [2] legt nahe, dass mit der Verfügbarkeit größerer und umfassenderer Datensätze sowie der Einführung fortschrittlicherer Modelle zur Altersschätzung voraussichtlich zu einer verbesserten Genauigkeit führen wird. Diese Erkenntnisse konnten durch die vorliegende Studie im Vergleich zu anderen Untersuchungen [3, 4] bestätigt werden. Aufgrund der hohen Anzahl und Vielfalt der OPGs erreicht das in dieser Studie verwendete Modell [1] eine sehr hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit.

Fazit: Die Anwendung von Deep Learning zur Schätzung des chronologischen Alters anhand pädiatrischer OPGs bietet eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit, was die Effizienz und Objektivität in verschiedenen Anwendungsgebieten erheblich steigern kann. Dieses KNN profitiert maßgeblich von der umfang-

reichen Datenvielfalt und performt zuverlässig bei einer breiten Palette von OPGs.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] Heinrich A. Accelerating computer vision-based human identification through the integration of deep learning-based age estimation from 2 to 89 years. *Scientific Reports* 2024; 14 (1): 4195
- [2] Mohamed E.G. et al. Dental age estimation using deep learning: A comparative survey. *Computation* 2023; 11 (2): 18
- [3] Vila-Blanco N. et al. Deep Neural Networks for Chronological Age Estimation From OPG Images. *IEEE Transactions on Medical Imaging* 2020; 39 (7): 2374–2384
- [4] Aliyev R. et al. Age Estimation from Pediatric Panoramic Dental Images with CNNs and LightGBM. in 2022 Medical Technologies Congress (TIPTEK-NO). 2022;

02 Postoperative Ultraschalluntersuchungen kindlicher Lebertransplantationen – Was ich im Dienst wissen muss.

Autor Schweigmann G

Institut Universitätsklinik für Radiologie/Kinderradiologie, Anichstr. 35, 6020 Innsbruck/ Österreich

DOI 10.1055/s-0044-1788743

Anmerkung: Review-Vortrag, gewünschte Mindestvortragsdauer 15 Minuten

Hintergrund: Orthotope Lebertransplantationen stellen die letzte Therapieoption kindlicher Patienten mit terminalem Leberversagen dar. Bei Kindern gibt es neben Leber-Lebendspenden von Lebersegmenten, die Möglichkeit kindliche full-size oder Größen reduzierte Kadaverspenden zu transplantieren.

Zielsetzung: Das frühzeitige Erkennen möglicher Komplikationen vaskulärer, bilärer oder anderer Natur im postoperativen Ultraschall ist entscheidend für das Überleben des Transplantats und des Patienten [1–4].

Material und Methoden: Es werden schematisch die typischen chirurgischen Techniken erklärt und der sonographische postoperative Normalbefund sowie die postoperativen Komplikationen anhand von Bildbeispielen dargestellt.

Ergebnisse/Schlussfolgerung: Der Untersucher soll die Dopplersonographien im Verlauf werten. Im radiologischen Befund sollen die wesentlichen Informationen bezüglich Leberparenchym, Gefäßversorgung, Zustand der Gallenwege, vorhandener Flüssigkeits-Kollektionen, die Möglichkeit einer akuten Blutung, Darmauffälligkeiten, Abdominelle Raumforderungen und Auffälligkeiten der Lungenbasis wiedergegeben werden.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] Khot R et al. Radiologic findings of biliary complications post liver transplantation. *Abdominal Radiology* 2023; 48: 166–185
- [2] Horvat N et al. Pediatric Liver Transplant: Techniques and Complications. *RadioGraphics* 2017; 37: 1612–1631
- [3] Verhagen VM et al. Doppler-ultrasound reference values after pediatric liver transplantation. *European Radiology* 2023. doi:10.1007/s00330-023-09522-2

[4] Abdelaziz O, Attia H. Doppler ultrasonography in living donor liver transplantation recipients: Intra- and post-operative vascular complications. *World J Gastroenterol* 2016; 22 (27): 6145–6172

03 Photonenzählende CT zur Diagnostik angeborener Herzfehler – erste Erfahrungen und Dosisvergleich mit einem 256-Zeilen-CT

Autorinnen/Autoren Lollert A¹, Abu-Tair T², Kampmann C², Staatz G¹
Institute 1 Sektion Kinderradiologie, Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, RP, Deutschland; 2 Sektion Kinderkardiologie, Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, RP, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788745

Hintergrund: Die photonenzählende Computertomographie („photon-counting CT“, PCCT) ist eine neue Untersuchungstechnik, bei der durch direkte Messung der spezifischen Energie einzelner Photonen ein hoher Bildkontrast bei niedriger Strahlendosis erzielt werden kann. Sie eignet sich daher hervorragend zur Bildgebung bei angeborenen Herzfehlern [1].

Methoden: Wir verglichen Bildqualität und Strahlendosis bei allen pädiatrischen Patienten mit angeborenen Herzfehlern, die zwischen 2021 und Mai 2024 eine EKG-getriggerte kardio-thorakale PCCT erhielten mit einem altersäquivalenten Vergleichskollektiv, welches im gleichen Zeitraum an einem 256-Zeilen-CT untersucht wurde.

Ergebnisse: Die Bildqualität war bei allen Patienten (16 männlich, 18 weiblich) diagnostisch. Das Alter unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,228$). Sowohl das Dosislängenprodukt ($MW \pm SD$: $36,62 \pm 36,66$ versus $70,97 \pm 53,29$ mGy² cm, $p = 0,007$) als auch die effektive Dosis ($MW \pm SD$: $0,9 \pm 0,73$ versus $2,07 \pm 0,99$ mSv, $p < 0,001$) waren in der PCCT-Gruppe signifikant niedriger. Dies traf insbesondere für die Subgruppe mit dem höchsten Strahlenrisiko (Patienten < 24 Monate, $n = 14$) zu (effektive Dosis: $0,5 \pm 0,29$ versus $1,61 \pm 0,42$ mSv, $p < 0,001$).

Diskussion: Die PCCT ermöglicht eine signifikante Dosisreduktion bei gleichbleibend diagnostischer Bildqualität zur anatomischen Darstellung komplexer angeborener Herzfehler. Insbesondere in der Neonatalperiode und im frühen Kleinkindalter lassen sich dadurch strahlungsbedingte Risiken minimieren.

Fazit: Die PCCT sollte, wenn verfügbar, für alle pädiatrischen Patienten anstelle vorhergehender CT-Gerätegenerationen eingesetzt werden, um eine strahlenschonende und zugleich adäquat genaue Diagnostik zur weiteren Therapieplanung angeborener Herzfehler zu ermöglichen.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

[1] Dirrlich T et al. Photon-counting versus Dual-Source CT of Congenital Heart Defects in Neonates and Infants: Initial Experience. *Radiology* 2023; 307 (5): e223088

04 Klassifikation abdominaler Lymphgefäß-Formationen in Fontan Patienten mittels nativer T2-gewichteter MRT

Autorinnen/Autoren Schroeder C¹, Moosmann J⁵, Cesnjevar R⁴, Purbojo A², Rompel O³, Dittrich S¹

Institute 1 Department of Pediatric Cardiology, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany; 2 Department of Pediatric Cardiac Surgery, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany; 3 Department of Radiology, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany; 4 Department of Pediatric Cardiac Surgery, Universitäts-Kinderspital Zürich, Zurich, Switzerland; 5 Department of Congenital Heart Disease/Pediatric Cardiology, German Heart Institutes Berlin, and Department of Pediatric Cardiology, Charité Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Germany
 DOI 10.1055/s-0044-1788746

Hintergrund: Die drei-stufige Fontan Prozedur ist der Goldstandard in der Behandlung univentrikulärer Herzfehler [1]. Komplikationen nach Fontan Operation sind multisystemisch und mit deutlicher Morbidität und Mortalität verbunden [2]. Veränderungen des Lymphgefäßsystems rücken wegen ihrer Assoziation mit Komplikationen wie der Eiweißverlustenteropathie und ihrem prognostischen Wert immer mehr in das wissenschaftliche Interesse [3]. Bislang lag der Fokus auf thorakalen Lymph-Abnormalitäten [4]. Diese Studie stellt eine Klassifikation abdominaler Lymphgefäß-Formationen vor und untersucht in deren Assoziation mit Serum-Gesamteiweißwerten.

Methoden: Es wurden Patienten retrospektiv untersucht, die binnen 6 Monaten nach Fontan Operation einer Lymphgefäß-Darstellung in der T2 gewichteten MRT zugeführt und für die der Gesamteiweißwert im Serum bestimmt wurde. Auf Grundlage der anatomischen Systematik der Lymphabflusswege wurden innerhalb zweier Kategorien Normabweichungen klassifiziert: Para-aortal (Typ 1–4) und portal-venös (Typ 1–3) [5]. Thorakale lymphatische Malformationen wurden entsprechend der bestehenden Klassifikation (Typ 1-4) nach Biko et al. eingeteilt.

Ergebnisse: In diese Studie wurden 71 Patienten aufgenommen. Para-aortal wurden davon 5 als Typ 1, 13 als Typ 2, 37 als Typ 3 und 16 als Typ 4 klassifiziert. Portal-venös wurden 20 Patienten dem Typ 1, 10 dem Typ 2 und 41 dem Typ 3 zugeordnet. Die Interobserver-Reliabilität (gewichtetes kappa) wurde für thorakale ($\kappa = 0,71$), para-aortale ($\kappa = 0,67$) und portal-venöse ($\kappa = 0,71$) Lymphgefäß-Malformationen errechnet. Höhergradige para-aortale lymphatische Malformationen waren signifikant mit höhergradigen portal-venösen Malformationen assoziiert ($p < 0,0001$, $r = 0,6$). Eine höhergradige thorakale Klassifizierung korrelierte mit höhergradigen para-aortalen ($p = 0,0002$, $r = 0,42$) und portal-venösen ($p = 0,0007$, $r = 0,39$) Klassifizierungen. Die Gesamteiweißwerte waren im Median 66 (Interquartilabstand: 7.5) g/l und in 37 % der Patienten unter dem Normwertwert. Höhergradige para-aortale (\geq Typ 3, $p = 0,0062$, $r = -0,35$), portal-venöse (\geq Typ 3, $p = 0,022$, $r = -0,33$) und thorakale (\geq Typ 3, $p = 0,011$, $r = -0,33$) lymphatische Malformationen korrelierten mit erniedrigtem Gesamteiweiß (≤ 65 g/l) [5].

Diskussion: Abdominale Lymphgefäß-Malformationen sind stark mit der Ausbildung schwerer Fontan-assoziiierter Komplikationen assoziiert. Besonders für die Eiweißverlustenteropathie konnte bislang kaum frühe Risikofaktoren identifiziert werden [6, 7]. Die standardmäßig durchgeführte MRT nach Fontan-Kompletterung bietet die Möglichkeit Lymphgefäß-Malformationen darzustellen [5].

Fazit: Abdominale Lymphgefäß-Malformationen können auf Grundlage der anatomischen Systematik nach Schweregrad im nativen T2-MRT klassifiziert werden. Die Reproduzierbarkeit der Klassifizierung ist entsprechend der substantiellen Interobserver-Reliabilität gegeben. Höhergradige thorakale, para-aortale und portal-venöse Klassifizierungen korrelieren jeweils miteinander. Höhergradige abdominale und thorakale Lymphgefäß-Malformationen sind mit erniedrigtem Gesamteiweiß assoziiert [5].

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

[1] van der Ven JPG, van den Bosch E, Bogers A, Helbing WA. State of the art of the Fontan strategy for treatment of univentricular heart disease. *F1000Res*. 2018; 7

[2] Gewillig M, Goldberg DJ. Failure of the fontan circulation. *Heart Fail Clin* 2014; 10 (1): 105–16

[3] Dittrich S, Weise A, Cesnjevar R, Rompel O, Ruffer A, Schober M et al. Association of Lymphatic Abnormalities with Early Complications after Fontan Operation. *Thorac Cardiovasc Surg* 2021; 69 (S 03): e1–e9

[4] Biko DM, DeWitt AG, Pinto EM, Morrison RE, Johnstone JA, Griffis H et al. MRI Evaluation of Lymphatic Abnormalities in the Neck and Thorax after Fontan Surgery: Relationship with Outcome. *Radiology* 2019; 291 (3): 774–80

[5] Schroeder C, Moosmann J, Cesnjevar R, Purbojo A, Rompel O, Dittrich S. A classification of abdominal lymphatic perfusion patterns after Fontan surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2022; 62 (4): ezac103

[6] Rychik J, Dodds KM, Goldberg D, Glatz AC, Fogel M, Rossano J et al. Protein Losing Enteropathy After Fontan Operation: Glimpses of Clarity Through the Lifting Fog. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2020; 11 (1): 92–6

[7] Lemley BA, Biko DM, Dewitt AG, Glatz AC, Goldberg DJ, Saravanan M et al. Intrahepatic Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Lymphangiography: Potential Imaging Signature for Protein-Losing Enteropathy in Congenital Heart Disease. *J Am Heart Assoc* 2021; e021542

05 Ultra-Low-Dose Lungen-CT in der klinischen Routine

Autorinnen/Autoren Sturm M J^{1,2,3}, Tschauner S⁴, Mentzel H J³, Kellenberger C J^{1,2}, Zellner M^{1,2}

Institute 1 Universitäts-Kinderspital Zürich, Abteilung Bilddiagnostik, Zürich, Schweiz; 2 Universitäts-Kinderspital Zürich, Forschungszentrum für das Kind, Zürich, Schweiz; 3 Sektion Kinderradiologie, Institut für Diagnostische and Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland; 4 Klinische Abteilung für Kinderradiologie, Universitätsklinik für Radiologie, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

DOI 10.1055/s-0044-1788747

Hintergrund: Computertomographie (CT) ist eine wesentliche Quelle medizinischer Strahlenexposition und somit ein Risikofaktor für die Entwicklung von Tumorerkrankungen. Im Juni 2021 wurde am Universitäts-Kinderspital Zürich ein Ultra-Low-Dose Lungen-CT Protokoll an einem konventionellen CT-Scanner implementiert. Ziel dieser Arbeit war die Erhebung verschiedener Dosisparameter nach drei Jahren im klinischen Routineeinsatz.

Methoden: Folgende CT-Parameter wurden retrospektiv analysiert: effektive Dosis (ED), size specific dose estimate (SSDE), Dosislängenprodukt (DLP) und CT-Dosisindex (CTDI), contrast-to-noise-ratio (CNR), signal-to-noise-ratio (SNR) und die rechtfertigende Indikation. Insgesamt wurden 283 Lungen-CT von 109 Patienten im Alter zwischen 0-18 Jahren eingeschlossen. Die Patienten wurden im Zeitraum vom 01.06.2021 bis zum 01.05.2024 auf einem 256-Zeilen Multidetektor CT Scanner (Revolution CT, GE Healthcare, Chicago, Illinois, USA) im klinischen Routinebetrieb untersucht. Einschlusskriterien waren: Untersuchung im Ultra-Low-Dose Protokoll mit axialer Scanführung und deep learning Rekonstruktion „DLIR HIGH“ (DLIR, TrueFidelity, GE Healthcare, Chicago, Illinois, USA).

Ergebnisse: Es wurden 109 Patienten mit einem mittleren Alter von 11,37 Jahren \pm 4,36 Jahre untersucht. Die mittlere ED betrug 0,19 mSv \pm 0,05 mSv mit einer SSDE von 0,33 mGy \pm 0,7 mGy, einem DLP von 5,3 \pm 2,43 und einem CTDI von 0,21 mGy \pm 0,06 mGy. Die Untersuchungen wurden mit 80-140 kV und 2,52 mAs durchgeführt. Jede eingeschlossene Untersuchung wurde im Routinebetrieb als diagnostisch eingestuft und befundet. Die CNR betrug im Mittelwert 49,42 \pm 13,04, die SNR in der Leber 2,84 \pm 0,84 und in der Trachea 46,58 \pm 12,27. Die häufigste rechtfertigende Indikation für eine CT-Lungenuntersuchung waren Staging- und Verlaufsuntersuchungen im Rahmen maligner Tumoren [1–2].

Diskussion: Mit dieser Arbeit evaluierten wir das Ultra-Low-Dose CT in der klinischen Praxis. Wir konnten zeigen, dass CT-Diagnostik mit einer effektiven Dosis um 0,2 mSv mittels deep learning Algorithmen eine diagnostische Aussagekraft zulässt. In unserer Auswertung erreichten wir mit einem konventionellen Multidetektor-CT im klinischen Routinebetrieb die gleiche effektive Dosis von 0,19 mSv, die jüngst bei einer Fallserie mit einem photon counting CT publiziert wurde.

Fazit: Ultra-Low Dose Lungen-CTs sind im klinischen Routinebetrieb durchführbar und für entsprechende Fragestellungen diagnostisch aussagekräftig.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenskonflikt. /Die Autor:innen erklären Folgendes: Kinderspital Zürich – Research Vertrag mit GE Healthcare MJS: kein Interessenskonflikt. MZ: kein Interessenskonflikt.

Literatur

[1] Tschauner S, Zellner M, Pistorius S, Gnannt R, Schraner T, Kellenberger C. Ultra-low-dose lung multidetector computed tomography in children – Approaching 0.2 millisievert. *European Journal of Radiology* 2021; 139: 109699

[2] Tsiflikas I, Thater G, Ayx I, Weiss J, Schaefer J, Stein T, Schoenberg SO, Weis M. Low dose pediatric chest computed tomography on a photon counting detector system – initial clinical experience. *Pediatric Radiology* 2023; 53 (6): 1057–1062

06 Erkennbarkeit von häufigen zerebralen Läsionen in schnellen und ultraschnellen T2-gewichteten MRT-Sequenzen bei Kindern

Autorinnen/Autoren Gräfe D¹, Anders R M¹, Frahm J², Voit D², Simion S H^{1,3}, Merkschlager A⁴, Hirsch F W¹

Institute 1 Universitätsklinikum Leipzig, Institut für Kinderradiologie, Leipzig, Deutschland; 2 Max-Planck-Institut für Multidisziplinäre Naturwissenschaften, Biomedizinische NMR, Göttingen, Deutschland; 3 Städtisches Klinikum Dessau, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Neuroradiologie, Dessau, Deutschland; 4 Universitätsklinikum Leipzig, Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Leipzig, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788748

Hintergrund: Schnelle und ultraschnelle T2-gewichtete Sequenzen ermöglichen eine verlässliche Darstellung der inneren und äußeren Liquorräume, weitgehend ohne Bewegungsartefakte. Hierdurch kann auch bei jüngeren Kindern eine kraniale MRT (cMRI) ohne Sedierung erfolgen. Mit welcher Sicherheit sich mit diesen Sequenzen aber auch andere zerebrale Läsionen bei Kindern erkennen lassen, ist nicht bekannt. Das Ziel der Studie war es, zwei schnelle und eine ultraschnelle T2-gewichtete Sequenz bezüglich der Darstellbarkeit häufiger intrakranieller Läsionen im Vergleich zu einer Standard-T2-TSE zu evaluieren.

Methoden: In die Studie wurden Kinder eingeschlossen, die sowohl mit einer single-shot spin-echo Sequenz, einer schnellen Gradientenecho-Sequenz als auch mit einer ultraschnellen Volume-Coverage (VC) Sequenz (Flash 2.0) untersucht wurden. Als Referenz diente jeweils eine konventionelle T2-gewichtete fast-spin-echo Sequenz (FSE). Die Sichtbarkeit von Läsionen wurde auf einer Likert-Skala von 0 bis 3 bestimmt. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden über den Kruskal-Wallis Test quantifiziert.

Ergebnisse: 284 Läsionen bei 126 Patienten (mittleres Alter 10.6 Jahre, Interquartilsabstand 5.1 bis 15.0 Jahre) wurden eingeschlossen. Insgesamt waren zwischen 60 % und 100 % der Läsionen in den schnellen T2-gewichteten Sequenzen sichtbar (Score 2 oder 3). Die beiden schnellen und die ultraschnelle VC Sequenz unterschieden sich kaum. Einzelne, signifikante Unterschiede zwischen schnellen und ultraschnellen Sequenzen bestanden bei der Darstellbarkeit von Ödem, Metallclips und Heterotopien.

Fazit: Die ultraschnelle VC Sequenz (Flash 2.0) ermöglicht eine annähernd gleiche Abgrenzung häufiger pädiatrischer Pathologien mit etwa siebenfacher Geschwindigkeit. Die 3 untersuchten Sequenzen können die „state of the art“ T2-FSE bei Parenchymläsionen nicht vollständig ersetzen, sie ermöglichen aber eine niedrigschwellige Triage und können so Patienten und Gesundheitssystem entlasten. Die ultraschnelle Volume Coverage Sequenz hat eine mit den bisher verwendeten schnellen Single-Shot-Sequenzen vergleichbare diagnostische Aussagekraft.

Interessenskonflikt Die Autoren erklären Folgendes: Jens Frahm und Dirk Voit sind Miterfinder und Patenthalter der hier vorgestellten Echtzeit-MRT-Technik (Flash 2.0).

07 Unterteilung des Stadiums 4 nach Vieth et al. in die Substadien 4a, 4b und 4c anhand von MRT-Daten der proximalen Tibiaepiphyse zur forensischen Altersdiagnostik

Autorinnen/Autoren Chitavishvili N¹, Papageorgiou I², Malich A², Wittschieber D³, Mentzel H J¹

Institute 1 Sektion Kinderradiologie, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie (IDIR), Universitätsklinikum Jena, Jena, Deutschland; 2 Institut für Radiologie, Städtisches Klinikum Nordhausen, Nordhausen, Deutschland; 3 Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Bonn, Bonn, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788749

Hintergrund: In den letzten Jahren konnte mithilfe eines neuartigen Stadien-systems nach Vieth et al. (2018) mehrfach wiederholt gezeigt werden, dass MRT-Daten der proximalen Tibiaepiphyse zum Nachweis der forensisch relevanten Altersgrenze des 18. Lebensjahres geeignet sein könnten. Im Rahmen dieser Untersuchungen ergaben sich in unserer Arbeitsgruppe Hinweise darauf, dass durch weitere Unterteilung des „Vieth-Stadiums“ 4 nach Vieth et al. (2018) in die Substadien 4a, 4b und 4c weiterführende Aussagen gemacht werden könnten. Dieser Ansatz könnte neue Möglichkeiten zur Bestimmung des vollendeten 18. Lebensjahres bieten. Die vorliegende Studie soll daher überprüfen, ob eine weitere Unterteilung des Stadiums 4 zum einen überhaupt möglich, und zum anderen zielführend im Sinne einer erweiterten Aussagefähigkeit für die Altersdiagnostik ist.

Methoden: Im Rahmen einer früheren MRT-Untersuchung zur proximalen Tibiaepiphyse wurden 413 Fälle (214 Männer und 199 Frauen) retrospektiv mittels Stadiensystem nach Vieth et al. (2018) klassifiziert, von denen in 57 Fällen ein Stadium 4 vergeben wurde. Diese 57 Fälle bildeten die Grundlage für die vorliegende Untersuchung, in welcher die einzelnen Fälle anhand einer neuartigen Stadienunterteilung weiter in 4a, 4b und 4c subklassifiziert wurden. Zur Unterteilung dienten die zeitlich abhängigen morphologischen Charakteristika des „Vieth-Stadiums“ 4 auf der Grundlage koronarer T1-gewichteter TSE-Sequenzen. Um die Merkmale des jeweiligen Unterstadiums möglichst genau voneinander abzugrenzen, wurde eigens neuartige Messmethoden entwickelt und implementiert.

Ergebnisse: Von insgesamt 57 Patienten im Stadium 4 wurden 2 Patienten dem Stadium 4a, 8 Patienten dem Stadium 4b und 47 Patienten dem Stadium 4c zugeordnet. Detaillierte statistische Maßzahlen einschließlich der forensisch relevante Altersminima und Altersmaxima werden mit Bildbeispielen vorgestellt und diskutiert. Erste Analysen legen nahe, dass die weitere Unterteilung des Stadiums 4 nicht die erhoffte Erhöhung der Aussagefähigkeit im Rahmen der forensischen Altersschätzungspraxis zu ergeben scheint.

Diskussion: Die Ergebnisse werden zunächst im Kontext der aktuellen Literatur diskutiert. Zu diskutieren sind weiterhin die Relevanz der vorliegenden niedrigen Fallzahlen sowie weitere methodische und morphologische Limitationen. Ferner wird ein Ausblick auf die nächsten Schritte der MRT-Diagnostik für die forensische Altersdiagnostik gegeben.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

08 Die Entwicklung der Skelettreife in Mitteleuropa über die letzten beiden Jahrzehnte – Eine Analyse zweier gesunder Kohorten mittels künstlicher Intelligenz

Autorinnen/Autoren Pape J¹, Rosolowski M², Zimmermann P³, Pfäffle R⁴, Hirsch F W¹, Gräfe D¹

Institute 1 Institut für Kinderradiologie, Universitätsklinikum Leipzig, Leipzig, Deutschland; 2 Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland; 3 Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie, Universitätsklinikum Leipzig, Leipzig, Deutschland; 4 Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Leipzig, Leipzig, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788750

Hintergrund: Die Bestimmung des Knochenalters (BA) nach Greulich und Pyle (G&P) ist ein wichtiges Tool im klinischen Alltag zur Analyse der Skelettreife bei Kindern und Jugendlichen. Dabei wurden in heutigen, kaukasischen Populationen zunehmend Diskrepanzen zwischen dem BA nach G&P und dem realem, chronologischen Alter (CA) beschrieben. Die Bewertung dieser Diskrepanzen

erfordert große Stichproben und eine geringe Intraobserver-Variabilität, was mit Hilfe einer auf künstlicher Intelligenz basierenden (KI-) Software erreicht werden kann. Die letzte softwarebasierte Referenzkurve, welche das BA mit dem CA mitteleuropäischer Kinder vergleicht, liegt 23 Jahre zurück (Rotterdam-Kurve).

In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, ob die auf KI-basierende Rotterdam-Referenzkurve des BA nach G&P weiterhin für eine aktuelle mitteleuropäische Kohorte gültig ist.

Methoden: In dieser retrospektiven Single-Center-Studie wurde in dem Zeitraum von 2012 bis 2022 das Knochenalter von 1653 Kinder und Jugendlichen analysiert. Eingeschlossen wurden Patient*innen im Alter von 3 bis 17 Jahre, bei denen zum Ausschluss einer knöchernen Traumafolge eine Röntgenaufnahme der Hand durchgeführt wurde. Das BA nach G&P wurde anhand einer KI-Software bestimmt, mit welcher bereits die Rotterdam-Kohorte untersucht wurde. Das BA nach G&P wurde dem CA gegenübergestellt und die Abweichungen mit der historischen Kohorte aus den Niederlanden verglichen. Bestimmt wurden der mittlere absolute Fehler (MAE) und die mittlere Abweichung.

Ergebnisse: Bei Mädchen betrug der MAE zwischen BA und CA 0.92 Jahre, bei Jungen 0,97. Ab einem Alter von 8 Jahren bei Jungen und 11 Jahren bei Mädchen war die mittlere Abweichung in der aktuellen Kohorte signifikant höher als in der Rotterdam-Kohorte. Auch in dem Vergleich der gesamten Kurven über die gesamte Altersspanne zeigten sich signifikante Unterschiede ($p < .001$ für Jungen und Mädchen).

Diskussion: In der vorliegenden Studie zeigte sich bei den älteren Kindern der aktuellen Kohorte eine Beschleunigung des Knochenalters gegenüber der älteren Kohorte. Bereits in mehreren Studien wurde untersucht, ob das BA nach G&P weiterhin mit dem CA einer aktuellen kaukasischen Population übereinstimmt, mit unterschiedlichen Ergebnissen. Dennoch wurde bereits 40 Jahre zuvor über eine Beschleunigung des BA berichtet, wenn auch auf einem niedrigeren Niveau als in unserer Studie. Interessant ist, dass sich die vorliegende Kohorte signifikant von dem geografisch vergleichbarem, vor 23 Jahren erhobenen Kohorte unterscheidet, welches mit der gleichen KI-Software untersucht wurde. Diese Ergebnisse könnten sich dabei mit denen einer anderen Studie decken, welche einen objektiv früheren Beginn und eine frühere vollständige Verknöcherung der Epiphysenfugen bei Kindern beschrieb. Ursächlich könnten Veränderungen der sozioökonomischen Bedingungen sein [1–10].

Fazit: Die ermittelten Knochenalter der aktuellen mitteleuropäischen Kohorte und der Kohorte von vor 23 Jahre unterscheiden sich. Um herauszufinden, ob eine beschleunigte Knochenreife ursächlich für diesen Effekt ist, sind weitere Studien notwendig.

Interessenskonflikt Die Analyse des Studiendatensatzes wurde kostenlos von BoneXpert (Viviana) durchgeführt und das Analysekontingent wurde für PAN-DA (ImageBiopsy Lab) als Teil der Studie erweitert. Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford Univ. Press; Stanford, Calif: 1966
- [2] van Rijn RR, Lequin MH, Thodberg HH. Automatic determination of Greulich and Pyle bone age in healthy Dutch children. *Pediatr Radiol* 2009; 39: 591–597. doi:10.1007/s00247-008-1090-8
- [3] Booz C, Yel I, Wichmann JL, Boettger S, Al Kamali A, Albrecht MH, Martin SS, Lenga L, Huizinga NA, D'Angelo T, Cavallaro M, Vogl TJ, Bodelle B. Artificial intelligence in bone age assessment: accuracy and efficiency of a novel fully automated algorithm compared to the Greulich-Pyle method. *Eur Radiol Exp* 2020; 4: 6. doi:10.1186/s41747-019-0139-9
- [4] Alshamrani K, Messina F, Offiah AC. Is the Greulich and Pyle atlas applicable to all ethnicities? A systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2019; 29: 2910–2923. doi:10.1007/s00330-018-5792-5
- [5] Wenzel A, Droschl H, Melsen B. Skeletal maturity in Austrian children assessed by the GP and the TW-2 methods. *Ann Hum Biol* 1984; 11: 173–177. doi:10.1080/03014468400007041
- [6] Klunder-Klunder M, Espinosa-Espindola M, Lopez-Gonzalez D, Loyo MS, Suarez PD, Miranda-Lora AL. Skeletal Maturation in the Current Pediatric Me-

xican Population. *Endocr Pract* 2020; 26: 1053–1061. doi:10.4158/EP-2020-00477.

[7] Boeyer ME, Sherwood RJ, Deroche CB, Duren DL. Early Maturity as the New Normal: A Century-long Study of Bone Age. *Clin Orthop Relat Res* 2018; 476: 2112–2122. doi:10.1097/CORR.0000000000000446

[8] Calfee RP, Sutter M, Steffen JA, Goldfarb CA. Skeletal and chronological ages in American adolescents: current findings in skeletal maturation. *J Child Orthop* 2010; 4: 467–470. doi:10.1007/s11832-010-0289-z

[9] Silventoinen K, Jelenkovic A, Palviainen T, Dunkel L, Kaprio J. The Association Between Puberty Timing and Body Mass Index in a Longitudinal Setting: The Contribution of Genetic Factors. *Behav Genet* 2022; 52: 186–194. doi:10.1007/s10519-022-10100-3

[10] Demerath EW, Towne B, Chumlea WC, Sun SS, Czerwinski SA, Remsberg KE, Siervogel RM. Recent decline in age at menarche: the Fels Longitudinal Study. *Am J Hum Biol* 2004; 16: 453–457. doi:10.1002/ajhb.20039

09 Übersicht zu Fragestellungen und Befunden von 421 Fetalen MRT Untersuchungen aus eigenem Kollektiv

Autorinnen/Autoren Gabor I, Blondin D

Institut Städtische Kliniken Mönchengladbach Rheydt, Klinik für Radiologie, Gefäßradiologie und Nuklearmedizin, Hubertusstraße 100, 41239 Mönchengladbach

DOI 10.1055/s-0044-1788751

Hintergrund: Im Zeitraum 2017 bis 2023 wurden in unserer Klinik 421 fetale MRT-Untersuchungen durchgeführt. Die Auswertung zeigt eine Übersicht über die häufigsten Fragestellungen und Befunde über die Zeit.

Methoden: Alle MRT-Untersuchungen wurden an einem 1,5 Tesla Siemens Avanto-fit mit standardisierten Protokollen zwischen der 18.-34. Schwangerschaftswoche durchgeführt. Die Häufigkeiten von Fragestellungen und Befunden werden dargestellt.

Ergebnisse: Über den Zeitraum von 7 Jahren besteht eine Zunahme der Fetalen MRT-Untersuchungen von 35 Untersuchungen in 2017 auf 80 Untersuchungen 2023. In unserem Kollektiv wurden 86 % der Untersuchungen mit der Fragestellung nach intrakraniellen Pathologien durchgeführt. Dabei fanden sich bei 30 % eine Fehlanlage des Corpus callosum und bei 26 % eine Ventrikulomegalie (jeweils isoliert und assoziiert mit anderen Fehlbildungen). Fehlbildungen der hinteren Schädelgrube machten ca. 13 % aus. Eine kleinere Patientengruppe wurde mit der Frage nach Pathologien des Körperstamms untersucht. Hierbei war die häufigste Indikation mit 43 % die Zwerchfellhernie.

Diskussion: Die Zunahme der Fetalen MRT-Untersuchungen lassen sich durch eine verbesserte Verfügbarkeit und einem höheren Sicherheitsbedürfnis erklären. Die häufigsten Fragestellungen bezüglich Fehlbildungen oder Schädigungen intrakraniell sind in der Auswirkung auf die Prognose und Beratung zu vermuten. Seltener aber prognostisch ebenfalls relevant sind die Beurteilungen von Zwerchfellhernien mit dem Ausmaß der Lungenhypoplasie.

Fazit: Es ist zu erwarten, dass die Durchführung von Fetalen MRT-Untersuchungen weiter zunimmt. Es ist sinnvoll, die Indikationen und die häufigen Befunde zu kennen um sie gezielt abklären und erkennen zu können.

10 Kardiovaskuläre MRT-Strainanalyse zur Untersuchung alters- und geschlechtsabhängiger Unterschiede bei gesunden Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 – 17 Jahren

Autorinnen/Autoren Eckstein J¹, Pöhler G¹, Babazade N¹, von der Born J², Ubenauf T A², Kaireit T¹, Gutberlet M¹, von Schneider-Egestorf A¹, Speth M¹, Skeries V³, Wetzke M³, Hansen G³, Wacker F¹, Vogel-Claussen J¹, Melk A², Renz D¹

Institute 1 Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland; 2 Klinik für Pädiatrische Nieren-, Leber- und Stoffwechselerkrankungen und

Neuropädiatrie, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland; 3 Klinik für Pädiatrische Pneumologie, Allergologie und Neonatologie, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788752

Hintergrund: Die zunehmende Anwendung der kardiovaskulären Magnetresonanztomographie (CMR) bei Kindern unterstreicht die Notwendigkeit, Strain-Normwerte für Vorhöfe und Ventrikel zu etablieren.

Ziel: Ermittlung alters- und geschlechtsspezifischer Normwerte für die CMR basierte Strain-Analyse der Vorhöfe und Ventrikel in gesunden Kindern und Jugendlichen.

Methoden: Software-basierte Quantifizierung von biatrialen und biventrikulären Strain erfolgte mittels eines 3-Tesla-MR-Scanners. Unter Berücksichtigung der funktionellen Phasen Reservoir, Conduit und Booster wurde der biatriale longitudinale Strain quantifiziert. Die Quantifizierung des biventrikulären Strains umfasste den longitudinalen, zirkumferentiellen und radialen Strain.

Ergebnisse: Die CMR-Untersuchung wurde bei 48 gesunden Kindern im Alter von 10 bis 17 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 14,2 ± 2,3 Jahren, davon 16 Mädchen und 32 Jungen, durchgeführt. In dieser Altersgruppe zeigten Mädchen höhere rechts-atriale Reservoir- (60,5 ± 27,7 % vs. 41,4 ± 17,8 %; p = 0,021) und Conduit-Strainwerte (44,8 ± 20,9 % vs. 29,6 ± 13,1 %; p = 0,015) im Vergleich zu Jungen. Die Altersaufteilung zwischen den Gruppen 10–13 Jahre und 14–17 Jahre ergab mit zunehmenden Alters eine signifikante Verringerung der links-atrialen Reservoir- (60,3 ± 24,2 % vs. 45,4 ± 14,4 %; p = 0,040) und Conduit-Strainwerte (46,8 ± 17,4 % vs. 33,7 ± 11,6 %; p = 0,015). Biventrikuläre Strainwerte zeigten keine signifikanten alters- oder geschlechtsspezifischen Unterschiede. Die Intra- und Interobserver-Variabilität für globale longitudinale Strainmessungen aller Herzkammern zeigten reproduzierbare Intraklassen-Korrelationswerte (ICC > 0,8).

Diskussion: Die höheren rechtsatrialen Strainwerte von Mädchen im Vergleich zu Jungen, decken sich mit Studienergebnissen zu Strainanalysen bei erwachsenen Frauen und Männern [1–3]. Eine mögliche Erklärung könnte die verstärkte Präsenz von Strömungswirbeln bei weiblichen Personen im Vergleich zu männlichen Personen sein, wie sie zuletzt bei vierdimensionalen MRT-Flussmessungen beobachtet wurden [4]. Die Reduktion des linksatrialen Strains mit zunehmenden Alters könnte als Folge der wachstumsbedingten, volumetrischen Vergrößerung des Atriums betrachtet werden. Somit könnte eine gesteigerte Füllungskapazität angenommen werden, welche gemäß dem Frank-Starling-Gesetz [5], den atrioventrikulären Blutfluss durch den positiven inotropen Effekt der Kammerdehnung fördert.

Fazit: Die vorliegende CMR-Studie liefert alters- und geschlechtsspezifische Strain-Normwerte der vier Herzkammern bei gesunden Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 bis 17 Jahren und zeigt eine gute Reproduzierbarkeit. Die Ergebnisse deuten auf eine altersbedingte Verringerung der linksatrialen Strainwerte sowie auf höhere rechtsatriale Strainwerte bei Mädchen im Vergleich zu Jungen hin, während die biventrikulären Strainwerte unabhängig von Alter oder Geschlecht keine signifikanten Unterschiede nachweisen.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

[1] Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M et al. Reference left atrial dimensions and volumes by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2010; 12 (1): 65

[2] Truong VT, Palmer C, Wolking S et al. Normal left atrial strain and strain rate using cardiac magnetic resonance feature tracking in healthy volunteers. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2020; 21 (4): 446–453

[3] Peluso D, Badano LP, Muraru D et al. Right atrial size and function assessed with three-dimensional and speckle-tracking echocardiography in 200 healthy volunteers. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013; 14 (11): 1106–14

[4] Rutkowski DR, Barton GP, Francois CJ et al. Sex Differences in Cardiac Flow Dynamics of Healthy Volunteers. *Radiol Cardiothorac Imaging* 2020; 2 (1)

[5] Delicce AV, Makaryus AN. Physiology, Frank Starling Law. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023

11 Morphologische Veränderungen des Knieknorpels von Kindern und Jugendlichen mit Adipositas: Erste Ergebnisse einer prospektiven Monozenterstudie.

Autorinnen/Autoren Roth C¹, Witt M², Böker E², Sorge I¹, Gräfe D¹, Hirsch F W¹

Institute 1 Institut für Kinderradiologie, Universitätsklinikum Leipzig, Deutschland; 2 Abteilung Sportbiomechanik, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788753

Hintergrund: Adipositas führt einerseits durch hohe Gewichtskraft und andererseits durch eine Veränderung der Beinachse zu einer chronischen Überbelastung des retropatellaren und des Deckknorpels des Kniegelenkes. Dies spiegelt sich zum Beispiel in einem unphysiologisch erhöhten Anpressdruck der Patella in das femorale Gleitlager bei Bewegung wider. Eine Arthrose im Erwachsenenalter kann resultieren. Ziel der Studie ist es herauszufinden, ob das Übergewicht bereits im Kindes- und Jugendalter zu morphologischen Veränderungen des Kniegelenksknorpels führt.

Methoden: Vergleichende 3T-MRT-Untersuchung von jeweils 30 Kniegelenken bei 15 beschwerdefreien übergewichtigen Jugendlichen (Mittelwert BMI 30,5 ± 3,2; Alter von 13 – 17 Jahre) und 15 gesunden Jugendlichen (BMI 21,4 ± 3,5; Alter von 13 – 17 Jahre). Es wurden T2 gewichtete Sequenzen transversal zum retropatellaren Knorpel und koronar über den Kniegelenksknorpel angefertigt.

Ergebnisse: Beide Gruppen unterschieden sich hinsichtlich Körpergewicht und BMI (jeweils $p < .01$), nicht jedoch in der Körpergröße ($p = 0.2$) und Alter ($p = 0.4$). Die maximale retropatelläre Knorpeldicke war sowohl medial, zentral als auch lateral bei adipösen Probanden geringer als bei normgewichtigen Probanden (p jeweils $< .05$). Ebenso war der tibiale Deckknorpel medial als auch insbesondere lateral bei adipösen Probanden dünner als bei normgewichtigen Probanden (p jeweils $< .01$) [1–2].

Fazit: Die Kaskade von chronischer Überlastung des Kniegelenksknorpels durch Übergewicht bis hin zu manifesten Knorpelschäden und konsekutiver Arthrose ist gut belegt. Daher sind die geringere retropatelläre und tibiale Knorpeldicke bereits als erste Veränderungen in diesem Prozess zu sehen. Ob es sich hierbei um einen unumkehrbaren Prozess Richtung Arthrose handelt, oder ein temporäres Phänomen ist, dass nach Gewichtsreduktion und entlastender Bewegung wie beispielsweise Schwimmen wieder reversibel ist, müssen Folgeuntersuchungen ergeben.

Interessenkonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] Kim N, Browning RC, Lerner ZF. The effects of pediatric obesity on patellofemoral joint contact force during walking. *Gait & Posture* 2019; 73: 209–214. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.07.307
- [2] Baum T., Joseph G.B., Nardo L., Virayavanich W., Arulanandan A., Alizai H., Carballido-Gamio J., Nevitt M.C., Lynch J., McCulloch C.E., Link T.M. Correlation of magnetic resonance imaging-based knee cartilage T2 measurements and focal knee lesions with body mass index: thirty-six-month follow-up data from a longitudinal, observational multicenter study. *Arthritis care & research* 2013; 65 (1): 23–33. doi:10.1002/acr.21741

12 Fiberoptische Temperaturerfassung und Überwachung der Herzfrequenz bei Schwangeren sowie Ermittlung der Herzfrequenzvariabilität bei Feten im 1,5 Tesla und 3 Tesla Magnetresonanztomographen (MRT)

Autorinnen/Autoren Haase J¹, Cho-Nöth C H¹, Schleußner E², Schmidt A³, Zöllkau J², Mentzel H J⁴

Institute 1 Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena, Deutschland; 2 Klinik für Geburtsmedizin,

Universitätsklinikum Jena, Deutschland; 3 Biomagnetisches Zentrum, Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Jena, Deutschland; 4 Sektion Kinderradiologie, IDIR, Universitätsklinikum Jena, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788754

Hintergrund: Die fetale Magnetresonanztomografie (fMRT) ist ein wichtiges ergänzendes bildgebendes Verfahren in der pränatalen Diagnostik. Hinsichtlich des Energieeintrages durch Radiofrequenzimpulse besteht im Sinne der Sicherheit für die Schwangerschaft die Frage nach möglichen Veränderungen der maternalen Hauttemperatur, der fetalen Herzfrequenz oder der fetalen Herzfrequenzvariabilität (fHRV).

Methoden: Aufgrund fetaler Auffälligkeiten erhielten 26 Schwangere eine klinisch indizierte fMRT (Gestationsalter zwischen 21 + 3 und 38 + 0 SSW). Die Untersuchung erfolgte in 24 Fällen an einem 1,5 Tesla Aera MRT (Fa. Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland), zwei Untersuchungen erfolgten an einem 3 Tesla Skyra MRT (Fa. Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland). Die maternale Bauchhauttemperatur wurde während der fMRT fiberoptisch erfasst. Bei 22 Schwangeren erfolgte vor und nach der fMRT eine 30-minütige digitale Kardiotokografie (CTG, Philips GmbH, Hamburg, Deutschland). Die Analyse der fHRV erfolgte standardisiert nach Artefaktkorrektur und fetaler Stateklassifikation mithilfe einer arbeitsgruppen-internen MatLab-basierten Software unter Berücksichtigung des Gestationsalters. fHRV-Parameter des Zeit- und Frequenzbereiches sowie der Komplexität wurden berechnet, u.a. die standard deviation of NN interval (SDNN), root mean square of the differences in successive R-R interval (RMSSD) und normalized high frequency (nHF). Statistische Analysen wurden im Vergleich der fHRV vor und nach der MRT mittels t-Tests durchgeführt und in Zusammenschau mit dem Verlauf der mütterlichen Bauchhauttemperatur und Herzfrequenz diskutiert.

Ergebnisse: Bei allen 26 Schwangeren stieg die Bauchhauttemperatur während der fMRT signifikant an (mean 30,79 °C vs. 34,34 °C; $p < 0,001$). Der Temperaturanstieg betrug im Mittel 3,55 °C (SD = 1,15). Insgesamt wurden die CTG-Daten von 20 Schwangeren ausgewertet. Im Vorher-Nachher-Vergleich zeigte sich lediglich für einen der 48 betrachteten fHRV-Parameter ein signifikanter Unterschied (nHF; 0,16 vs. 0,14; $p = 0,028$).

Diskussion: Die Temperaturverläufe wurden nur auf der mütterlichen Bauchhaut gemessen. Temperaturen im Uterus oder Fruchtwasser konnten nicht gemessen werden. Die kardiotokografische Überwachung der Feten fand jeweils vor und nach der fMRT statt. Das Verhalten der fetalen Herzfrequenz und der fHRV während der fMRT wurde in dieser Arbeit nicht untersucht. Tita et al., Spires et al., Ravanelli et al. und Vähä-Eskeli et al. konnten zeigen, dass es zu Veränderungen der fetalen Herzfrequenz durch Änderung der maternalen Körpertemperatur kommen kann. Die fHRV blieb bei Vähä-Eskeli et al. jedoch nach dem Einfluss von Hitzestress im Normbereich. Ein Abfall des HRV-Parameters nHF, in unserem Fall im Mittel um 0,02, kann als Abnahme der parasympathischen Aktivität gedeutet werden. Hierbei gilt es die im Vergleich zur Elektrokardiografie (EKG) geringere zeitliche Auflösung eines CTGs zu berücksichtigen [1–4].

Fazit: Zusammenfassend ergab sich trotz signifikant ansteigender Bauchhauttemperatur der Schwangeren kein Hinweis auf eine negative Beeinflussung der fetalen HRV als Surrogat für fetalen Stress durch die fMRT. Der Parameter nHF kann unter Berücksichtigung der Limitationen der zeitlichen Herzfrequenz-Auflösung in der CTG als Maß der parasympathischen Aktivierung diskutiert werden.

Interessenkonflikt Es bestehen keine Interessenkonflikte.

Literatur

- [1] Tita A.T.N. et al. Fetal Tachycardia in the Setting of Maternal Intrapartum Fever and Perinatal Morbidity. *American Journal of Perinatology*. 2021;
- [2] Vähä-Eskeli K., Erkkola R. The effect of short-term heat stress on uterine contractility, fetal heart rate and fetal movements at late pregnancy. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 1990; 38: 9–14

- [3] Spires B.P., Towers C.V. Fetal Bradycardia in Response to Maternal Hypothermia. *Obstetricians and Gynecologists*. 2020; 135:
- [4] Ravanelli N. et al. Heat stress and fetal risk. Environmental limits for exercise and passive heat stress during pregnancy: a systematic review with best evidence synthesis. *Br J Sports Med* 2019; 53: 799–805

13 Verkürzung der Akquisitionszeit der 3T Ganzkörper-MRT: Einsatz innovativer DWI- und HASTE-Sequenzen bei Kindern und Jugendlichen

Autorinnen/Autoren Glutig K, Kamal Y, Metz C, Anders M, Veldhoen S
Institut Charité – Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Radiologie – Pädiatrische Radiologie, Berlin, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788755

Hintergrund: Die Ganzkörper-Magnetresonanztomografie (GK-MRT) bietet eine sehr gute Bildqualität mit einem hohen Weichteilkontrast und kommt ohne ionisierende Strahlung aus, was sie zu einer wichtigen Screeningmethode bei Kindern und Jugendlichen mit onkologischen oder rheumatischen Erkrankungen macht. Half-Fourier Acquisition Single-Shot Turbo Spin-Echo (HASTE)- und diffusionsgewichtete (DWI)-Sequenzen sind essenzielle Bestandteile in jedem GK-MRT Protokoll, sind jedoch zeitaufwendig. Durch den Einsatz innovativer Techniken wie simultaneous multi-slice (SMS) – Technologie bei der DWI und Deep Learning bei der HASTE-Sequenz kann die Akquisitionszeit deutlich verkürzt werden. In der vorliegenden Arbeit wird die Akquisitionszeit der DWI mit SMS-Technologie und der HASTE mit Deep Learning mit den jeweiligen Standardsequenzen verglichen.

Methoden: Die Ganzkörper-MRTs von 22 Kindern und Jugendlichen (14 Jungen und 8 Mädchen von 2 bis 17 Jahren, Median 10 Jahre) wurden retrospektiv evaluiert. Die Akquisitionszeiten der DWI- und HASTE-Sequenzen, sowohl in der innovativen als auch in der standardmäßigen Variante, wurden an einem identischen Schichtstapel (jeweils 35 Schichten mit 5 mm Schichtdicke) im Oberbauch exemplarisch gemessen und verglichen.

Ergebnisse: In der Standard-DWI betrug die durchschnittliche Akquisitionszeit des Schichtstapels 2 Minuten und 48 Sekunden, während die DWI-SMS im Durchschnitt 1 Minute und 41 Sekunden benötigte. Somit ergibt sich eine Reduktion der Akquisitionszeit um 40 % im Vergleich zur Standard-DWI-Sequenz. Für die Standard-HASTE betrug die mittlere Akquisitionszeit 1 Minute und 19 Sekunden, während die DL-HASTE im Durchschnitt 38 Sekunden benötigte. Damit erreichte die DL-HASTE eine Halbierung der Akquisitionszeit im Vergleich zur bisherigen Standardsequenz.

Diskussion: Die Analyse zeigt eine deutliche Reduktion der Akquisitionszeit durch die Verwendung von SMS-DWI und DL-HASTE Sequenzen im Vergleich zu den Standardsequenzen in der GK-MRT. Diese schnellen Scanzeiten könnten den Patientenkomfort verbessern, die Belastung für die jungen Patienten reduzieren und eine eventuell erforderliche Anästhesie verkürzen und trägt zur Effizienzsteigerung im Arbeitsablauf von kinderradiologischen Abteilungen bei. Ein weiterer Vorteil der verkürzten Akquisitionszeiten ist die potenzielle Verbesserung der Bildqualität. Kürzere Scanzeiten reduzieren die Wahrscheinlichkeit von Bewegungsartefakten, die bei Kindern häufig auftreten, da diese oft Schwierigkeiten haben, über längere Zeiträume still zu liegen. Zudem wird durch die Deep-Learning-Technik die HASTE-Sequenz insgesamt optimiert und die Bildqualität verbessert.

Fazit: Die vorliegende Studie zeigt, dass innovative Techniken wie SMS-DWI und DL-HASTE die Akquisitionszeit bei Ganzkörper-MRTs von Kindern und Jugendlichen signifikant verkürzen können.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

14 Befundmuster in der Bildgebung bei Langerhanszellhistiozytose (LCH) bei Kindern und Jugendlichen

Autor Glutig K
Institut Charité – Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Radiologie – Pädiatrische Radiologie, Berlin, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788756

Hintergrund: Die Langerhanszellhistiozytose (LCH) ist eine seltene Erkrankung, die durch die Proliferation und Akkumulation von Langerhanszellen in verschiedenen Geweben gekennzeichnet ist. Die Krankheit zeigt ein breites Spektrum klinischer Manifestationen und radiologischer Befunde, die von isolierten Knochenläsionen bis hin zu multisystemischen Erkrankungen reichen. Ziel dieser Studie ist es, die charakteristischen Bildgebungsbefunde bei pädiatrischen Patienten mit LCH zu beschreiben und die diagnostische Rolle der Radiologie bei der Identifizierung und Überwachung dieser Erkrankung hervorzuheben.

Methoden: Es wurde eine retrospektive Analyse von 35 pädiatrischen Patienten mit histologisch bestätigter LCH durchgeführt, die zwischen 2014 und 2024 in der Abteilung für pädiatrische Radiologie an der Charité – Universitätsmedizin Berlin eine Bildgebung erhielten. Die Bildgebung umfasste MRT´s und Röntgenaufnahmen sowie CT´s. Die häufigsten Lokalisationen der LCH-Läsionen, deren morphologische Merkmale und das Ansprechen auf die Behandlung wurden evaluiert.

Ergebnisse: Die häufigsten Befunde in der Bildgebung waren osteolytische Läsionen, die in 73 % der Fälle in den langen Röhrenknochen und im Schädel lokalisiert waren. Weitere häufige Lokalisationen waren die Wirbelsäule (18 %) und das Becken (9%). Die MRT zeigte hyperintense Läsionen in den T2-gewichteten Bildern und variable Signalintensitäten in den T1-gewichteten Bildern. Zusätzlich wurden Weichteilkomponenten und Knochenmarködeme beobachtet. Röntgenaufnahmen und CT-Untersuchungen bestätigten die destruktiven Knochenveränderungen.

Diskussion: Die radiologischen Befunde bei LCH sind vielfältig und hängen von der Lokalisation und dem Stadium der Erkrankung ab. Die Bildgebung spielt eine entscheidende Rolle bei der Diagnose, Stadieneinteilung und Verlaufsbeurteilung der LCH. Besonders die MRT bietet detaillierte Informationen über das Ausmaß und Charakter der Läsionen.

Fazit: Die Kenntnis der typischen Bildgebungsbefunde einer multisystemischen LCH und deren korrekte Interpretation sind entscheidend für die frühzeitige Diagnose und erfolgreiche Behandlung dieser komplexen Erkrankung.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

15 Kinder- und Jugendradiologie in der Zweiten Ärztlichen Prüfung (M2).

Autorinnen/Autoren Sturm M J¹, Mentzel H J¹
Institut 1 Sektion Pädiatrische Radiologie, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788757

Hintergrund: Das 2020 veröffentlichte Strategiepapier der Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie (GPR) zur Weiterentwicklung der Kinder- und Jugendradiologie fordert u.a. auch eine Stärkung kinderradiologischer Inhalte in der studentischen Ausbildung. Ebenso sollte die Kinderradiologie in den Gegenstandskatalogen bzw. perspektivisch im Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog für Human- sowie Zahnmedizin (NKLM bzw. NKLZ) im Bereich „Bildgebende Verfahren“ repräsentiert werden, an denen sich die Staatsexamina orientieren. Die Staatsexamensfragen werden vom Institut für Medizinische und Pharmazeutische Prüfungsfragen (IMPP) in Kooperation mit Dozierenden deutscher Universitäten sowie den medizinischen Fachgesellschaften, unter anderem die GPR, erstellt. In Deutschland wird die 2. Ärztliche Prüfung (M2) nach dem 5. Studienjahr und vor dem Praktischen Jahr (PJ) durchgeführt und Studierende werden über den gesamten Klinischen Studienabschnitt geprüft.

Mit der nachfolgenden Arbeit wollten wir die Repräsentanz der Kinder- und Jugendradiologie in den M2-Prüfungen der letzten Jahre erheben.

Methoden: Es wurden retrospektiv die Examensfragen aus 9 verschiedener M2 Prüfungen (Herbst 2019 bis Herbst 2023) auf der Plattform amboss.de (AMBOSS GmbH, Berlin und Köln) ausgewertet. In einem ersten Schritt wurden alle Fragen identifiziert, die einen Bezug zu bildgebender Diagnostik oder bild-

gesteuerter Intervention bei minderjährigen Patienten aufwies. Diese wurden in einem zweiten Schritt erneut auf einen tiefgreifenderen Bezug zur Kinder- und Jugendradiologie überprüft (beispielsweise dezidierte Diagnose aus einer bildgebenden Modalität oder technische Besonderheiten der Methoden im Kindes- und Jugendalter).

Ergebnisse: Von den insgesamt 2808 Examensfragen des untersuchten Zeitraums wiesen 73 einen Bezug zur Kinder- und Jugendradiologie auf. Durchschnittlich 8 Fragen pro Examen (2,80 % ± 1,32 %) hatten einen kinderradiologischen Bezug. Die Anzahl kinderradiologischer Inhalte variierte zwischen den einzelnen M2-Prüfungen. Im Herbst 2022 wurden die meisten Fragen zur Kinder- und Jugendradiologie gestellt (15; 4,82 %). Im Herbst 2023 war die Kinder- und Jugendradiologie mit 3 Fragen am wenigsten präsent (0,95 %). Insgesamt hatten 41 Fragen (56,16 %) einen tiefgreifenden Bezug zu Diagnosen, Pathologien oder technischen Besonderheiten der Kinder- und Jugendradiologie. Dabei überwiegen in den meisten Examina die Fragen mit dezidiert kinderradiologischem Bezug mit Ausnahmen im Herbst 2019 und 2023. Im Frühjahr 2023 hatten mit 77,78 % der Fragen die meisten einen tiefgreifenderen Bezug. Andere Fragen wurden teilweise im Kontext orthopädischer oder pädiatrischer Fallfragen gestellt. Häufig gefragte Themen waren die Bildung bei hypertropher Pylorusstenose oder bei Nicht-akzidentellen Verletzungen.

Diskussion: Mit der vorliegenden Arbeit evaluierten wir die Repräsentation kinderradiologischer Inhalte in den M2-Prüfungen der letzten Jahre. In jedem ausgewerteten Examen wurden kinderradiologische Inhalte geprüft. Insgesamt überwiegen tiefgreifendere Fragen zur Kinder- und Jugendradiologie, die mitunter auf der Kooperation der GPR mit dem IMPP beruhen [1–3].

Fazit: Die Kinder und Jugendradiologie war in den M2-Examina der vergangenen Jahre präsent. Dabei überwiegen dezidiert kinderradiologische Fragen. Um die Quantität kinderradiologischer Prüfungsfragen und den dezidierten Bezug zum Schwerpunkt Kinder- und Jugendradiologie zu steigern, sollte die Kooperation zwischen GPR, dem IMPP sowie anderen Fachgesellschaften weiter intensiviert werden.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt./Die Autor:innen erklären Folgendes: MJS: Kein Interessenskonflikt HJM: Langjähriges Vorstandsmitglied der GPR. Sachverständiger im IMPP.

Literatur

- [1] Mentzel HJ, von Kalle T, Antoch G, Born M, Habernig S, Hahn G, Klee D, Koerber F, Leenen A, Riccabona M, Schaefer JF, Staatz G. [Challenges in Pediatric Radiology – Strategies of the board of the German speaking Society of Pediatric Radiology]. *Rofo* 2020; 192 (6): 531–536
- [2] Dettmer S, Barkhausen J, Volmer E, Mentzel HJ, Reinartz S, Voigt F, Wacker FK, Baessler B Konferenz der Lehrstuhlinhaber für R, Vorstand der Deutschen R, Vorstandskommission der AGLDRG. White Paper: Radiology Curriculum for Undergraduate Medical Education in Germany and Integration into the NKLM 2.0. *Rofo* 2021; 193 (11): 1294–1303
- [3] Storz MA, Oksche A, Schlasius-Ratter U, Schillings V, Beckschulte K, Huber R. Nutrition Coverage in Medical Licensing Examinations in Germany: An Analysis of Six Nationwide Exams. *Nutrients* 2022; 14 (24): 5333

16 Sarkopenie bei chronisch nicht-bakterieller Osteomyelitis und die Auswirkungen auf den Verlauf

Autorinnen/Autoren Akbulut J¹, Voegelé D¹, Müller-Reichart F², Janda A³, Morbach H⁴, Girschick H⁵, Beer M¹, Benoit C²

Institute 1 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Ulm, Deutschland; 2 Universitätsklinikum Würzburg, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Würzburg, Deutschland; 3 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Ulm, Deutschland; 4 Universitätsklinikum Würzburg, Kinderklinik und Poliklinik, Würzburg, Deutschland; 5 Vivantes Klinikum im Friedrichshain, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Berlin, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788758

Hintergrund: Die chronisch nicht-bakterielle Osteomyelitis (CNO) ist die häufigste autoinflammatorische Knochenkrankung im Kindes- und Jugendalter,

deren Pathophysiologie noch nicht abschließend verstanden ist [1]. Die Ganzkörper-Magnetresonanztomographie (MRT) spielt bei der Diagnostik und der Verlaufsbeurteilung eine entscheidende Rolle. Der Verlauf der Erkrankung ist heterogen, wobei viele prognostische Faktoren diskutiert werden. Nicht nur in der Erwachsenen-, sondern auch in der Kinder- und Jugendmedizin rückt die Sarkopenie in den letzten Jahren immer häufiger als prognostischer Faktor bei verschiedenen Erkrankungen in den Fokus. In der vorliegenden Studie wurde mittels MRT der Verlauf von CNO-Läsionen unter Therapie und der mögliche Einfluss der Sarkopenie auf den Krankheitsverlauf untersucht.

Methoden: Retrospektiv wurden MRT-Untersuchungen von 32 Kindern und Jugendlichen mit CNO betrachtet. Die CNO-Läsionen wurden segmentiert und sowohl die größte Fläche als auch der maximale Durchmesser gemessen. Zusätzlich wurde die Sarkopenie mit Hilfe des „total psoas muscle index“ (PMI), auf Höhe LWK3 und LWK5 bestimmt [2]. Die Messungen erfolgten im Krankheitsverlauf zu vier Messzeitpunkten (T1: Baseline, T2-T4: Follow-up). Anhand des ermittelten PMI wurden die Patienten in sarkopen/nicht-sarkopen eingeteilt. Nach der Prüfung auf Normalverteilung wurde mit Hilfe der mixed-between-within-ANOVA die Entwicklung der CNO-Läsionen und der Einfluss der Sarkopenie untersucht. Zusätzlich wurde eine post-hoc Poweranalyse durchgeführt.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 32 Patienten im Alter zwischen 1 bis 16 Jahren betrachtet, davon waren 15 männlich und 17 weiblich. Zwischen der Fläche und dem maximalen Durchmesser bestand eine stark positive Korrelation nach Spearman ($r_s = 0.97$). Durchschnittlich zeigte sich im Beobachtungszeitraum eine kontinuierliche Größenreduktion der CNO-Läsionen unter Therapie. Die durchschnittliche Fläche (in mm²) der CNO-Läsionen betrug zu T1 1014.28 (SD = 977.92) zu T2 840.25 (SD = 833.54), zu T3 520.00 (SD = 544.37) und zu T4 290.94 (SD = 471.01). Die Reduktion der CNO-Läsionen war dabei für alle Zeitpunkte statistisch signifikant ($p = 0.001$, $h_2 = 0.195$). Insgesamt betrug die durchschnittliche Fläche der Läsionen für Patienten mit Sarkopenie 869.71 (SD = 683.24) und für Patienten ohne Sarkopenie 570.54 (SD = 807.80). Dieser Unterschied zwischen den beiden Gruppen war statistisch signifikant ($p = 0.042$, $d = 0.4$). In der Gruppe der „sarkopenen“ Patienten ergab sich gegenüber T1 (1145.00, SD = 646.57) eine Reduktion zum Zeitpunkt T2 (998.80, SD = 697.09; Reduktion um 12.77 %), zum Zeitpunkt T3 (941.00, SD = 580.81, Reduktion um 17.82 %), und zum Zeitpunkt T4 (437.27, SD = 668.48, Reduktion um 61.81 %). Bei den „nicht sarkopenen“ Patienten ergab sich gegenüber T1 (954.86, SD = 1104.86) eine Reduktion zum Zeitpunkt T2 (768.18, SD = 894.41 Reduktion um 19.55 %), zum Zeitpunkt T3 (328.64, SD = 412.45, Reduktion um 65.58 %) und T4 (214.29, SD = 320.13 Reduktion um 77.56 %). Bei der Ermittlung der Sarkopenie ergaben sich keine Unterschiede im direkten Vergleich zwischen den Höhen LWK3 und LWK5. Post-hoc wurde eine Power (1-b err prob) von 0.903 ermittelt.

Diskussion: Die vorliegende Studie zeigt, dass die Sarkopenie ein möglicher negativer prognostischer Faktor für den Verlauf der CNO ist. Bisher ist die Sarkopenie bereits als prognostischer Faktor bei malignen Erkrankungen, z. B. Hepatoblastomen und Nephroblastomen beschrieben [3, 4]. Die Läsionsgröße korreliert mit einer im Verlauf bestehenden Sarkopenie des Patienten und bedingt diese möglicherweise. Die Sarkopenie kann bei CNO-Patienten, die eine Ganzkörper-MRT erhalten als zusätzlicher Bildparameter bestimmt werden, ohne dass ergänzende Untersuchungen notwendig wären. Zusätzlich zeigte sich kein Unterschied bei der Messhöhe (LWK3 oder LWK5) für die Ermittlung der Sarkopenie, sodass zukünftig die Ermittlung auf nur einer der beiden Höhen ausreichend erscheint. Auch die Verlaufsbeurteilung der CNO-Läsionen kann mit hoher Korrelation anhand der Fläche sowie des maximalen Durchmessers durchgeführt werden und kann somit die Diagnostik und auch die Verlaufsbeurteilung vereinfachen.

Fazit: Die vorliegende Studie zeigt, dass die Sarkopenie ein möglicher negativer prognostischer Faktor für den Therapieverlauf der CNO ist. Die Erfassung der Sarkopenie kann dabei als zusätzliche Information im Rahmen von routinemäßig durchgeführten Ganzkörper-MRT Untersuchungen erfolgen.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

[1] Schnabel A., Girschick H., Hahn G., Reiser C. Die Chronisch Nichtbakterielle Osteomyelitis (CNO) im Kindes- und Jugendalter. *Arthritis und Rheuma* 2023; 43 (5): 336–344. doi:10.1055/a-2129-2943

[2] Lurz E., Patel H., Lebovic G., Quammie C., Woolfson J.P., Perez M., Riccio A., Wales P.W., Kamath B.M., Chavhan G.B., Jüni P., Ng V.L. Paediatric reference values for total psoas muscle area. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle* 2020; 11 (2): 405–414. doi:10.1002/jcsm.12514

[3] Ritz A., Kolorz J., Hubertus J., Ley-Zaporozhan J., von Schweinitz D., Koltzko S., Lurz E. Sarcopenia is a prognostic outcome marker in children with high-risk hepatoblastoma. *Pediatr Blood Cancer* 2021; 68 (5): e28862. doi:10.1002/pcb.28862

[4] Ritz A., Froeba-Pohl A., Kolorz J., Vigodski V., Hubertus J., Ley-Zaporozhan J., Berger M. Total Psoas Muscle Area as a Marker for Sarcopenia Is Related to Outcome in Children With Neuroblastoma. *Front Surg* 2021; 8: 718184. doi:10.3389/fsurg.2021.718184

17 Reduktion der Strahlenexposition Pädiatrischer Low-Dose-Untersuchungen des Thorax mittels Photonenzählender Computertomographie

Autorinnen/Autoren Krüger M B¹, Werncke T¹, Schwerk N², Eckstein J¹, Eicke M¹, Huisinga C¹, Panknin C³, Shin H O¹, Hansen G², Wacker F¹, Hellms S¹, Renz D¹

Institute 1 Medizinische Hochschule Hannover, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Hannover, Deutschland; 2 Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Pädiatrische Pneumologie, Allergologie und Neonatologie, Hannover, Deutschland; 3 Siemens Healthineers AG, Forchheim, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788759

Hintergrund: Die photonenzählende Computertomographie (PCD-CT) bietet im Vergleich zur etablierten energieintegrierenden Computertomographie (EID-CT) aufgrund des Detektordesigns eine höhere Dosis-effizienz. Dies kann zum Beispiel für eine Reduktion der Strahlenexposition bei vergleichbarer Bildqualität genutzt werden. Die Low-Dose-Thorax-CT ist ein wichtiges diagnostisches Werkzeug für verschiedene pädiatrische Indikationen, beispielsweise pulmonale Infektionen oder interstitielle Lungenerkrankungen. Da insbesondere Kinder aufgrund ihrer Strahlensensibilität von dosisoptimierenden Bildgebungstechniken profitieren, haben wir die Performance von Low-Dose-Thorax-Untersuchungen mittels PCD-CT und EID-CT an unserem Institut verglichen.

Methoden: In diese retrospektive, monozentrische Studie wurden native Low-Dose-Thorax-Untersuchungen der PCD-CT (n = 46, medianes Alter = 4,7 Jahre, BMI = 15,7 kg/m², 21 Mädchen, 25 Jungen) und EID-CT (n = 46, medianes Alter = 5,0 Jahre, BMI = 15,0 kg/m², 18 Mädchen, 28 Jungen) eingeschlossen, welche zwischen April 2022 und Mai 2024 aus klinischen Indikationen an unserem Institut akquiriert wurden. Die Kohorten wurden über das Alter und den wasseräquivalenten Durchmesser gematcht und miteinander verglichen. Strahlenexpositionen wurden mittels CT-Volumendosis-Index (CTDI_{vol}), Dosis-Längen-Produkt (DLP) und größen-spezifischer Dosisabschätzung (SSDE) analysiert. Bildqualitäten wurden qualitativ durch mehrere Leser mit einer fünfstufigen Likert-Skala sowie quantitativ durch die Bestimmung des Bildrauschens in standardisierten Messbereichen (ROIs) in Trachea, rechtem Oberlappen, Aorta ascendens, Leber und autochthoner Rückenmuskulatur beurteilt.

Ergebnisse: Die PCD-CT zeigte im Vergleich zur EID-CT signifikant geringere Mediane des CTDI_{vol} (0,24 vs. 0,36 mGy, p < 0,001), DLP (5,9 vs. 7,8 mGy*cm, p < 0,001) und SSDE (0,51 vs. 0,82 mGy, p < 0,001) bei geringfügig höherem Bildrauschen in Aorta ascendens (22,6 vs. 19,3 HU, p < 0,001) und Leber (26,7 vs. 24,4 HU, p < 0,001) sowie insgesamt gleichwertiger, exzellenter qualitativer Bildqualität.

Fazit: PCD-CT ermöglicht bei ähnlicher Bildqualität im Vergleich zur EID-CT pädiatrische Low-Dose-Untersuchungen des Thorax mit niedrigerer Strahlenexposition.

Interessenskonflikt Die Autor:innen erklären Folgendes: C.P. ist Mitarbeiter der Siemens Healthineers AG.

18 Graduierung porencephaler Defekte nach Intraventrikulärer Hämorrhagie bei Frühgeborenen

Autorinnen/Autoren Koerber F¹, Grebe L¹, Keller T², Kribs A²

Institute 1 Uniklinik Köln/Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Schwerpunkt Kinder- und Jugendradiologie; 2 Uniklinik Köln/ Kinder- und Jugendmedizin, Neonatologie

DOI 10.1055/s-0044-1788760

Hintergrund: Die Intraventrikuläre Hämorrhagie (IVH) ist eine häufige Erkrankung des Frühgeborenen, die im europäischen Raum ca. 20-30% aller Frühgeborenen betrifft. Im Rahmen der Intraventrikulären Hämorrhagie können durch Behinderung des venösen Abstroms Infarzierungen des periventrikulären Marklagers und daraus resultierende Ischämien des Hirnparenchyms entstehen. Dies führt häufig zu Nekrosenbildung mit zystischen Defekten, die mit einem erhöhten Auftreten neurologischer Folgeschäden assoziiert sind. Bisher steht zur Beschreibung der porencephalen Defekte in der sonografischen Diagnostik kein einheitliches und gängiges Klassifikationssystem zur Verfügung. In Studien zum Einfluss intranasaler Muttermilchgaben in unserer Klinik wurde ein Klassifikationssystem entwickelt und angewandt, das eine einfache und einheitliche Beschreibung der porencephalen Defekte ermöglicht.

Methoden: Es wurde eine retrospektive Fall-Kontroll-Studie in dem Zeitraum Januar 2010 bis Mai 2023 an der Uniklinik Köln durchgeführt, in der der Einfluss intranasaler Muttermilchgabe auf die Entwicklung porencephaler Defekte bei Frühgeborenen mit höhergradiger IVH ab Grad II betrachtet und die Praktikabilität des Klassifikationssystems geprüft wurden. Bei der Studienpopulation von insgesamt 208 Frühgeborenen wurde als klinischer Endpunkt das Auftreten eines porencephalen Defekts betrachtet. Dieser Defekt wurde mit einem visuellen Klassifikationssystem beurteilt, welches aus 5 Graden (Grad 0, 1a, 1b, 2, 3) besteht, wobei Grad 0 keinem Defekt und Grad 3 einem Defekt, der mehr als die Hälfte der Hemisphärenbreite einnimmt, entspricht.

Ergebnisse: Bei einer Studienpopulation von insgesamt 208 Frühgeborenen mit höhergradiger IVH bestand bei 125 Frühgeborenen eine höhergradige IVH mit periventrikulärer Marklagerinfarzierung. Im Verlauf zeigte sich bei insgesamt 72 Frühgeborenen ein porencephaler Defekt, wobei bei mehreren Patienten beidseitige Defekte auftraten. Ein Defekt des Grad 1a lag bei 13 Patienten, ein Grad 1b bei 21 Frühgeborenen, ein Grad 2 bei 32 Patienten und ein Grad 3 bei 19 Patienten vor. Defekte, die dem Grad 1a zugeteilt wurden, zeigten maximal eine transversale Ausdehnung von 9,57% im Verhältnis zur Hemisphärenbreite, wohingegen die minimale Ausdehnung bei Defekten des Grad 3 48,7% betrug. Es gab in der visuellen Einteilung und prozentualen Ausdehnung keine Überschneidungen zwischen den einzelnen Klassifikationsgraden. Frühgeborene, die nach Auftreten der IVH intranasal Muttermilch erhielten zeigten seltener einen porencephalen Defekt Grad 3 als Frühgeborene ohne intranasale Muttermilchgabe (6,89% vs. 17,31%).

Diskussion: Porencephale Defekte konnten mithilfe des Klassifikationssystems einfach und schnell visuell beurteilt werden. Es wurden alle 5 Grade des Klassifikationssystems zur Beschreibung der porencephalen Defekte verwendet und es zeigte sich mithilfe der prozentualen Ausdehnung eine übereinstimmende klare Abgrenzung und deutliche Einordnung zu den einzelnen Klassifikationsgraden. Mithilfe dieses Klassifikationssystems war die Durchführung einer Fall-Kontroll-Studie zur intranasalen Muttermilchgabe möglich, in der eine Vergleichbarkeit der sonographischen Patientendaten hergestellt wurde. Sonographische Befunde eines porencephalen Defekts können so ergänzend detailliert beschrieben werden, was in Zukunft zu einer vereinfachten Beurteilung und Kommunikation zwischen unterschiedlichen Behandlern mit einem leicht anwendbaren und gut integrierbaren Tool im klinischen Alltag führen würde [1–3].

Fazit: Die beschriebene Graduierung der porencephalen Defekt nach IVH bei Frühgeborenen ist eine sinnvolle Ergänzung zum bereit bestehenden Klassifikationssystem der DEGUM-Leitlinie zur Beschreibung der IVH und ermöglicht ein leicht anwendbares Tool im klinischen Alltag, das Befunderhebung und Kommunikation präzisiert und verbessert.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] Ancel P-Y, Goffinet F, Kuhn P et al. Survival and morbidity of preterm children born at 22 through 34 weeks' gestation in France in 2011: results of the EPIPAGE-2 cohort study. *JAMA Pediatr* 2015; 169: 230–38. doi:10.1001/jamapediatrics.2014.3351
- [2] Thwaites P, Hagmann C, Schneider J et al. Trends in Outcomes of Major Intracerebral Haemorrhage in a National Cohort of Very Preterm Born Infants in Switzerland. *Children (Basel)* 2023; 10:. doi:10.3390/children10081412
- [3] Keller T, Körber F, Kribs A et al. Intranasal breast milk for premature infants with severe intraventricular hemorrhage—an observation. *European Journal of Pediatrics* 2019; 178: 199–206. doi:10.1007/s00431-018-3279-7

19 Beurteilung des gastrointestinalen Transits mittels multispektraler optoakustischer Tomographie

Autorinnen/Autoren Caselitz L¹, Nedoschill E¹, Buehler A¹, Wachter F¹, Mandelbaum H¹, Vogt H¹, Corcosa P¹, Rompel O², Regensburger A P¹, Knieling F¹

Institute 1 Universitätsklinikum Erlangen, Kinder- und Jugendklinik, Erlangen, Deutschland; 2 Universitätsklinikum Erlangen, Abteilung Kinderradiologie, Radiologisches Institut, Erlangen, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788761

Hintergrund: Viele gastrointestinale Erkrankungen resultieren in pathologischen Transitzeiten. Multispektrale optoakustische Tomographie (MSOT) ermöglicht die Visualisierung von endogenen und exogenen Chromophoren in bis zu zwei Zentimetern Tiefe im Gewebe. Durch orale Gabe des Nahinfrarot-Farbstoffes Indocyaningrün (ICG) ist es möglich, die Passage des ICG in Echtzeit zu verfolgen. Da die Darreichungsform des oralen Kontrastmittels die Passagezeiten beeinflusst, sollte in dieser Studie erforscht werden, in wie fern die Darreichungsform die Messung verändert.

Methoden: In dieser Studie wurden fünf gesunde Probanden an je drei verschiedenen Tagen mittels MSOT und oral appliziertem ICG untersucht. Am ersten Tag erfolgte die Aufnahme von ICG in flüssigem Zustand mit 500 ml Wasser, am zweiten Tag in breiiger Form mit 400 g Joghurt und am dritten Tag in fester Form mit zwei Scheiben Toast, zwei Rühreiern und Marmelade. Die Probanden wurden an jedem Tag morgens vor der Aufnahme mittels MSOT untersucht und in 60-minütigen Abständen 8-mal nach der Aufnahme von ICG. Die MSOT Untersuchung wurde über dem Magenantrum, dem terminalen Ileum und dem Colon Sigmoidum gemacht.

Ergebnisse: Über dem Magenantrum wurde das niedrigste Signal für ICG für die flüssige Aufnahme und das höchste Signal für ICG für die Aufnahme mit fester Nahrung gemessen. Über dem terminalen Ileum gab es Differenzen der Transitzeiten, wobei die flüssige Aufnahme von ICG die kürzeste Transitzeit und die feste Nahrung die längste Transitzeit aufwies. Die feste Nahrung erzeugte auch im terminalen Ileum die höchste Signalintensität. Über dem Colon Sigmoidum gab es ebenfalls Unterschiede bei der gemessenen Signalintensität, wobei die Aufnahme mit fester Nahrung die höchste Signalintensität erzeugte.

Diskussion: Da die Aufnahme von ICG mit fester Nahrung in allen gemessenen Abschnitten des Gastrointestinaltraktes die höchsten Signalintensitäten erzeugte, ist es für die vorgesehene Anwendung am geeignetsten. Eine Limitation dieser Studie ist jedoch die kleine Kohorte an Probanden, weswegen die Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden müssen und gegebenenfalls weitere Studien folgen sollten.

Fazit: Diese Studie liefert erste Erkenntnisse über die optimale Darreichungsform von oralem Kontrastmittel bei der Beurteilung des gastrointestinalen Transits mittels multispektraler optoakustischer Tomographie.

Interessenskonflikt Ferdinand Knieling hat ein gemeinsames Patent mit der Firma iThera Medical, die das MSOT produziert, und ist medizinischer Berater der Firma.

20 Ultraschall Lokalisationsmikroskopie zur nicht-invasiven Darstellung und Quantifizierung mikrovaskulärer Prozesse im neonatalen Gehirn

Autorinnen/Autoren Mandelbaum H¹, Schwarz S², Denis L³, Reisinger C¹, Wachter F¹, Nedoschill E¹, Bühler A¹, Danko V¹, Nuñez F B², Dürr N R⁴, Schlunz-Hendann M⁴, Brassel F^{4, 5}, Felderhoff-Müser U^{6, 7}, Wölflle J¹, Jüngert J¹, Dohna-Schwake C^{6, 7}, Bruns N^{6, 7}, Rompel O⁸, Regensburger A P¹, Couture O³, Knieling F¹

Institute 1 Universitätsklinikum Erlangen, Kinder – und Jugendklinik, Erlangen, Deutschland; 2 Sana Kliniken Duisburg, Klinik für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin, Duisburg, Deutschland; 3 Sorbonne Universität, Laboratoire d'Imagerie Biomédicale, CNRS, INSERM, Paris, Frankreich; 4 Sana Kliniken Duisburg, Klinik für Radiologie und Neuroradiologie, Duisburg, Deutschland; 5 Sana Kliniken Duisburg, Zentrum für Pädiatrisch Interventionelle Neuroradiologie/Radiologie und Interventionelle Therapie Vaskulärer Malformationen, Duisburg, Deutschland; 6 Universitätsklinikum Essen, Klinik für Kinderheilkunde I, Essen, Deutschland; 7 Universitätsklinikum Essen, Zentrum für Translationale Neuro- und Verhaltenswissenschaften, Essen, Deutschland; 8 Universitätsklinikum Erlangen, Abteilung Kinderradiologie, Radiologisches Institut, Erlangen, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788762

Hintergrund: Die Basis für eine ausreichende Versorgung aller Organe im menschlichen Körper ist die vaskuläre Architektur und die Perfusion innerhalb dieser. Multiple Erkrankungen sind entscheidend durch eine Einschränkung in diesen Bereichen charakterisiert. Die Darstellung mikrovaskulärer Veränderungen im menschlichen Körper mittels Ultraschall bleibt hierbei herausfordernd. Mit der Ultraschall Lokalisationsmikroskopie (Ultrasound Localization Microscopy, ULM), wird nicht nur die Darstellung von mikrovaskulärer Architektur, sondern auch die Quantifizierung mikrovaskulärer Perfusion im Menschen nicht-invasiv möglich. In der hier vorgestellten Studie konnten wir mit ULM komplexe zerebrale dynamische Prozesse von Patienten mit arterio-venöser Malformation (Vena-Galen-Malformation, VGAM) in bisher ungesehener Auflösung nicht-invasiv darstellen und in einem periinterventionellen Setting quantifizieren.

Hiermit präsentieren wir die erste Studie, bei der ULM im humanen neonatalen Gehirn erfolgreich zur Anwendung kommt.

Methoden: In dieser longitudinalen, prospektiven Studie wurden insgesamt 7 Neonaten mit einer Vena-Galen-Malformation vor und nach endovaskulärer Therapie untersucht (T1: 24h vor Therapie, T2: 24h nach Therapie, T3: eine Woche nach Therapie). Intravenös verabreichte gas-gefüllte Mikrobubbles (microbubbles = MBs, Sonovue, Bracco Italy) dienten dabei als Kontrastagens. Hierbei konnten dynamische Veränderung in der zerebralen Perfusion als arterieller Einstrom (rise time = RT) und venöser Ausstrom (fall time = FT) in umschriebenen Hirnregionen während der drei Untersuchungszeitpunkte (T1-T3) quantifiziert werden. Die Veränderungen in der Perfusionsdynamik konnten mit einer Kontrollgruppe [1] sowie mit klinischen Parametern (Bicetre Score [2], Neomod Score [3]) korreliert werden.

Durch eine neuartige, bioinformatische Nachprozessierung der Daten (ULM), die mittels kontrastmittelgestütztem Ultraschall auf einem klinischen Ultraschallgerät erhoben wurden, konnten einzelne MBs lokalisiert und entlang ihrer Flussbahn nachverfolgt werden. Dies ermöglichte die hochauflösende Rekonstruktion vaskulärer Architektur und die Messung dynamischer Flussprofile bis auf mikrovaskulärer Ebene im neonatalen Gehirn.

Ergebnisse Mittels Zeit-Intensitätskurven konnte der Fluss der applizierten MBs für intrazerebrale Gefäße im neonatalen Gehirn dargestellt werden. Ein langsamerer arterieller Einstrom sowie venöser Ausstrom waren hierbei charakteristisch für VGAM-Patienten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe. Postinterventionell konnte ein steilerer arterieller Einstrom ($\Delta RT1/T2$) sowie

ein verbesserter venöser Abfluss ($\Delta\text{FTT1/T2}$) als Zeichen einer abnehmenden intrazerebralen Kongestion besonders in der Kortexregion gemessen werden. Die Veränderung des arteriellen Einstroms vor und nach Therapie – als Maß für ein individuelles Therapieansprechen – konnte mit klinischen Scores korreliert werden. Hierbei zeigte sich ein größerer Therapieeffekt bei schwerer betroffenen Patienten. Es konnten zudem neue extrakortikale vaskuläre Verbindungen [4] dargestellt werden, die bisher nur in experimentellen Arbeiten beschrieben wurden [5] und auch postinterventionelle Komplikationen, wie der zerebrale Infarkt, konnten visualisiert und quantifiziert werden.

Diskussion: Mittels ULM gelang in dieser Studie nicht nur die hochauflösende Darstellung mikrovaskulärer Gefäßarchitektur im neonatalen Hirn, sondern ebenso die Quantifizierung von pathologischen Prozessen in Patienten mit Vena-Galen-Malformation und in postinterventionell assoziierten Pathologien wie dem zerebralen Infarkt. Auch in der Niere wurde ULM bereits angewendet und damit die Darstellung auf kleinster mikrovaskulärer Ebene bis ins Glomerulum möglich [6].

Multiple Krankheitsbilder werden von vaskulärer Pathologie begleitet oder gar maßgeblich prognoseentscheidend charakterisiert, sodass sich für die ULM ein breites Anwendungsgebiet bereits jetzt vorhersagen lässt.

Fazit: Die Darstellung und Quantifizierung mikrovaskulärer Prozesse mittels ULM eröffnet neuartige diagnostische Möglichkeiten, Risikostratifizierung und Outcome-Messungen in der Patientenversorgung und, durch ihren nicht-invasiven Charakter, dies ganz besonders in der Pädiatrie.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenskonflikt.

Literatur

- [1] Ruffer A. et al. Equal cerebral perfusion during extended aortic coarctation repair. *Eur J Cardiothorac Surg* 2022; 6: 299–306
- [2] Lasjaunias P.L. et al. The management of vein of Galen aneurysmal malformations. *Neurosurgery* 2006; 59: 184–194
- [3] Cetinkaya M., Koksall N., Ozkan H. A new scoring system for evaluation of multiple organ dysfunction syndrome in premature infants. *Am J Crit Care* 2012; 21: 328–337
- [4] Herisson F. et al. Direct vascular channels connect skull bone marrow and the brain surface enabling myeloid cell migration. *Nat Neurosci* 2018; 21: 1209–1217
- [5] Kolabas Z.I. et al. Distinct molecular profiles of skull bone marrow in health and neurological disorders. *Cell* 2023; 186: 3706–3725 e3729
- [6] Bodard S. et al. Visualization of Renal Glomeruli in Human Native Kidneys With Sensing Ultrasound Localization Microscopy. *Invest Radiol* 2024

21 Potential von MRT-basierten Radiomics Features zur Differenzierung zwischen pädiatrischen Ewing-Sarkom Patienten mit gutem und schlechtem Ansprechen auf die neoadjuvante Chemotherapie

Autorinnen/Autoren Miedler J¹, Götz M¹, Cario H², Beer M¹, Schaal M C¹

Institute 1 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Ulm, Deutschland; 2 Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Ulm, Deutschland

DOI 10.1055/s-0044-1788763

Hintergrund: Goldstandard zur Beurteilung des Ansprechens auf die neoadjuvante Chemotherapie bei Patienten mit Ewing-Sarkom stellt die histologische Bestimmung der Tumornekroserate dar, wobei sich im deutschsprachigen Raum an der Einteilung nach Salzer-Kuntschik orientiert wird [1, 2]. Das histologische Tumorsprechen kann allerdings erst nach chirurgischer Resektion des Tumors analysiert werden. Jedoch wäre eine frühzeitige nichtinvasive Methode zur Bewertung des Ansprechens auf die neoadjuvante Chemotherapie wünschenswert, um gegebenenfalls Anpassungen der Therapie vorzunehmen. Studien deuten darauf hin, dass Radiomics – die Extraktion einer großen Anzahl quantitativer Merkmale (= Radiomics Features) aus medizinischen Bildern zur Beschreibung radiologischer Phänotypen [3] – ein vielversprechendes Instrument in der onkologischen Bildgebung zu sein scheint [4] und dass sich Radio-

mics Features als nicht-invasive Biomarker zur Prädiktion des Therapieansprechens eignen können [5–7].

Daher war das Ziel der vorliegenden Studie zu untersuchen, ob sich MRT-basierte Radiomics Features zur Differenzierung zwischen pädiatrischen Ewing-Sarkom Patienten mit gutem und schlechtem Ansprechen auf die neoadjuvante Chemotherapie eignen.

Methoden: In dieser retrospektiven Studie wurden alle zwischen 01/2011 und 07/2020 am Universitätsklinikum Ulm behandelten pädiatrischen Ewing-Sarkom Patienten eingeschlossen. Die endgültige Patientenkohorte bestand aus 16 Kindern und Jugendlichen, wovon bei 9 der Regressionsgrad nach Salzer-Kuntschik vorlag (Medianes Alter: 13,68 [8,44–15,97] Jahre; gutes Ansprechen: n = 5; schlechtes Ansprechen: n = 4). Die manuelle Segmentierung des Tumors wurde zu möglichst drei Zeitpunkten vorgenommen: vor Chemotherapie ($n(t_0) = 4/5$ sequenzabhängig) und zweimal während Chemotherapie (nach dem 2./3. [$n(t_1) = 9$] und nach dem 5./6. [$n(t_2) = 8/9$ sequenzabhängig] Chemotherapiezyklus) basierend auf dem EWING 2008-Protokoll [8]. Auf möglichst folgende Sequenzen wurde das gesamte Tumolvolumen segmentiert: T1-TSE nativ, T1-TSE fs post-KM, T2-TSE und T2-TIRM oder T2-STIR. In den Sequenzen T1-TSE fs post-KM und T2-TIRM/STIR wurde eine zusätzliche Messung unter Einbeziehung des peritumoralen Ödems vorgenommen. Insgesamt wurden 54 Radiomics Features analysiert. Die Effektgröße Cohen's *d* oder Hedges' *g* wurde für Features berechnet, bei denen die beiden Gruppen bei der Analyse der einzelnen Zeitpunkte unterschiedliche Wertebereiche aufwiesen. Darüber hinaus wurde die Änderung von t_0 zu t_1 und von t_1 zu t_2 analysiert.

Ergebnisse: Zum Zeitpunkt t_0 wurden in allen Sequenzen Radiomics Features gefunden, wo sich ein Unterschied zwischen den zwei Gruppen zeigte. Die höchste Effektstärke hatte das Feature „Firstorder histogram_Minimum histogram gradient“ der Sequenz T2-TIRM/STIR mit Ödem ($|d| = 18,86$). Zum Zeitpunkt t_1 wurde in keiner Sequenz ein Radiomics Feature gefunden. In der Analyse des Zeitpunktes t_2 wurden insgesamt zwei Radiomics Features gefunden, wobei das Feature „GLCM_Information correlation 2“ der Sequenz T2-TSE die höhere Effektstärke hatte ($|d| = 2,51$).

In der Auswertung des Verlaufs von t_0 zu t_1 wurde ein Radiomics Feature in der Sequenz T2-TIRM/STIR und 29 Features in der Sequenz T2-TIRM/STIR mit Ödem gefunden. Von t_1 bis t_2 wurde ein Radiomics Feature, „GLCM_Information correlation 1“, in der Sequenz T2-TIRM/STIR mit Ödem gefunden. Für die meisten dieser Radiomics Features zeigten Patienten mit gutem Ansprechen abnehmende und Patienten mit schlechtem Ansprechen steigende Werte.

Diskussion: In den letzten Jahren haben mehrere Studien im Zusammenhang mit Knochen- und Weichgewebssarkomen die potenzielle Rolle von Radiomics zur Vorhersage des Therapieansprechens analysiert und durchaus positive Ergebnisse erzielt [9–12]. Nach unserem Kenntnisstand ist die vorliegende Studie die erste, welche dies lediglich bei pädiatrischen Ewing-Sarkom Patienten untersuchte. Die Ergebnisse unserer Studie sind aufgrund mehrerer Limitationen (u.a. kleine Fallzahl mit daraus begrenzten Möglichkeiten der statistischen Auswertung oder Inhomogenität der Akquisitionsparameter aufgrund des retrospektiven Studiendesigns) lediglich als Hinweis zu verstehen und können als Grundlage für weitere Studien dienen.

Fazit: In der vorliegenden Studie wurden mehrere Radiomics Features gefunden, bei denen sich pädiatrische Ewing-Sarkom Patienten mit gutem und schlechtem Therapieansprechen unterscheiden und welche sich möglicherweise eignen könnten, um zwischen diesen beiden Gruppen vor und während der neoadjuvanten Chemotherapie zu differenzieren. Weitere Studien mit größeren Fallzahlen sind erforderlich, um diese Ergebnisse zu bestätigen und das Potential von MRT-basierten Radiomics Features zur Prädiktion des Therapieansprechens zu bewerten.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenskonflikt.

Literatur

- [1] Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie (GPOH) S1-Leitlinie Ewing-Sarkom des Kinder- und Jugendalters, Version 8.0. Berlin, Germany: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) e.V.; 2021

- [2] Salzer-Kuntschik M, Delling G, Beron G et al. Morphological Grades of Regression in Osteosarcoma after Polychemotherapy — Study COSS 80. *J Cancer Res Clin Oncol* 1983; 106: 21–24. doi:10.1007/BF00625047
- [3] Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R et al. Radiomics: Extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *European Journal of Cancer* 2012; 48: 441–446. doi:10.1016/j.ejca.2011.11.036
- [4] Caruso D, Polici M, Zerunian M et al. Radiomics in Oncology, Part 2: Thoracic, Genito-Urinary, Breast, Neurological, Hematologic and Musculoskeletal Applications. *Cancers (Basel)* 2021; 13: 2681. doi:10.3390/cancers13112681
- [5] Wang G, He L, Yuan C et al. Pretreatment MR imaging radiomics signatures for response prediction to induction chemotherapy in patients with nasopharyngeal carcinoma. *Eur J Radiol* 2018; 98: 100–106. doi:10.1016/j.ejrad.2017.11.007
- [6] Giganti F, Marra P, Ambrosi A et al. Pre-treatment MDCT-based texture analysis for therapy response prediction in gastric cancer: Comparison with tumour regression grade at final histology. *Eur J Radiol* 2017; 90: 129–137. doi:10.1016/j.ejrad.2017.02.043
- [7] Coroller TP, Agrawal V, Narayan V et al. Radiomic phenotype features predict pathological response in non-small cell lung cancer. *Radiother Oncol* 2016; 119: 480–486. doi:10.1016/j.radonc.2016.04.004
- [8] EWING 2008 Protocol, Version 2.1. SKION. Im Internet: <https://prinses-maxima.iprova.nl/Portal/#/QC/56-QQ-7> Stand: 05.06.2024
- [9] Crombé A, Périer C, Kind M et al. T2 -based MRI Delta-radiomics improve response prediction in soft-tissue sarcomas treated by neoadjuvant chemotherapy. *J Magn Reson Imaging* 2019; 50: 497–510. doi:10.1002/jmri.26589
- [10] Gitto S, Corino VDA, Annovazzi A et al. 3D vs. 2D MRI radiomics in skeletal Ewing sarcoma: Feature reproducibility and preliminary machine learning analysis on neoadjuvant chemotherapy response prediction. *Front Oncol* 2022; 12: 1016123. doi:10.3389/fonc.2022.1016123
- [11] Peeken JC, Asadpour R, Specht K et al. MRI-based delta-radiomics predicts pathologic complete response in high-grade soft-tissue sarcoma patients treated with neoadjuvant therapy. *Radiother Oncol* 2021; 164: 73–82. doi:10.1016/j.radonc.2021.08.023
- [12] Chen H, Zhang X, Wang X et al. MRI-based radiomics signature for pretreatment prediction of pathological response to neoadjuvant chemotherapy in osteosarcoma: a multicenter study. *Eur Radiol* 2021; 31: 7913–7924. doi:10.1007/s00330-021-07748-6

22 Sind die Beatmung oder andere Atemhilfen und der damit verbundene Atemwegsmitteldruck essentiell hinsichtlich der radiologisch korrekten Magensondenposition bei Früh- und Neugeborenen?

Autorinnen/Autoren Bartos H¹, Putz J², Mahnken A H¹, Diez S³, Weiss C⁴, Müller H²

Institute 1 Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Bereich Kinderradiologie, Universitätsklinikum Marburg, Marburg, Deutschland; 2 Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin, Universitätsklinikum Marburg, Marburg, Deutschland; 3 Kinderchirurgische Abteilung, Universitätsklinikum Erlangen, Erlangen, Deutschland; 4 Medizinische Statistik, Biomathematik und Informationsverarbeitung, Universitätsklinikum Mannheim, Universität Heidelberg, Mannheim, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788764

Hintergrund: Vor allem Frühgeborene und kranke Neugeborene benötigen eine Magensonde (MS) für den enteralen Nahrungsaufbau und für die Applikation von Medikamenten. Auch wenn grob orientierende Angaben und Hilfestellungen vorhanden sind, die eine Abschätzung der benötigten MS-Länge vor der Anlage ermöglichen, so ist doch eine nicht unerhebliche Rate von Fehllagen der MS zu beobachten.

Methoden: Bei 137 Früh- und Reifgeborenen, die keine kongenitalen Fehlbildungen mit Auswirkungen auf die Lage der MS aufwiesen, wurden insgesamt 173 Röntgenbilder untersucht. Dabei wurde analysiert, ob eine richtige Lage bzw. Fehllage der Magensonde vorlag. Zudem wurde bei einer Fehllage ein Korrekturfaktor (KF, gemessen in cm) ermittelt: Ein negativer KF bedeutet, dass

die MS zu tief lag, ein positiver Korrekturfaktor bedeutet, dass die MS zu hoch lag. Zudem wurden mögliche Einflussfaktoren auf die benötigte Magensondenlänge wie das Geschlecht, das Geburtsgewicht (GW), das Gestationsalter bei Geburt (GA), die Körperlänge und der Lebensstag bei Anfertigung der Röntgenbilder, das Vorhandensein einer invasiven Beatmung oder einer nicht-invasiven Atemhilfe (CPAP/Flow), keine Notwendigkeit einer Atemhilfe und der mittlerer Atemwegsdruck (MAP) bei jedem Kind erhoben.

Ergebnisse: Die 137 Kinder hatten ein medianes GW von 2340 g (Range: 445–4860 g) und ein medianes GA von 35,4 SSW (Range: 23,3–42,0 SSW) bei Geburt. 45 Kinder (26,0%) waren beatmet, 60 Kinder (34,7%) hatten eine nicht-invasive Atemhilfe (CPAP, Flow) und 68 Kinder (39,3%) hatten keine Atemunterstützung. Von den 173 Röntgenbildern lag bei 32 Röntgenbildern (18,5%) die MS korrekt und bei 141 Röntgenbildern (81,5%) nicht korrekt. Bei den nicht korrekten Lagen musste die MS nach Begutachtung der Röntgenbilder bei 37/141 vorgeschoben und bei 104/141 gezogen werden. Die multiple Regressionsanalyse ergab, dass der „Lebensstag beim Röntgen“ ($p = 0,0135$) und das „cm-Maß der MS beim Naseneingang“ ($p = 0,0009$) signifikant mit dem KF assoziiert sind. Je höher der Lebensstag beim Röntgen und je höher das cm-Maß der MS beim Naseneingang ist, desto geringer war der KF. Signifikante Einflussvariablen auf die benötigte Magensondenlänge sind das Gewicht beim Röntgen in kg ($p < 0,0001$), die Körpergröße beim Röntgen in cm ($p = 0,0014$) sowie der mittlere Atemwegsdruck beim Röntgen ($p = 0,0049$). Diese Ergebnisse ermöglichen das Erstellen einer Formel, um die benötigte MS-Länge auszurechnen. Bei dieser Formel (Gütemaß $R^2 = 0,7755$) führt jeweils ein höheres Gewicht beim Röntgen, eine höhere Körpergröße sowie ein höherer mittlerer Atemwegsdruck zu einer größeren Magensondenlänge, die erforderlich ist, damit die Magensondenspitze korrekt im Magen liegt.

Diskussion: Die vorliegende Studie verdeutlicht, dass trotz bisheriger Hilfestellungen ein nicht unerheblicher Teil der Magensonden nicht korrekt liegt. Es wird deutlich, dass die Berücksichtigung verschiedener klinischer Faktoren nützlich ist, um die korrekte Länge der benötigten MS abzuschätzen. Zusätzlich sollte bei jedem Röntgenbild, das bei einem durchgeführt wird, auch jeweils die Lage der Magensonde beurteilt werden [1–2].

Fazit: Eine in dieser Studie erarbeitete Formel, die das Vorhandensein einer Atemhilfe sowie den mittlere Atemwegsdruck beinhaltet, ermöglicht eine genauere Abschätzung der benötigten MS-Länge und hilft damit im klinischen Alltag, die Rate an korrekt liegenden MS zu erhöhen.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] Diez S, Bartos H, Siemes A, Gerleve H, Schock A, Besendörfer M, Mahnken AH, Weiß C, Felderhoff-Müser U, Müller H. The Subdiaphragmatic Angle Of The Gastric Tube In Neonates – A Potential Predictor For Perforations? *Klin Padiatr* 2023. doi:10.1055/a-2187-5404
- [2] Bartos HB, Diez S, König A, Görlach J, Besendörfer M, Mahnken AH, Drommelschmidt K, Weiss C, Müller H. Differences in neonatal gastric tubes during insertion into a 3D model in relation to risk of potential perforation. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2024; 78 (3): 601–607. doi:10.1002/jpn3.12137

23 Strahlenexposition bei pädiatrischen Röntgenuntersuchungen im Rahmen unfallchirurgischer und orthopädischer Diagnostik

Autorinnen/Autoren Seidenbusch M¹, Schneidmüller D², Treitl M¹

Institute 1 Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau, Radiologie/Neuroradiologie/Interventionelle Radiologie, Murnau, Deutschland; 2 Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau, Kindertraumatologie und Kinderorthopädie, Murnau, Deutschland
DOI 10.1055/s-0044-1788765

Hintergrund: Zur Bildgebung im Rahmen der traumatologischen und orthopädischen Diagnostik bei Kindern und Jugendlichen werden in der Regel konventionelle und computertomographische Röntgenuntersuchungen sowie Durchleuchtungsuntersuchungen durchgeführt. Es sollen Patientenkollektiv, Röntgenuntersuchungsfrequenzen und die bei den unterschiedlichen Unter-

suchungsprotokollen der Kindertraumatologie und Kinderorthopädie applizierten Strahlendosen am Beispiel einer großen deutschen Unfallklinik dargestellt werden.

Methoden: Zwischen Januar 2021 und Dezember 2023 wurden im Dosismanagement-System der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau (BG Unfallklinik Murnau) rund 9.300 bei Kindern und Jugendlichen bis zum 17. Lebensjahr durchgeführte pädiatrische Röntgenuntersuchungen dokumentiert. Von diesen wurden rund 8.900 Untersuchungen für eine Analyse der Anwendungshäufigkeit der Modalitäten Projektionsradiographie (X), Durchleuchtung (DL) und Computertomographie (CT) sowie der im Rahmen der Röntgenuntersuchungen erzielten Dosisflächenprodukte bzw. Dosislängenprodukte ausgewählt.

Ergebnisse: Das mediane Lebensalter des Patientenkollektivs betrug 12 Jahre mit ca. 60 % männlichen und ca. 40 % weiblichen Patienten. Rund 83 % aller Röntgenuntersuchungen waren konventionelle projektionsradiographische Untersuchungen in einer oder mehreren Ebenen, rund 12 % Durchleuchtungsuntersuchungen (vielfach im Rahmen intraoperativer Bildgebung) und rund 5 % CT-Untersuchungen. Rund 70 % aller Röntgenuntersuchungen dienten der Diagnostik der distalen und proximalen Extremitäten, rund 6 % der Diagnostik der Wirbelsäulenabschnitte. Konventionelle Röntgenaufnahmen wurden vornehmlich zur Bildgebung der Extremitäten und des Achsenskeletts angefertigt, CT-Untersuchungen überwiegend zur Darstellung des Schädels und auch der Extremitäten durchgeführt. Hierbei konnten die ggf. für das jeweilige Untersuchungsprotokoll bekanntgemachten Referenzwerte des Bundesamtes für Strahlenschutz in aller Regel unterschritten werden.

Diskussion: In Kindertraumatologie und Kinderorthopädie spielen die bildgebenden Verfahren der konventionellen Radiologie nach wie vor eine wesentliche Rolle; in der Regel erfolgt die Darstellung der Extremitäten durch projektionsradiographische Bildgebung. Dies wirkt sich positiv auf die Strahlenexposition des Kindes aus, welche derzeit auch in der Unfallchirurgie intensiv thematisiert wird [1]. Auch kann gezeigt werden, dass die bisher vom Bundesamt für Strahlenschutz für die Röntgenuntersuchungen an Kindern formulierten Referenzwerte auch bei kindertraumatologischen Indikationsstellungen in aller Regel unterschritten werden können. Da sich diese nicht auf Röntgenuntersuchungen der Extremitäten beziehen, könnte in diesem Zusammenhang die Frage aufzuwerfen sein, ob eine Formulierung derartiger Referenzwerte erwogen werden sollte.

Fazit: Gegenüber der CT besitzt die konventionelle radiologische Diagnostik in Kindertraumatologie und Kinderorthopädie immer noch hohe Bedeutung. Entsprechend sollten nicht nur CT-Verfahren, sondern auch konventionelle Verfahren weiterhin bezüglich ihres Dosisbedarfs optimiert werden.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenskonflikt.

Literatur

[1] Dresing K, Kraus R, Fernandez F, Schmittenbecher P, Dresing K, Strohm P, Spering C. Bildgebung nach Unfall in Klinik und Praxis bei Kindern und Jugendlichen. *Unfallchirurgie* 2023; 126: 34–41

24 Hemodynamic modeling of aortic valve replacement using computational simulations – a possible methodological approach to predict patient prosthesis mismatch

Autorinnen/Autoren Schafstedde M^{1,2,3,4}, Hellmeier F^{2,4}, Brüning J^{1,2,4}, Nordmeyer J^{1,4}, Kühne T^{1,2,4}, Goubergrits L^{1,5}, Nordmeyer S^{1,2,4,6}

Institute 1 Department of Congenital Heart Disease – Pediatric Cardiology, German Heart Center Charité, 13353 Berlin, Germany; 2 Institute for Cardiovascular Computer-assisted Medicine, Charité – Universitätsmedizin Berlin, 13353 Berlin, Germany; 3 Berlin Institute of Health (BIH), 10178 Berlin, Germany; 4 DZHK (German Centre for Cardiovascular Research), Partner Site Berlin, 10785 Berlin, Germany; 5 Einstein Center Digital Future, Berlin, Germany; 6 Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Tübingen, Germany

DOI 10.1055/s-0044-1788766

Hintergrund: Patient-prosthesis mismatch (PPM) and residual abnormal flow profiles in the ascending aorta are still challenges after surgical aortic valve replacement (SAVR), especially using biological valves. Anatomical restrictions like small aortic annulus might prohibit the implantation of a large enough valve to prevent PPM. Enlargement of the aortic annulus is a technical possibility in order to implant a bigger valve, however, lengthening the operation and increase the risk of complications. We aimed to use virtual aortic valve replacement and computer simulations to predict hemodynamic outcome after surgical aortic valve replacement (SAVR) in order to detect patients at risk for developing PPM.

Methoden: In 10 patients with severe aortic valve stenosis preoperative magnetic resonance imaging data (4D Flow, 3D whole heart) were used for virtual SAVR (Computational Fluid Dynamics). Patient specific anatomical data and left ventricular outflow tract stroke volume and flow direction information (4D Flow) were used as well as different sizes of biological prostheses. Pressure gradient across the aortic valve and aortic blood flow profiles in the ascending aorta were calculated and predicted for each individual patient and different therapy options.

Ergebnisse: For each patient postoperative pressure gradient across every simulated aortic valve rendered higher gradients compared to normal values. Flow profiles in the ascending aorta were also abnormal irrespective of the chosen therapy. In 4 cases therapy options showed mild or moderate aortic valve stenosis after simulated SAVR.

Diskussion: The effects of prosthesis size related hemodynamic changes at rest and under physical stress can be simulated based on preoperative data only. The methodological approach presented here holds the potential to preoperatively identify patients at risk of relevant stress induced patient prosthesis mismatch. Further validation studies are necessary.

Fazit: Computational simulations of different therapy options in Aortic Valve Disease might help to optimize therapy planning, prevent PPM and improve long term outcome after Aortic Valve Replacement.

Interessenskonflikt Es besteht kein Interessenskonflikt.

Namenverzeichnis/Authors' Index

A

Abu-Tair T S130
Akbulut J S136
Anders M S135
Anders R M S131

B

Babazade N S133
Bartos H S140
Beer M S136, S139
Benoit C S136
Blondin D S133
Böker E S134
Brassel F S138
Brüning J S141
Bruns N S138
Buehler A S138
Bühler A S138

C

Cario H S139
Caselitz L S138
Cesnjevar R S130
Chitavishvili N S131
Cho-Nöth C H S134
Corcosa P S138
Couture O S138

D

Danko V S138
Denis L S138
Diez S S140
Dittrich S S130
Dohna-Schwake C S138
Dürr N R S138

E

Eckstein J S133, S137
Eicke M S137

F

Felderhoff-Müser U S138
Frahm J S131

G

Gabor I S133
Girschick H S136
Glutig K S135
Götz M S139
Goubergrits L S141
Gräfe D S131, S132, S134
Grebe L S137
Gutberlet M S133

H

Haase J S134
Hansen G S133, S137
Heinrich A S129

Hellmeier F S141
Hellms S S137
Hirsch F W S131, S132, S134
Huisinga C S137

J

Janda A S136
Jüngert J S138

K

Kaireit T S133
Kamal Y S135
Kampmann C S130
Kellenberger C J S131
Keller T S137
Knieling F S138
Koch R S129
Koerber F S137
Kribs A S137
Krüger M B S137
Kühne T S141

L

Lollert A S130

M

Mahnken A H S140
Malich A S131
Mandelbaum H S138
Melk A S133
Mentzel H J S131, S134, S135
Merkenschlager A S131
Metz C S135
Miedler J S139
Moosmann J S130
Morbach H S136
Müller H S140
Müller-Reichart F S136

N

Nedoschill E S138
Nordmeyer J S141
Nordmeyer S S141
Nuñez F B S138

P

Panknin C S137
Papageorgiou I S131
Pape J S132
Pfäffle R S132
Pöhler G S133
Purbojo A S130
Putz J S140

R

Regensburger A P S138
Reisinger C S138
Renz D S133, S137

Rompel O S130, S138
Rosolowski M S132
Roth C S134

S

Schaal M C S139
Schafstedde M S141
Schleußner E S134
Schlunz-Hendann M S138
Schmidt A S134
Schneidmüller D S140
Schroeder C S130
Schwarz S S138
Schweigmann G S129
Schwerk N S137
Seidenbusch M S140
Shin H O S137
Simion S H S131
Skeries V S133
Sorge I S134
Speth M S133
Staatz G S130
Sturm M J S131, S135

T

Treitl M S140
Tschauner S S131

U

Ubenauf T A S133

V

Veldhoen S S135
Vogel-Claussen J S133
Vogele D S136
Vogt H S138
Voit D S131
von der Born J S133
von Schneider-Egestorf A S133

W

Wachter F S138
Wacker F S133, S137
Weiss C S140
Werncke T S137
Wetzke M S133
Witt M S134
Wittschieber D S131
Wöflle J S138

Z

Zellner M S131
Zimmermann P S132
Zöllkau J S134