

Tatalaksana Pemeriksaan CT Pulmonari Angiografi pada Pasien Pediatric di RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat

Management of CT Pulmonary Angiography in Pediatric Patients at the General Hospital of West Nusa Tenggara Province

Azizatul Alawiyah ^{1*}

Putu Rita Jeniyanthi ²

Desak Nyoman
Mahayani ³

AKTEK Radiodiagnostik dan
Radioterapi Bali, Denpasar, Bali,
Indonesia

*email:

azizatul.alawiyah@gmail.com

Abstrak

CT pulmonary angiography (CTPA) pada pasien pediatrik tidak hanya digunakan untuk evaluasi emboli paru, tetapi juga untuk menilai struktur dan fungsi pembuluh darah pulmoner, termasuk arteri dan vena pulmonalis, serta mendeteksi malformasi vaskular dan perfusi paru pada pasien dengan kelainan jantung bawaan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan tatalaksana pemeriksaan CTPA pada pasien pediatrik di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat dan menganalisis perbedaan prosedur yang diterapkan dengan standar teoretis. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan tiga radiografer, satu radiolog, dan satu dokter pengirim. Penelitian dilakukan pada Januari hingga Maret 2024 di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam prosedur CTPA pada pasien pediatrik, dilakukan pemeriksaan laboratorium urea dan kreatinin untuk menilai fungsi ginjal. Parameter yang digunakan meliputi flow rate sebesar 2-2,5 ml/dt untuk abocath ukuran 24-22, tekanan injektor sebesar 100-250 psi, konsentrasi media kontras sebesar 350 mg/ml, teknik injeksi bolus tracking, dan arah pemindaian craniocaudal. Terdapat perbedaan signifikan antara flow rate, tekanan injektor, konsentrasi media kontras, teknik injeksi kontras, dan arah pemindaian yang diterapkan dengan standar teoretis. Prosedur CTPA pada pasien pediatrik di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan standar teoretis, terutama dalam hal flow rate, tekanan injektor, konsentrasi media kontras, teknik injeksi, dan arah pemindaian.

Kata Kunci:

CTPA Pediatrik
Pulmonary arteri
Kelainan Jantung Bawaan

Keywords:

CTPA Pediatric
Artery Pulmonary
CHD

Abstract

CT pulmonary angiography (CTPA) in pediatric patients is not only used for the evaluation of pulmonary embolism but also to assess the structure and function of pulmonary vessels, including the pulmonary arteries and veins, as well as to detect vascular malformations and pulmonary perfusion abnormalities, which are common in patients with congenital heart defects. This study aims to describe the management of CTPA procedures in pediatric patients at the Radiology Department of the Regional General Hospital of West Nusa Tenggara and to analyze the differences between the applied procedures and theoretical standards. This research utilized a qualitative case study approach. Data were collected through in-depth interviews with three radiographers, one radiologist, and one referring physician. The study was conducted from January to March 2024. The study findings indicate that the parameters used, such as a flow rate of 2-2.5 ml/s for abocaths sized 24-22, injector pressure of 100-250 psi, contrast media concentration of 350 mg/ml, bolus tracking injection technique, and craniocaudal scanning direction, differed from the theoretical standards. There are significant differences in the CTPA procedures for pediatric patients at the Radiology Department of the Regional General Hospital of West Nusa Tenggara compared to theoretical standards, particularly in terms of flow rate, injector pressure, contrast media concentration, injection technique, and scanning direction.



© 2025 The Authors. Published by Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). DOI: <https://doi.org/10.33084/jsm.v1i13.7986>

PENDAHULUAN

CT angiografi (CTA) merupakan modalitas pencitraan non-invasif yang utama dalam evaluasi arteri koroner, termasuk segmen distal dan evaluasi cincin vaskular,

serta jaminan aortopulmoner utama baik pada orang dewasa maupun anak-anak, sebelum dan sesudah intervensi atau operasi. Penggunaan CTA tidak hanya terbatas pada evaluasi arteri koroner, tetapi juga sangat

berguna dalam menilai komplikasi pasca operasi, terutama pada pasien yang menjalani intervensi kardiovaskular (Rajiah et al. 2017; Oda et al., 2019). Dengan adanya perkembangan teknologi pencitraan dan teknik injeksi kontras yang lebih baik, CTA kini mampu memberikan gambaran yang lebih akurat dan detail pada berbagai kondisi vaskular (Hodes et al., 2022).

Penyakit jantung bawaan merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada bayi baru lahir, dengan sekitar 50% kematian terjadi pada bulan pertama kehidupan (Kritsaneeapaiboon et al., 2016). Di United Kingdom, insiden penyakit jantung bawaan diperkirakan sebesar 6,9 per 1000 kelahiran, atau sekitar 1 dari 145 bayi yang lahir, sering kali melibatkan kondisi seperti ventrikular septal defect (VSD), patent ductus arteriosus (PDA), stenosis arteri pulmonal, dan stenosis valvular pulmonik (Gerlach et al., 2023; Shehata et al., 2022; Yuan et al. 2022). Anak-anak yang telah menjalani perbaikan bedah untuk penyakit jantung bawaan sering kali memerlukan evaluasi lanjut menggunakan CT Pulmonary Angiography (CTPA) untuk memastikan tidak adanya komplikasi lanjutan dan untuk memantau perkembangan kondisi vaskular pasca perbaikan (Ko et al., 2021; Bhatt et al. 2015).

CTPA merupakan modalitas pencitraan yang sangat spesifik dan sensitif untuk mendeteksi emboli paru hingga tingkat subsegmental (Schmid et al., 2022). Pemeriksaan ini sangat penting pada pasien pediatrik yang memiliki riwayat penyakit jantung bawaan, karena memberikan informasi diagnostik yang krusial untuk tatalaksana yang tepat (Liu et al., 2019; Bhalla et al., 2019; Smith, H. A., et al. (2023).;). Pada pasien pediatrik, media kontras yang digunakan umumnya adalah non-ionik dengan osmolaritas rendah, dengan konsentrasi antara 240-400 mg/ml, tergantung pada berat badan pasien dan kebutuhan diagnostik. (Geenen et al., 2023). Volume kontras yang digunakan berkisar antara 1,5-2 ml/kg dengan laju aliran 1,5-2 ml/dt, dan volume maksimal hingga 150 ml, dengan tekanan injektor antara

50-300 psi untuk ukuran abocath 22-24 (Schooler et al., 2015; Hsieh et al., 2021; Lee et al., 2016).

Teknik pemeriksaan CTPA umumnya dilakukan dengan metode injeksi tes bolus dan bolus tracking, dengan arah pemindaian caudo-cranial. (Karm et al., 2020; Hamza et al. 2020;) Setelah pemindaian, rekonstruksi gambar dilakukan dengan menggunakan teknik 3D volume rendering (VR) dan Maximum Intensity Projection (MIP) untuk memberikan gambaran yang jelas dan terperinci dari struktur vaskular (Bhalla et al., 2019; Indrajit et al., 2015; Jamali et al., 2020).

Berdasarkan pengamatan di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB menunjukkan bahwa pasien pediatric dengan riwayat penyakit jantung bawaan sering menjalani pemeriksaan CTA. Salah satu metode yang digunakan radiografer untuk menampilkan pembuluh darah pulmonalis, ventrikel vaskular, dan perfusi paru adalah dengan pemeriksaan CTPA. Namun, RSUD Provinsi NTB belum memiliki standar operasional prosedur (SOP) untuk pemeriksaan CTPA pada pasien pediatric, dan beberapa parameter pemeriksaan yang digunakan tidak sepenuhnya mengikuti standar yang direkomendasikan (Liu et al., 2023).

Khususnya variasi dalam parameter yang digunakan, seperti laju alir, tekanan injektor, dan konsentrasi media kontras, mendorong penulis untuk melakukan observasi lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengembangkan protokol pemeriksaan CTPA yang spesifik dan sesuai untuk pasien pediatrik di RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan harapan dapat memberikan rekomendasi yang lebih baik untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi dalam pemeriksaan ini, khususnya pada pasien pediatric.

METODOLOGI

Jenis penelitian ini adalah kualitatif dengan pendekatan studi kasus, Pengambilan data dilakukan pada bulan Januari – Mei 2024 di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi

NTB dengan metode observasi, wawancara dengan 3 orang radiographer, 1 orang dokter spesialis radiologi, 1 orang dokter pengirim serta dokumentasi. Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis menggunakan analisis deskriptif, dengan tahapan reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini sebanyak 3 pasien anak –anak akan dilakukan pemeriksaan CT Scan Pulmonary Angiografi yang memiliki riwayat penyakit jantung bawaan yaitu *Ventricular Septal Defect (VSD)* dan belum pernah melakukan operasi Coronary datang ke Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB untuk dilakukan pemeriksaan CT Scan. Bertujuan untuk evaluasi struktur dan fungsi pembuluh darah pulmoner termasuk arteri dan vena pulmonaris, adanya malvarasi vascular dan perfusi paru.

Sebelum dilakukan pemeriksaan *CT Pulmonary Angiography (CTPA)* pasien telah melakukan uji laboratorium dengan nilai BUN, Creatinin, eGFR normal. Pasien anak-anak yang akan melakukan pemeriksaan *CT Pulmonary Angiography* selalu menggunakan sedasi disebabkan seringkali pada saat pemeriksaan CT scan, khususnya CT angiografi pada anak-anak tidak kooperatif sehingga sangat mempengaruhi jalannya pemeriksaan. [15] Alat dan bahan pada pemeriksaan MSCT 128 slice, Injektor *Double Syringe*, Infus Set, Connector, *Abocath* ukuran 22-24, yang sudah terpasang dengan *three way*, Pasien diposisikan supine diatas meja pemeriksaan, *feet first*, tangan diatas kepala dengan *scan direction craniocaudal*. Pada tahap pemeriksaan ini menggunakan protokol *Chest PE* dan scanning scanogram AP tujuannya untuk melihat pembuluh darah artery dan vena lebih jelas dan mempersingkat waktu pemeriksaan.

Dilakukan teknik pemasukan media kontras menggunakan teknik bolus tracking. Untuk pemasukan media kontras *flow rate* yang digunakan untuk ukuran

abocath 22-24 yaitu 1,5 - 2 ml/dt dan tekanan injektor 150 psi. volume kontras yang digunakan 1,5-2 ml/kg dari berat badan. Volume kontras maksimal 150 ml. (6)(7). Pada ketiga pasien di RSUD Provinsi NTB *flow rate* yang digunakan untuk ukuran abochat 22-24 yaitu 2-2,5 ml/dt dan tekanan injektor 100-150 psi. Volume kontras 1-2 ml/Kg berat badan pasien dan volume saline 30% dari volume media kontras.



Gambar 1. Topogram CT Thorax dibuat untuk mengetahui keadaan umum dari organ thorax dan menentukan daerah pengambilan scanning.

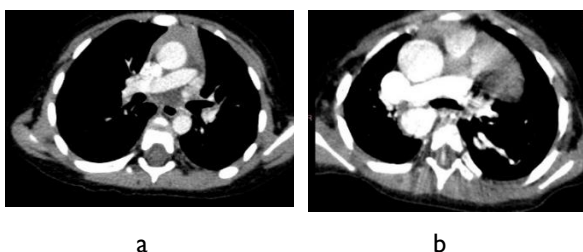
Berikut ini parameter pemeriksaan CT Pulmonary Angiography pada pasien anak-anak dengan menggunakan MSCT Philip 128 Slice.

Tabel 1. Parameter *CT Pulmonary Angiography* pada alat Philip 128 slice.

Parameter	128 Slice
Tube Voltage (kV)	120
Tube current time product (mAs)	200
Normal Pitch	0,09
Kernell	Standart
Slice Thickness	06-1 mm
Scan Delay	5 Detik
Scan Range	Apex paru hingga diafragma

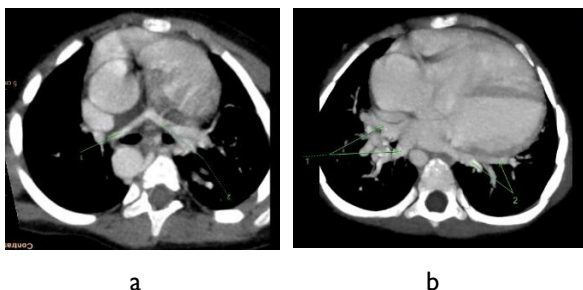
Flow Rate	2-2,5 ml/dt
Salin	30% dari volume kontras
Kontras Media	1-2 ml/Kg berat badan pasien
FOV	250

Penggunaan *flow rate* 2- 2,5 ml/dt untuk ukuran abochat 22-24 dengan volume kontras maksimal 2 kali berat badan pasien pada ketiga pasien yaitu 20-24 cc dan jumlah volume salin 30% dari volume kontras sudah dapat memperlihatkan radiograf yang maksimal dengan irisan slice 1 mm.



Gambar II. Hasil pemeriksaan CT Pulmonary

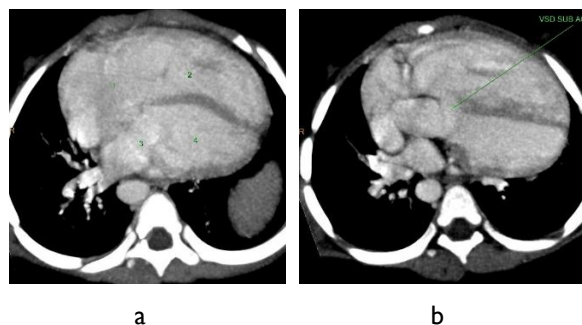
Angiography a) diambil menggunakan volume kontras 20 cc dan *flow rate* 2 ml/dt dan tekanan injector 100 psi untuk ukuran abochat 24 pada pasien anak-anak dengan kasus VSD b) diambil menggunakan volume kontras 22 cc dengan *flow rate* 2,5 ml/dt dan tekanan injeksi 150 psi untuk ukuran abochat 22 pada pasien anak-anak dengan kasus VSD. Tidak terdapat hasil yang signifikan untuk enchancement yang didapatkan dari kedua gambar.



Gambar III. Hasil Rekon MIP CT Pulmonary

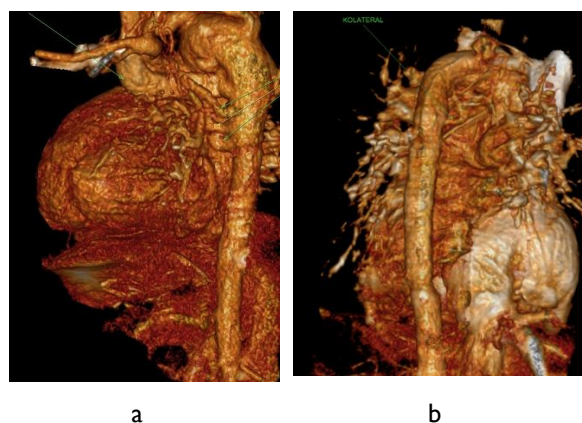
Angiography a) dalam potongan axial. Terlihat jelas gambaran dari 1) pulmonary arteri kiri dan 2) pulmonary arteri kanan dalam potongan axial proximal.

b) Terlihat jelas gambaran dari 1) pulmonary vena kanan dan 2) pulmonary vena kiri dalam potongan axial.



Gambar IV. Hasil Rekon MIP CT Pulmonary

Angiography a) cor pada potongan axila terlihat jelas dengan 1) Atrium kanan 2) Ventrikel kanan 3) atrium kiri 4) ventrikel kiri. b) VSD sub aortic dengan potongan axial.



Gambar V. Hasil Rekon 3D CT Pulmonary

Angiography a) Gambaran 3D Mapca terlihat jelas b) Gambaran Kolatral 3D terlihat jelas. Mapca salah satu struktur anatomi yang dinilai untuk pemeriksann CTPA pada pasien yang menderita VSD.

Pemeriksaan CTPA (CT Pulmonary Angiography) pada pasien pediatric yang dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB dengan kasus VSD (ventrikel defek system) bertujuan untuk evaluasi struktur dan fungsi pembuluh darah pulmoner termasuk arteri dan vena pulmonaris. Sebelum dilakukan pemeriksaan CTPA keluarga pasien harus di jelaskan jalannya pemeriksann dan mengisi inform consent terlebih dahulu untuk meminta persetujuan sebelum dilakukan pemeriksaan CT Pulmonary Angiography. Pasien diharuskan

melakukan pemeriksaan laboratorium yang terdiri dari ureum, creatinine dan eGfR untuk mengetahui fungsi ginjal. Pasien juga harus menggunakan sedasi disebabkan seringkali pada saat pemeriksaan CT scan, khususnya CT angiography anak-anak tidak kooperatif sehingga sangat mempengaruhi jalannya pemeriksaan.

Dilakukan pemeriksaan CTPA pada pasien anak-anak dengan zat kontras non ionik intra vena konsentrasi media kontras 350 dengan dosis 1-2 ml/Kg berat badan pasien. Karena ketiga pasien memiliki berat badan rata-rata 10-12 kg. maka media kontras yang digunakan untuk pemeriksaan CTPA dengan kasus VSD adalah 20-24 cc. Jumlah salin yang digunakan pada pemeriksaan 30% dari jumlah volume media kontras. Maka saline yang digunakan untuk pemeriksaan CTPA dengan kasus VSD adalah 8- 10 cc. Jumlah yang digunakan disesuaikan dengan berat badan pasien karena menginkat pasien adalah anak-anak. Dikhawatirkan apabila media kontras yang diberikan lebih banyak dapat mengakibatkan nefrotoksitis. Untuk pemasukan media kontras dibutuhkan *flow rate* yang sesuai untuk pemasukan media kontras dengan ukuran abochat yang terpasang pada pasien. Di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB penggunaan *flow rate* untuk ukuran *abocath* 22-24 yaitu 2-2,5 ml/dt, ini sudah dapat memperlihatkan hasil *enhancement* yang optimal dari arteri pulmonary.

Dilakukan teknik pemeriksaan CTPA dengan memposisikan pasien *supine* diatas meja pemeriksaan *feet fist* dan kedua tangan diletakkan diatas kepala , scanning menggunakan MSCT 128 Slice dengan dosis *kilovoltage peak* (kVp) 120 kVp dan 150 mA, ketebalan irisan 0,6- 1 mm, FOV 250, dan *scan range* dari apex paru hingga diafragma. Protokol scan yang digunakan yaitu *Chest PE* yang terdapat *surview* atau *scanogram*, langsung post contrast artery tanpa pre contrast tujuannya untuk melihat pembuluh darah artery sehingga dapat fase arteri dan vena. Selain itu dosis radiasi yang didapat pasien dapat diminimalisir. Untuk teknik pemasukan media kontras menggunakan teknik

bolus tracking dengan locator di letakkan dibawah *carina*. Bolus *tracker* diletakkan ROI di artery pulmonary dengan nilai *threshold* 100-150 HU dan *scan delay* 5 detik. Start injeksi bersamaan dengan start scanning. Jika bolus tracker meleset kemungkinan disebabkan pasien sedikit gerak atau posisinya bergeser dari posisi awal maka dapat lakukan scan manual saat kontras mulai terlihat enhance pada area aorta. Kemudian dilakukann scanning dengan *scan direction cranio-caudal*.

Rekontruksi gambar yang digunakan pada Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB untuk pemeriksaan CTPA pada kasus VSD yaitu gambaran potongan axila/coronal/sagital 2D, 3D VRT, MIP untuk dapat menganalisa kelainan-kelainan yang ada pada pembuluh darah artery pulmo diantaranya ada pembengkakan ataupun penyempitan pembuluh darah artery pulmo yang dapat ukur diameternya. Selain itu juga dapat menentukan ada tidaknya kebocoran ventrikel jantung yang tampak pada gambaran *CT Pulmonary Angiography* (CTPA).

Dikarenakan pasien anak-anak, perlu diperhatikan jumlah pemberian kontras yang berlebih dapat menyebabkan *nefrotoksitisi* pada ginjal terutama pasien yang sudah mengalami kerusakan ginjal, dosis radiasi yang berikan mengikuti prinsip ALARA yang mana ini akan meyebabkan efek radiasi yang sangat sensitive terutama anak-anak. Kemudian injeksi kontras apabila *flow rate* dan tekanan *injector* pada ukuran *abocath* tidak sesuai dapat menyebabkan *ekstrafasasi* yaitu kebocoran bahan kontras ke jaringan sekitar yang menyebabkan nyeri atau pembekakan lokal.

KESIMPULAN

Prosedur CTPA pada pasien pediatrik di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan standar teoretis, terutama dalam hal *flow rate*, tekanan injektor, konsentrasi media kontras, teknik injeksi, dan arah pemindaian. Pemeriksaan CTPA yang

dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB pemeriksaan seringkali pada anak-anak dengan kasus kelainan jantung bawaan salah satunya VSD. Sebelum pemeriksaan dimulai terlebih dahulu pasien diberi sedasi. Scan dilakukan dengan protocol Chest PE, dengan 120 kVp 150 mA, *scan range* dari apex paru hingga diafragma. Jumlah media kontras yang digunakan 1-2 ml/Kg dengan konsentrasi media kontras 350, Jumlah volume saline 30% dari volume media kontras, pemasukan media kontras menggunakan *flow rate* 2-2,5 ml/dt untuk ukuran abocath 22-24 yang terpasang pada pasien anak-anak dan tekanan injector 100-150 psi, penggunaan *flow rate* tersebut sudah dapat menghasilkan *enhancement* yang optimal pada arteri pulmonari. Teknik pemasukan media kontras menggunakan teknik bolus *tracking* dengan *scandirection cranio-caudal*. Post rekontruksi gambar yang digunakan potongan axila/coronal/sagital 2D, 3D VRT, MIP. Pemeriksaan CTPA pada pasien anak-anak yang dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Provinsi NTB seringkali memperlihatkan kelainan yang diinginkan sesuai permintaan dari dokter pengirim cardiology pediatric terutama untuk tujuan visualisasi detail anatomi yang bermanfaat untuk mengidentifikasi kelainan vascular dan jantung secara akurat. Dan evaluasi kompleksitas kelainan vaskuler yang sering menyertai kelainan jantung bawaan, untuk perencanaan intervensi bedah dan non bedah yang memberikan gambaran yang komprehensif untuk strategi pengobatan lebih tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada ketua Yayasan Pendidikan Usada Teknik Bali, kepada direktur Akademi teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, kepada Dosen Pembimbing dan Dosen Pengajar di AKTEK Bali, kepada para Radiografer RSUD Provinsi NTB, teman teman RPL A2 tahun 2024 dan semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini membantu pelaksanaan kegiatan penelitian.

REFERENSI

- Bhalla, A. S., Das, A., Naranje, P., Irodi, A., Raj, V., & Goyal, A. 2019. Imaging protocols for CT chest: A recommendation. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, 29(03), 236–246. https://doi.org/10.4103/ijri.ijri_34_19
- Geenen, R. W. F., Roditi, G., Bellin, M. F., Bertolotto, M., Brismar, T., Correas, J. M., Dekkers, I. A., Heinz-Peer, G., Mahnken, A. H., van der Molen, A. J., Quattrocchi, C. C., Radbuch, A., Reimer, P., Sebastià, M., Stacul, F., Romanini, L., & Clément, O. 2024. Safe use of contrast media in myasthenia gravis: systematic review and updated European Society of Urogenital Radiology Contrast Media Safety Committee guidelines. *European Radiology*, 34(7), 4561–4566. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10463-z>
- Gerlach, J., Decker, E. S., Plank, A. C., Mestermann, S., Purbojo, A., Cesnjevar, R. A., Kratz, O., & Eichler, A. 2023. Long-Term Effects of Child Early Surgical Ventricular Septal Defect Repair on Maternal Stress. *Children*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/children10121832>
- Han, B. K., Rigsby, C. K., Leipsic, J., Bardo, D., Abbata, S., Ghoshhajra, B., Lesser, J. R., Raman, S. v., Crean, A. M., Nicol, E. D., Siegel, M. J., & Hlavacek, A. 2015. Computed Tomography Imaging in Patients with Congenital Heart Disease, Part 2: Technical Recommendations. An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT). Endorsed by the Society of Pediatric Radiology (SPR) and the North American Society of Cardiac Imaging (NASCI). *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 9(6), 493–513. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2015.07.007>
- Hodes, A. D., Villasana-Gomez, G., Traube, L., Kurian, J., Liszewski, M. C., Lazarus, M. S., Levin, T. L., & Blumfield, E. 2022. A comparison of pulmonary embolism in pediatric and adult patients with acute COVID-19. *Clinical Imaging*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2022.02.015>
- Hsieh, C. C., Zeng, A. B., Chen, C. H., Jhou, Z. Y., Wang, C. H., Yang, Y. L., Hsieh, F. C., Lin, J. K., Yeh, J. Y., & Huang, C. C. 2021. A practical biphasic contrast media injection protocol strongly enhances the aorta and pulmonary artery simultaneously using a single CT angiography scan. *BMC Medical Imaging*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12880-021-00691-4>
- Hussein HAMDAR, Hassan GHAYEB, Battoul FAKHRY, Elie CHAMMAS, & Ghassan CHEHAB. 2022. Treatment of ventricular

- septal defect in children: Who, when, and how? A 20-years Lebanese multicentric retrospective study. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(1), 324–335. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.14.1.0333>
- Jamali, L., Alikhani, B., Getzin, T., Ringe, K. I., Wacker, F. K., & Raatschen, H. J. 2020. Arterial attenuation in individualized computed tomography pulmonary angiography injection protocol adjusted based on the patient's body mass index. *Journal of Research in Medical Sciences*, 25(1). https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_690_19
- Kamr, W. H., El-Tantawy, A. M., Harraz, M. M., & Tawfik, A. I. 2020. Pulmonary embolism: Low dose contrast MSCT pulmonary angiography with modified test bolus technique. *European Journal of Radiology Open*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.ejro.2020.100254>
- Kandathil, A., & Chamrathy, M. 2018. Pulmonary vascular anatomy & anatomical variants. In *Cardiovascular Diagnosis and Therapy* (Vol. 8, Issue 3, pp. 201–207). AME Publishing Company. <https://doi.org/10.21037/cdt.2018.01.04>
- Ko, J. P., Goldstein, J. M., Latson, L. A., Azour, L., Gozansky, E. K., Moore, W., Patel, S., & Hutchinson, B. 2021. Chest ct angiography for acute aortic pathologic conditions: Pearls and pitfalls. *Radiographics*, 41(2), 399–424. <https://doi.org/10.1148/rg.2021200055>
- Liu, A. Z., Winant, A. J., Lu, L. K., Rameh, V., Byun, K., & Lee, E. Y. 2023. Computed tomography and magnetic resonance imaging for pulmonary embolus evaluation in children: up-to-date review on practical imaging protocols. *Pediatric Radiology*, 53(7), 1260–1269. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05451-2>
- Oda, S., Utsunomiya, D., Nakaura, T., Kidoh, M., Funama, Y., Tsujita, K., & Yamashita, Y. 2018. Basic Concepts of Contrast Injection Protocols for Coronary Computed Tomography Angiography. *Current Cardiology Reviews*, 15(1), 24–29. <https://doi.org/10.2174/1573403x14666180918102031>
- Rajiah, P., Saboo, S. S., & Abbara, S. 2017. Role of CT in Congenital Heart Disease. *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*, 19(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s11936-017-0503-0>
- Schmid, J., Nagy, E., Kaufmann-Bühler, A. K., Steiner, J., Janisch, M., Janek, E., Reiter, C., Eibisberger, M., Softic, N., Guss, H., Fuchsjäger, M., & Adelsmayr, G. 2022. Diagnosing Pulmonary Embolism with Computed Tomography Pulmonary Angiography: Diagnostic Accuracy of a Reduced Scan Range. *Journal of Thoracic Imaging*, 37(5), 323–330. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000664>
- Schooler, G. R., Zurakowski, D., & Lee, E. Y. 2015. Evaluation of contrast injection site effectiveness: Thoracic CT angiography in children with hand injection of IV contrast material. *American Journal of Roentgenology*, 204(2), 423–427. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.12810>
- Shehata, S., Zidan, E., Hasan, B., & Mohi, T. 2022. Preoperative Assessment of Tetralogy of Fallot Variants and Associated Anomalies by MDCT Cardiac Angiography. *Zagazig University Medical Journal*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/zumj.2022.130768.2543>
- Thacker, P. G., & Lee, E. Y. 2016. Advances in multidetector CT diagnosis of pediatric pulmonary thromboembolism. In *Korean Journal of Radiology* (Vol. 17, Issue 2, pp. 198–208). Korean Radiological Society. <https://doi.org/10.3348/kjr.2016.17.2.198>
- Yuan, Y., Pan, B., Liang, X., Lv, T., & Tian, J. 2022. Health-related quality of life in children with congenital heart disease following interventional closure versus minimally invasive closure. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.974720>