

Radiografi Colon In Loop Dengan Sangkaan Hirschsprung Di RSUD Haji Medan

Nuryatno¹, Lagut Sutandra², Roy Daniel Nainggolan Aini³, Nurul Aini⁴

¹ Prodi D4 Radiologi Pencitraan, Stikes Siti Hajar, Medan, Indonesia

² Prodi D3 Fisioterapi, Stikes Siti Hajar, Medan, Indonesia

³ Prodi Profesi Fisioterapi, Stikes Siti Hajar, Medan, Indonesia

⁴ Prodi S1 Fisioterapi, Stikes Siti Hajar, Medan, Indonesia

Email: nuryatno66@gmail.com

Abstrak- Penelitian ini membahas pelaksanaan radiografi **Colon In Loop** pada pasien dengan dugaan **Hirschsprung Disease** di Instalasi Radiologi RSUD Haji Medan. Pemeriksaan Colon In Loop merupakan pemeriksaan radiografi usus besar dengan pemasangan media kontras untuk memperlihatkan anatomi kolon serta kelainan pada mukosa. Metode penelitian yang digunakan adalah **kualitatif deskriptif** dengan teknik pengumpulan data melalui kajian literatur, observasi, serta wawancara. Sampel dipilih secara **purposive sampling**, yaitu satu pasien anak laki-laki usia 2 tahun yang menjalani pemeriksaan pada Maret 2023. Prosedur pemeriksaan meliputi **plain foto abdomen proyeksi AP**, dilanjutkan pemasangan media kontras **iodine water soluble** (Iopamiro) dengan pengenceran **1:8** (50 cc kontras + 400 cc air) melalui anus menggunakan kateter, kemudian dilakukan pemotretan **proyeksi lateral** dan **AP** pascakontast dengan pemantauan fluoroskopi. Pengolahan citra menggunakan **Computed Radiography (CR)** untuk menghasilkan informasi diagnostik. Hasil pelaksanaan menunjukkan pemeriksaan dapat memberikan gambaran kolon yang memadai untuk mendukung dugaan Hirschsprung Disease, namun ditemukan kendala seperti pasien kurang kooperatif, penggunaan kolimasi yang terlalu luas (meningkatkan radiasi hambur dan dosis), serta potensi magnifikasi pada proyeksi lateral. Upaya optimalisasi yang disarankan meliputi komunikasi efektif dengan keluarga pasien, imobilisasi aman dengan pendamping ber-apron, kolimasi sesuai area pemeriksaan, serta penyesuaian jarak fokus-film (FFD) untuk mengurangi magnifikasi.

Kata Kunci: Colon In Loop, Hirschsprung Disease, radiografi kontras, computed radiography, kolimasi, fluoroskopi

Abstract - This study describes the implementation of Colon In Loop radiography in a patient with suspected Hirschsprung disease at the Radiology Department of Haji Medan General Hospital. Colon In Loop is a contrast-enhanced radiographic examination of the large bowel aimed at demonstrating colonic anatomy and mucosal abnormalities. A descriptive qualitative approach was applied, and data were collected through literature review, direct observation, and interviews. Using purposive sampling, one male pediatric patient aged 2 years who underwent the procedure in March 2023 was included. The examination protocol consisted of a plain AP abdominal radiograph, followed by rectal administration of water-soluble iodinated contrast (Iopamiro) diluted at a 1:8 ratio (50 cc contrast mixed with 400 cc water) via a catheter, with fluoroscopic monitoring, and subsequent post-contrast lateral and AP projections. Image processing was performed using Computed Radiography (CR) to obtain diagnostic-quality images. The procedure provided adequate visualization of the colon to support the suspicion of Hirschsprung disease; however, several practical issues were identified, including limited patient cooperation, overly wide collimation (increasing scatter radiation and patient dose), and potential image magnification on lateral projection. Optimization strategies include clear communication with caregivers, safe immobilization with protected assistance (lead apron), proper collimation tailored to the area of interest, and adjustment of the source-to-image distance (FFD) to minimize magnification.

Keywords: Colon In Loop radiography, Hirschsprung disease, contrast radiography, computed radiography, collimation, fluoroscopy

1. PENDAHULUAN

Hirschsprung disease (HD) merupakan kelainan kongenital yang ditandai oleh **ketiadaan sel ganglion** pada segmen distal kolon, sehingga menyebabkan **obstruksi fungsional saluran pencernaan** (tidak ada pergerakan usus yang normal) dan manifestasi klinis seperti konstipasi berat, distensi abdomen, dan muntah pada neonatus maupun anak kecil. Diagnosis yang akurat diperlukan untuk menentukan strategi pengobatan yang tepat, karena intervensi bedah merupakan terapi definitif yang paling efektif untuk mengatasi segmental aganglionosis tersebut (Imaging Findings on Contrast Enema, 2023). Dalam praktik klinis radiologi pediatrik, **contrast enema radiography** — termasuk prosedur Colon In Loop — sering digunakan sebagai modalitas awal untuk menilai struktur anatomi kolon dan untuk menunjukkan karakteristik transisi antara segmen normal dan aganglionosis. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa temuan pencitraan yang khas seperti zona transisi, *rectosigmoid ratio* terbalik, dan kontur serrasi dapat membantu meningkatkan keakuratan diagnosis HD dengan visualisasi yang memadai dari batas patologis kolon (Imaging Findings on Contrast, 2023).

Seiring perkembangan teknologi medis, pasien anak merupakan kelompok **yang** lebih sensitif terhadap **paparan radiasi**, terutama pada pemeriksaan yang melibatkan sinar-X langsung seperti fluoroskopi. Fluoroskopi memberikan citra real-time yang bermanfaat untuk prosedur kontras dinamis tetapi juga berpotensi meningkatkan **dosis radiasi** ke jaringan yang rentan bila tidak diatur secara optimal (New Optimization Strategies on Radiation Protection, 2023). Kajian-kajian terkini menegaskan bahwa optimalisasi parameter pencitraan, seperti kolimasi area kecil sesuai organ target, pengaturan jarak fokus-film (FFD), serta penggunaan fluoroskopi bertahap (*pulsed fluoroscopy*) dapat meminimalkan dosis tanpa mengorbankan kualitas diagnostik, khususnya dalam kasus pediatrik (New Optimization, 2023).

Selain itu, literatur radiologi pediatrik modern menunjukkan tren peningkatan upaya untuk memantau dan menilai dosis radiasi prosedur fluoroskopi secara sistematis. Misalnya, **age-specific dose catalog** untuk fluoroskopi diagnostik memberikan data komprehensif tentang dosis efektif dan organ spesifik pada beragam jenis pemeriksaan fluoroskopi, menekankan kebutuhan untuk pendekatan yang lebih hati-hati dalam setting klinis anak (Age-specific Dose Catalog for Diagnostic Fluoroscopy, 2024).

Walaupun *gold standard* diagnostik untuk HD tetap pada konfirmasi histopatologi melalui biopsi rektal, radiografi enema kontras tetap memainkan peran penting sebagai alat skrining dan sebagai panduan awal sebelum prosedur invasif dijalankan. Perkembangan teknologi, termasuk penerapan alat bantu kecerdasan buatan (AI) untuk menganalisis citra contrast enema, bahkan menunjukkan hasil diagnostik yang menjanjikan dengan akurasi tinggi, yang dapat mendukung penilaian radiologis tradisional di masa depan (Deep learning-based automated contrast enema analysis to improve the assessment of Hirschsprung disease, 2026).

Namun demikian, terdapat beberapa tantangan operasional dalam pelaksanaan radiografi Colon In Loop, seperti kooperasi pasien, pengaturan kolimasi yang kurang tepat, dan potensi magnifikasi citra pada proyeksi tertentu, yang dapat mempengaruhi kualitas diagnostik serta eksposur radiasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pelaksanaan dan optimalisasi teknik radiografi Colon In Loop pada dugaan Hirschsprung Disease di RSUD Haji Medan, guna menghasilkan rekomendasi praktis yang dapat meningkatkan kualitas diagnostik serta menurunkan risiko radiasi pada populasi pediatrik.

2. KERANGKA TEORI

Hirschsprung disease (HD) adalah kelainan kongenital akibat tidak adanya sel ganglion pada pleksus enterik segmen distal usus besar, sehingga terjadi gangguan peristaltik dan obstruksi fungsional. Dampaknya tampak sebagai distensi abdomen, konstipasi berat, dan retensi feses, terutama pada neonatus dan anak. Secara klinis, konfirmasi definitif tetap mengacu pada pemeriksaan histopatologi, namun pencitraan berperan penting sebagai skrining dan penentuan arah evaluasi awal (Heuckeroth & Peña, 2025).

Dalam radiologi pediatrik, water-soluble contrast enema (dalam praktik setempat sering disetarakan dengan prosedur Colon In Loop) digunakan untuk menilai anatomi kolon dan mencari tanda khas HD. Temuan radiografik yang sering dinilai mencakup zona transisi, rectosigmoid ratio terbalik (diameter rektum < sigmoid), pola "sawtooth" akibat spasme mukosa, serta keterlambatan evakuasi kontras; namun tanda-tanda ini tidak selalu muncul sehingga interpretasi perlu mempertimbangkan konteks klinis dan teknik pemeriksaan (Nualyong et al., 2023; Heuckeroth & Peña, 2025).

Kualitas diagnostik pemeriksaan kontras dipengaruhi oleh proyeksi, posisi, kolimasi, serta pemantauan fluoroskopi. Pada populasi anak, isu utama adalah sensitivitas terhadap radiasi, sehingga prinsip optimasi (ALARA) menekankan pembatasan luas lapangan, pengurangan waktu fluoroskopi, serta penggunaan parameter eksposi yang tepat untuk menekan radiasi hambur dan dosis efektif (Dabin et al., 2023). Upaya pengendalian dosis juga dapat dipandu oleh pendekatan berbasis data, seperti katalog dosis fluoroskopi pediatrik yang menyediakan estimasi dosis efektif dan organ spesifik menurut kelompok usia (LaBella et al., 2024).

Pada sisi pengolahan citra, sistem radiografi digital memfasilitasi evaluasi citra dan peluang optimasi, termasuk penerapan algoritme pemrosesan untuk mempertahankan kualitas visual sambil menurunkan paparan radiasi pada pasien anak (Wang et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus untuk menggambarkan secara sistematis pelaksanaan radiografi *Colon In Loop* pada pasien dengan dugaan Hirschsprung Disease. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada proses pemeriksaan, aspek teknis radiografi, serta evaluasi kualitas citra yang dihasilkan dalam praktik klinis.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2023 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Haji Medan. Populasi penelitian adalah seluruh pasien yang menjalani pemeriksaan radiografi Colon In Loop di instalasi tersebut. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, dengan kriteria inklusi pasien anak yang menjalani pemeriksaan Colon In Loop dengan indikasi klinis dugaan Hirschsprung Disease. Sampel dalam penelitian ini adalah satu pasien anak laki-laki berusia 2 tahun yang memenuhi kriteria tersebut.

Teknik pengumpulan data meliputi: (1) observasi langsung, yaitu pengamatan terhadap alur pelayanan, persiapan pasien, teknik eksposi, penggunaan fluoroskopi, serta pengolahan citra; (2) wawancara terstruktur,

dilakukan kepada radiografer yang melaksanakan pemeriksaan untuk memperoleh informasi teknis terkait parameter eksposi, kolimasi, serta kendala yang dihadapi; dan (3) studi dokumentasi, berupa penelaahan hasil radiograf dan data pendukung pemeriksaan.

Prosedur pemeriksaan diawali dengan *plain abdominal radiograph* proyeksi antero-posterior (AP) dalam posisi supine sebagai evaluasi awal dan penentuan faktor eksposi. Selanjutnya dilakukan pemasukan media kontras *water-soluble iodinated contrast* melalui rektum menggunakan kateter dengan pemantauan fluoroskopi. Setelah kontras mencapai sekum, dilakukan pemotretan proyeksi lateral dan AP pascakontras dengan jarak fokus-film (FFD) 100 cm serta faktor eksposi 60 kV dan 14 mAs. Pengolahan citra menggunakan sistem Computed Radiography (CR).

Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Evaluasi difokuskan pada aspek proyeksi, posisi pasien, central ray, kolimasi, faktor eksposi, proteksi radiasi, serta kualitas citra radiografi yang dihasilkan.

4. HASIL

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi RSUD Haji Medan terhadap satu pasien anak laki-laki berusia 2 tahun dengan dugaan Hirschsprung Disease. Pemeriksaan dilakukan sesuai prosedur radiografi Colon In Loop yang berlaku di instalasi tersebut dengan menggunakan pesawat General X-ray yang dilengkapi fluoroskopi serta sistem Computed Radiography (CR) untuk pengolahan citra.

Tahap awal pemeriksaan diawali dengan *plain abdominal radiograph* proyeksi antero-posterior (AP) posisi supine. Pada radiograf awal tampak gambaran keseluruhan rongga abdomen, pelvis, dan sebagian thoraks. Kontras gambar dinilai cukup baik dengan visualisasi struktur tulang vertebra sebagai bayangan radioopak serta gambaran udara dalam usus sebagai bayangan radiolusen. Pemeriksaan ini berfungsi sebagai evaluasi persiapan pasien sekaligus penentuan faktor eksposi sebelum pemberian media kontras.

Tahap berikutnya dilakukan pemasukan media kontras iodine *water soluble* melalui rektum menggunakan kateter ukuran 12 dengan pengenceran perbandingan 1:8. Proses pengisian kontras dimonitor menggunakan fluoroskopi hingga kontras mencapai sekum. Setelah pengisian adekuat, dilakukan pengambilan radiograf proyeksi lateral dan AP pascakontras dengan jarak fokus-film (FFD) 100 cm dan faktor eksposi 60 kV serta 14 mAs.

Pada radiograf proyeksi lateral dengan kontras, tampak distribusi media kontras pada kolon desendens hingga rektum. Fleksura kolon terlihat dalam posisi saling superposisi sesuai karakteristik proyeksi lateral. Detail anatomi kolon dapat diidentifikasi dengan cukup jelas, meskipun ditemukan kecenderungan magnifikasi bayangan akibat jarak objek terhadap detektor.

Pada radiograf proyeksi AP pascakontras, tampak kolon terisi media kontras mulai dari rektum, sigmoid, kolon desendens, fleksura lienalis, kolon transversum, fleksura hepatica, kolon ascendens hingga sekum. Gambaran radioopak kontras tampak kontras terhadap jaringan lunak di sekitarnya sehingga batas lumen kolon dapat diamati dengan baik. Secara visual tampak adanya penyempitan pada segmen distal yang mengarah pada gambaran zona transisi, yang mendukung dugaan Hirschsprung Disease.

Selama pelaksanaan pemeriksaan ditemukan beberapa kendala teknis, yaitu pasien kurang kooperatif sehingga memerlukan bantuan orang tua untuk mempertahankan posisi, penggunaan kolimasi yang relatif luas sehingga mencakup area abdomen secara keseluruhan, serta potensi peningkatan radiasi hambur. Meskipun demikian, secara keseluruhan hasil radiograf dinilai diagnostik karena mampu memperlihatkan distribusi kontras dan anatomi kolon secara memadai untuk menunjang interpretasi klinis lebih lanjut.

5. PEMBAHASAN

Radiografi *Colon In Loop* pada dugaan Hirschsprung Disease (HD) memiliki peran penting sebagai pemeriksaan awal sebelum konfirmasi histopatologi. Pada penelitian ini, gambaran pascakontras menunjukkan distribusi media kontras dari rektum hingga sekum serta adanya penyempitan pada segmen distal yang mengarah pada zona transisi. Temuan tersebut selaras dengan karakteristik radiologis HD, yaitu *rectosigmoid ratio* terbalik dan gambaran transisi antara segmen aganglionik dan kolon proksimal yang dilatasi (Nualyong et al., 2023). Meskipun tidak semua kasus menunjukkan tanda klasik, contrast enema tetap memiliki nilai diagnostik tinggi bila dilakukan dengan teknik yang tepat dan interpretasi yang cermat (Heuckeroth & Peña, 2025).

Secara teknis, kualitas citra pada penelitian ini dinilai cukup baik dari aspek kontras dan detail anatomi. Namun, penggunaan kolimasi yang terlalu luas berpotensi meningkatkan radiasi hambur dan menurunkan kualitas kontras citra. Prinsip optimasi radiasi pada pasien pediatrik menekankan pentingnya pembatasan luas lapangan sesuai area anatomis yang diperiksa untuk mengurangi dosis efektif dan paparan organ radiosensitif (Dabin et al., 2023). Oleh karena itu, kolimasi yang lebih selektif pada area kolon seharusnya diterapkan untuk meningkatkan kualitas citra sekaligus menjaga keselamatan pasien.

Kendala lain yang ditemukan adalah pasien kurang kooperatif, yang umum terjadi pada pemeriksaan radiologi anak. Kondisi ini dapat memicu artefak gerakan dan meningkatkan risiko pengulangan eksposi.

Literatur terbaru menekankan pentingnya pendekatan komunikasi efektif dengan keluarga serta teknik imobilisasi yang aman untuk meminimalkan pergerakan tanpa meningkatkan paparan radiasi (LaBella et al, 2024). Dalam praktik klinis, keterlibatan orang tua dengan proteksi apron timbal merupakan strategi yang masih relevan untuk mempertahankan posisi pasien.

Magnifikasi pada proyeksi lateral juga teridentifikasi sebagai potensi masalah teknis. Hal ini dapat dipengaruhi oleh jarak objek terhadap detektor dan jarak fokus-film (FFD). Penyesuaian FFD dan posisi objek yang lebih dekat dengan detektor direkomendasikan untuk mengurangi distorsi geometrik dan meningkatkan akurasi visualisasi anatomi (Dabin et al., 2023).

Penggunaan Computed Radiography (CR) dalam penelitian ini mendukung peningkatan fleksibilitas pemrosesan citra, termasuk optimasi kontras dan kecerahan tanpa perlu pengulangan eksposi. Studi terkini menunjukkan bahwa sistem radiografi digital memungkinkan kontrol kualitas citra yang lebih baik serta peluang reduksi dosis bila dikombinasikan dengan protokol optimasi yang tepat (LaBella et al., 2024).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa radiografi Colon In Loop tetap relevan dalam mendukung diagnosis awal HD, namun keberhasilan diagnostik sangat dipengaruhi oleh ketepatan teknik, pengendalian dosis radiasi, serta koordinasi antara radiografer dan keluarga pasien.

6. KESIMPULAN

Radiografi *Colon In Loop* pada dugaan Hirschsprung Disease di RSUD Haji Medan mampu memberikan gambaran anatomi kolon yang adekuat dan mendukung identifikasi zona transisi sebagai tanda khas penyakit. Prosedur yang meliputi *plain foto*, pemasangan kontras *water-soluble*, serta proyeksi AP dan lateral dengan pemantauan fluoroskopi dinilai efektif dalam menghasilkan citra diagnostik.

Namun, kualitas hasil sangat dipengaruhi oleh ketepatan teknik, terutama aspek kolimasi, pengaturan jarak fokus-film, serta pengendalian pergerakan pasien. Penggunaan kolimasi yang lebih selektif dan optimalisasi parameter eksposi penting untuk meminimalkan radiasi hambur dan dosis pada pasien anak.

Dengan penerapan prinsip proteksi radiasi dan koordinasi yang baik antara radiografer dan keluarga pasien, pemeriksaan Colon In Loop dapat dilakukan secara aman dan memberikan informasi yang bermakna dalam mendukung diagnosis awal Hirschsprung Disease

DAFTAR PUSTAKA

- Dabin, J., Deman, P., & Struelens, L. (2023). New optimization strategies on radiation protection in fluoroscopy procedures for children. *Children*, 10(5), 883. <https://doi.org/10.3390/children10050883>
- Heuckeroth, R. O., & Peña, A. (2025). Current and future state of the management of Hirschsprung disease. *World Journal of Pediatric Surgery*, 8(1), e000860. <https://doi.org/10.1136/wjps-2024-000860>
- LaBella, A., Kim, D.-S., Chow, J. S., Padua, H. M., & Zhang, D. (2024). Age-specific dose catalog for diagnostic fluoroscopy and fluoroscopically guided interventional procedures from a pediatric hospital. *Radiology*. <https://doi.org/10.1148/radiol.232128>
- Nualyong, P., et al. (2023). Imaging findings on contrast enema of Hirschsprung disease. *Journal of the Medical Association of Thailand*.
- Langer, J. C. (2022). Hirschsprung disease: Advances in diagnosis and management. *Seminars in Pediatric Surgery*, 31(2), 151164. <https://doi.org/10.1016/j.sempedsurg.2022.151164>
- Levitt, M. A., & Peña, A. (2022). Anorectal malformations and Hirschsprung disease. *Journal of Pediatric Surgery*, 57(6), 1009–1016. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2022.01.012>
- Koppen, I. J. N., et al. (2022). Diagnostic accuracy of contrast enema in Hirschsprung disease: Systematic review and meta-analysis. *Pediatric Radiology*, 52(9), 1710–1718. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05384-7>
- Zhang, Y., et al. (2023). Clinical value of contrast enema for diagnosing Hirschsprung disease in children. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1189021. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1189021>
- Anggriani, A., Sulaiman, S., Maryaningsih, M., & Sari, R. A. (2025). Effectiveness of McKenzie Exercise Therapy and Shortwave Diathermy in Reducing Pain Levels in Myogenic Low Back Pain: A Pre-Experimental Study in Support of SDG 3 (Good Health And Well-Being). *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5(3), e05430-e05430.
- Kurniawan, R., & Faesol, A. (2021). Hubungan usia dengan osteoarthritis lutut ditinjau dari gambaran radiologi. *Jurnal Radiologi Klinik*, 3(1), 12–18.
- Sulaiman, M. (2018). *Paduan Penyusunan Skripsi Mahasiswa S1 Fisioterapi*. Yogyakarta: K-media.
- Wardhana, A., et al. (2023). Metode pengumpulan data dalam penelitian klinis. *Jurnal Keilmuan Kesehatan*, 5(1), 29–38.
- Lubis, M. G. B., Anggriani, A., & Erwansyah, R. (2022, July). Hubungan Posisi Kerja Dan Masa Kerja Terhadap Kejadian Low Back Pain Pada Buruh Bibit Bunga Di Desa Bangun Sari Tahun 2021. In *Prosiding Seminar Nasional Sosial, Humaniora, dan Teknologi* (pp. 895-900).
- Mukhtiana, M., & Anggriani, A. (2021). Pengaruh Pemberian Short Wave Diathermy (Swd) dan MC. Kenzie Terhadap Pengurangan Nyeri Punggung Bawah Miogenik Di RSUD Dr. Zubir Mahmud. *Health Science and Rehabilitation Journal*, 1(1), 1-6.
- Nainggolana, R. D., Sulaiman, S., & Anggriani, A. (2025). Pengaruh Latihan Penguatan Terhadap Kekuatan Otot Punggung Pada Ibu Rumah Tangga di Kota Medan. *J. Ners*, 9(2), 1590-1596.

- Putri, N. S., Maryaningsih, M., & Sulaiman, S. (2023). Pengaruh Williams Flexion Exercise Terhadap Penurunan Nyeri Punggung Bawah Miogenik Pada Pengajian Aisiyah Tanjung Sari Ranting Timur Medan. *Jurnal Kesehatan dan Fisioterapi*, 1-9.
- Sulaiman, S., & Anggriani, A. (2020). PENYULUHAN dan PELATIHAN PEMBERIAN SINAR INFRA RED dan TENS PADA LANJUT USIA di DESA SUKASARI KABUPATEN SERDANG BEDAGAI. *J-Dinamika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1).
- Wang, X., et al. (2022). Dose reduction strategies in pediatric digital radiography: A multicenter evaluation. *European Radiology*, 32(8), 5674–5683. <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08741-9>
- Kleinerman, R. A. (2022). Radiation-sensitive populations and pediatric imaging considerations. *Radiologic Clinics of North America*, 60(4), 631–645. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2022.03.002>
- Brisse, H. J., et al. (2023). Pediatric fluoroscopy: Image quality and radiation dose optimization. *European Journal of Radiology*, 160, 110686. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2023.110686>
- Halleran, D. R., et al. (2023). Contemporary outcomes in Hirschsprung disease. *Journal of Pediatric Surgery*, 58(3), 456–462. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2022.09.018>
- Sun, X., et al. (2024). Artificial intelligence-assisted contrast enema interpretation in pediatric Hirschsprung disease. *European Radiology*. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-10125-3>
- WHO. (2022). Radiation protection in pediatric diagnostic imaging. *Bulletin of the World Health Organization*, 100(7), 432–440.
- Patel, K., et al. (2023). Fluoroscopy time reduction techniques in pediatric gastrointestinal imaging. *Pediatric Radiology*, 53(4), 612–620. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05591-2>