

Analisis Informasi Citra Anatomi Antara Sekuen 3D CISS dan 3D SPACE Pada MRI Brain Potongan Axial Dengan Klinis Trigeminal Neuralgia

Fatimah¹, Resha Fitria Desri², Darmini³

^{1,3}Department of Radiodiagnostic and Radiotherapy Engineering
Health Polytechnic, Ministry of Health, Semarang

²Indriati Hospital, Semarang

Corresponding Author: Resha Fitria Desri
email: reshadesri@gmail.com

ABSTRACT

Background: MRI examination of the brain using 3D CISS and 3D SPACE sequences is often used for cranial nerve-related diagnosis. MRI can show images of cranial nerves, subtentorial masses, and neurovascular compression. In this study, the Radiology Installation of RSPON Prof. Dr. Mahar Mardjono Jakarta used 3D SPACE sequences, but there were differences in the selection of sequences used in several other hospitals. The purpose of this study is to determine the difference in anatomical image information and the most optimal sequence in displaying image information between 3D CISS and 3D SPACE sequences with trigeminal neuralgia.

Methods: This study was conducted on 10 patients with trigeminal neuralgia in the range of 40 - 75 years. The image assessment was carried out by three radiology specialists by assessing the clarity of CN V, root entry zone, Meckel's cave, SCA, and AICA. Anatomical information which was assessed with a score range of 1-3. The resulting data was ordinal data. Data analysis was carried out using the Wilcoxon statistical test.

Results: The results of this study showed that there was a difference in anatomical image information between 3D CISS and 3D SPACE sequences which showed a p-value of 0.00 ($p < 0.05$). This study also shows that there was a difference in information from each anatomy assessed, so that the more optimal sequence in providing an overview of anatomical information on MRI examination of axial brain with trigeminal neuralgia is the 3D SPACE sequence with a mean rank value 25.00.

Conclusions: There was a difference in anatomical image information between 3D CISS and 3D SPACE. 3D SPACE can provide a more optimal image of anatomical information and sharper image results when compared to 3D CISS and a shorter scanning time.

Keyword: Brain MRI; 3D CISS; 3D SPACE; Trigeminal Neuralgia

Pendahuluan

Susunan saraf manusia terdiri dari susunan saraf pusat dan saraf perifer. Susunan saraf pusat terdiri dari otak besar, batang otak, otak kecil, sumsum belakang, dan diliputi oleh tiga selaput otak (*meningens*) (Tortora & Derrickson, 2017). Susunan saraf perifer terdiri dari 12 pasang saraf kranial dan 31 pasang saraf spinal. Apabila terdapat kelainan pada kedua belas saraf kranial tersebut maka akan mengganggu kinerja dari organ lainnya. Dari sekian banyak kasus pada saraf kranial, saraf *nervus V* atau saraf *trigeminalis* merupakan neuralgia wajah yang paling umum terjadi. Berbagai macam patologi termasuk *vascular*, inflamasi, dan *neoplastic* dapat mempengaruhi saraf *trigeminalis*.

Trigeminal Neuralgia (TN) merupakan gangguan pada *nervus cranialis V* yang biasa diakibatkan oleh kompresi pada akar saraf *trigeminal* yang beberapa milimeter berada setelah masuk ke pons. Sebanyak 80 - 90% kasus *trigeminal neuralgia* disebabkan oleh kompresi atau kontak dari arteri atau vena yang berdekatan seperti arteri serebelar superior (Yadav et al., 2017). Tingkat prevalensi TN berkisar antara 0,03 - 0,3%, wanita lebih terpengaruh dibanding pria dengan rasio prevalensi antara 1:1.5 - 1:1.7 (Xu et al., 2021). Tingkat insidensi meningkat seiring bertambahnya usia, dengan kebanyakan onset terjadi pada usia 53 - 57 tahun dan rentang kejadian pada usia 24 - 93 tahun (Lambru et al., 2021).

Mengingat struktur dari saraf kranial yang kecil dan kompleks, maka *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), suatu modalitas pencitraan tanpa

menggunakan radiasi pengion, dianggap menjadi standar dalam memvisualisasikan saraf kranial. MRI dapat mengevaluasi pembuluh darah yang melakukan kontak dengan saraf trigeminal, baik pembuluh tersebut menekan pada setengah dari bagian proksimal ataupun distal saraf trigeminal (Hughes et al., 2016).

Protokol pemeriksaan MRI untuk kasus *trigeminal neuralgia* menurut Westbrook (2014), dalam buku *Handbook of MRI Technique*, meliputi *Sagittal Spin echo* (SE) T1 atau T2 *Gradient Echo* (GRE), *Axial T1 Spin echo/Fast Spin echo* (SE/FSE) tanpa dan dengan kontras, dan sekuen tambahan *Coronal T1 Spin echo/Fast Spin echo* (SE/FSE) tanpa dan dengan kontras, 3D T1 GRE tanpa dan dengan kontras. Sedangkan menurut Andrew Murphy (2021), sudah menyarankan penggunaan 3D CISS ataupun FIESTA.

Sekuen 3D CISS adalah sekuen gradien echo MRI yang digunakan untuk memeriksa berbagai patologi ketika sekuen MRI rutin tidak memberikan informasi anatomi yang diinginkan. Sekuen 3D CISS digunakan untuk mengidentifikasi lokasi dan derajat konflik *neurovascular*. Sekuen CISS menggunakan *flow compensation* untuk mengurangi gambaran artefak akibat aliran CSF yang lambat, akan tetapi, pada aliran CSF yang cepat dan *turbulent flow*, *signal lose* akibat *phase dispersion* masih dapat dilihat pada sekuen CISS (McConachie, 2005).

Menurut Westbrook (2014) untuk menghasilkan citra dengan kontras dan SNR yang tinggi pada pemeriksaan MRI Brain di daerah Fossa Posterior maka dapat digunakan sekuen khusus 3D *High Resolution* yaitu 3D FSE T2. Sekuen 3D FSE yang digunakan adalah *Sampling Perfection with Application Optimized Contrast by Using Different Flip Angle Evolutions* (SPACE).

Sekuen SPACE menggunakan *voxel isotropic*, sehingga citra yang dihasilkan dapat direformat kedalam potongan apapun tanpa kehilangan resolusinya. Selain itu, 3D SPACE cenderung tahan terhadap gerakan serta jarang menimbulkan artefak dibandingkan dengan sekuen GRE. Sekuen 3D SPACE juga memiliki karakteristik mampu mengurangi *flow sensitivity* yang menyebabkan artefak (Ors et al., 2017).

Berdasarkan studi pendahuluan di Instalasi Radiologi RSPON Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta, protokol rutin yang digunakan pada pemeriksaan MRI brain dengan kasus trigeminal neuralgia adalah Axial FLAIR, Axial DWI, Axial T1, Coronal T1, Sagittal T1, SWI, Coronal T2, 3D TOF MRA, Axial T2, dan terdapat sekuen khusus

yaitu sekuen 3D SPACE. Sedangkan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit yang lain seperti RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo dan RSD KRMT Wongsonegoro menggunakan sekuen 3D CISS. Pada jurnal penelitian Ors, dkk. (2017) menyimpulkan bahwa sekuen 3D SPACE secara signifikan memberikan visualisasi saraf cranial yang lebih tegas dan jelas daripada sekuen 3D CISS.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, penulis tertarik untuk mengkaji dan meneliti lebih lanjut terkait informasi anatomi MRI brain potongan axial antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada klinis trigeminal neuralgia, yang tertuang dalam skripsi dengan judul “**Analisis Informasi Citra Anatomi Antara Sekuen 3D CISS dan 3D SPACE Pada MRI Brain Potongan Axial Dengan Klinis Trigeminal Neuralgia**”.

Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Juni 2024 di Instalasi Radiologi RSPON Prof. Dr. dr. Mahar Mardjono Jakarta. Sampel penelitian ini adalah 10 pasien pemeriksaan MRI brain dengan klinis trigeminal neuralgia. Masing-masing sampel akan melakukan pemeriksaan MRI brain dengan menggunakan dua sekuen (3D CISS dan 3D SPACE). Subjek pada penelitian ini adalah tiga orang responden yang merupakan dokter spesialis radiologi yang berpengalaman dalam mengekspertisi citra MRI.

Parameter yang digunakan pada sekuen 3D CISS adalah TR 8,56 ms, TE 3,91 ms, FA 50, NEX 1, FOV 160 mm, matrix 320 x 320 mm, *slice thickness* 0,5 mm dan 3D SPACE adalah TR 1200 ms, TE 182 ms, FA 120, NEX 2, FOV 160 mm, matrix 320 x 320, *slice thickness* 0,6 mm. Citra yang dihasilkan akan dinilai oleh responden berdasarkan kuesioner dan akan dianalisis dengan uji Wilcoxon.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik sampel pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin

Jenis Kelamin	Frekuensi	Persentase
Laki-laki	2	20%
Perempuan	8	80%
Total	10	100%

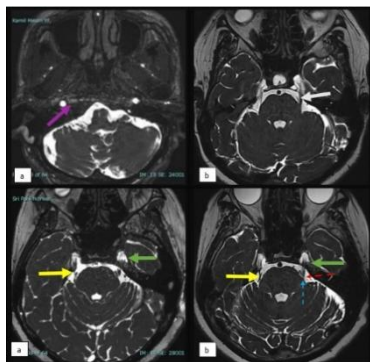
Berdasarkan tabel diketahui bahwa sampel berjenis kelamin perempuan yaitu sebanyak 80% dan laki-laki sebanyak 20%.

Tabel 2 Karakteristik sampel berdasarkan usia

Usia	Frekuensi	Persentase
41-45 tahun	1	10%
46-50 tahun	1	10%
51-55 tahun	2	20%
56-60 tahun	1	10%
61-65 tahun	3	30%
66-70 tahun	2	20%
Total	10	100%

Berdasarkan data pada tabel diperoleh informasi bahwa pada penelitian ini sampel yang berusia 61-65 tahun berjumlah 3 (tiga) orang dengan persentase 30%, sampel berusia 51-55 tahun dan 66-70 tahun masing-masing berjumlah 2 (dua) orang dengan persentase 20%, serta sampel berusia 41-45 tahun, 46-50 tahun, dan 56-60 tahun masing-masing berjumlah 1 (satu) orang dengan persentase 10%.

Semua sampel dilakukan pemeriksaan MRI dengan menggunakan sekuen 3D CISS dan 3D SPACE dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 1 Hasil citra MRI brain anatomi CV V (tanda panah putus-putus merah), REZ (tanda panah putus-putus biru), Meckel's cave (tanda panah hijau), SCA (tanda panah kuning), dan AICA (tanda panah putih) sekuen 3D CISS (a) dan 3D SPACE (b)

Data penilaian dari ketiga responden kemudian dilakukan uji Cohen's kappa untuk mengetahui tingkat kesepakatan antar responden yang terlihat pada tabel

Tabel 3 Hasil uji Cohen's Kappa antar responden

Responden	Value	Makna Kesepakatan
R1 dengan R2	0,484	Cukup (<i>fair</i>)
R1 dengan R3	0,498	Cukup (<i>fair</i>)
R2 dengan R3	0,228	Buruk (<i>bad</i>)

Hasil uji kesepakatan antar responden pada penilaian informasi citra anatomi menunjukkan kesepakatan yang cukup (*fair*) antara responden 1 dengan responden 2 sebesar 0,484 dan responden 1 dengan responden 3 sebesar 0,498. Sedangkan kesepakatan antara responden 2 dengan responden 3 menunjukkan kesepakatan yang buruk (*bad*)

sebesar 0,228. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa penilaian ketiga responden bersifat obyektif, sehingga peneliti dapat menggunakan data penilaian kejelasan informasi anatomi dari salah satu responden. Dalam hal ini peneliti menggunakan data yang diperoleh dari responden pertama yang memiliki pengalaman kerja yang lebih lama.

Data penilaian informasi citra anatomi kemudian dianalisa dengan uji statistik yaitu uji beda Wilcoxon pada keseluruhan anatomi maupun per anatomi dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil uji Wilcoxon keseluruhan informasi anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE

Sekuen	Mean rank	p-value	Keterangan
3D CISS - 3D SPACE	0,00 25,00	0,00	Ada beda

Berdasarkan hasil uji pada tabel di atas menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan mengenai informasi anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia dengan *p-value* sebesar 0.00 ($p < 0,05$). Sekuen 3D SPACE lebih optimal dalam memvisualisasikan keseluruhan informasi citra anatomi dibandingkan sekuen 3D CISS dengan nilai mean rank sekuen 3D SPACE adalah 25,00.

Tabel 5 Hasil uji Wilcoxon per anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE

Informasi anatomi	Sekuen	Mean rank	p-value
CN V	3D CISS	0,00	0,002
	3D SPACE	5,50	
Root Entry Zone	3D CISS	0,00	0,003
	3D SPACE	5,00	
Meckel's Cave	3D CISS	0,00	0,002
	3D SPACE	5,50	
SCA	3D CISS	0,00	0,003
	3D SPACE	5,50	
AICA	3D CISS	0,00	0,003
	3D SPACE	5,50	

Hasil uji perbedaan informasi per anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia adalah sebagai berikut:

a) Informasi anatomi CN V diperoleh nilai *p-value* 0,002 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia. Sekuen 3D SPACE dapat memberikan informasi citra CN V lebih baik daripada sekuen 3D CISS dengan nilai mean rank sekuen 3D SPACE adalah 5,50.

- b) Informasi anatomi root entry zone diperoleh nilai p -value 0,003 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia. Sekuen 3D SPACE dapat memberikan informasi citra root entry zone lebih baik daripada sekuen 3D CISS dengan nilai mean rank sekuen 3D SPACE adalah 5,00.
- c) Informasi anatomi Meckel's cave diperoleh nilai p -value 0,002 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia. Sekuen 3D SPACE dapat memberikan informasi citra Meckel's cave lebih baik daripada sekuen 3D CISS dengan nilai mean rank sekuen 3D SPACE adalah 5,50.
- d) Informasi anatomi SCA diperoleh nilai p -value 0,003 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia. Sekuen 3D SPACE dapat memberikan informasi citra SCA lebih baik daripada sekuen 3D CISS dengan nilai mean rank sekuen 3D SPACE adalah 5,50.
- e) Informasi anatomi AICA diperoleh nilai p -value 0,003 ($p < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia. Sekuen 3D SPACE dapat memberikan informasi citra AICA lebih baik daripada sekuen 3D CISS dengan nilai mean rank sekuen 3D SPACE adalah 5,50.

Berdasarkan hasil uji beda wilcoxon, terdapatnya perbedaan informasi anatomi pada kedua sekuen dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik antara kedua sekuen tersebut. Sekuen 3D CISS dan 3D SPACE memiliki perbedaan pada panjang *time repetition* (TR) dan *time echo* (TE), besar *flip angle*, *slice thickness*, dan nilai NEX masing-masing sekuen.

Sekuen CISS merupakan turunan dari sekuen *Gradient Echo* (GRE) yang memiliki karakteristik nilai TR yang pendek. Dalam penelitian ini sekuen CISS memiliki nilai TR sebesar 8,56 ms, sedangkan sekuen SPACE yang merupakan turunan dari sekuen *Fast Spin Echo* (FSE) memiliki nilai TR yang panjang yaitu sebesar 1200 ms. Menurut Westbrook & Talbot (2019), nilai TR yang pendek dapat mengurangi timbulnya artefak akibat aliran darah maupun CSF. Nilai TR yang pendek pada citra sekuen CISS memiliki pengaruh pada

kurangnya kontras T2 pada citra sehingga menyebabkan batas antar jaringan tampak kurang tajam, sedangkan TR yang panjang pada sekuen SPACE berpengaruh terhadap peningkatan CNR sehingga hasil citra tampak lebih baik dan memiliki batas-batas yang lebih tajam.

Nilai *time echo* (TE) yang digunakan pada penelitian ini adalah TE 3,91 ms untuk sekuen CISS dan sekuen SPACE menggunakan TE 182 ms. Pada sekuen CISS yang merupakan turunan sekuen GRE, menurut Westbrook & Talbot (2019), *gradient rephase* terjadi lebih cepat dari aplikasi RF 180° sehingga digunakan nilai TE yang lebih pendek. Nilai TE yang pendek dapat mengurangi *flow artifact* serta dapat menyebabkan meningkatnya SNR. Nilai TE dan TR yang sangat pendek pada sekuen CISS membuat anatomi seperti darah dan CSF menjadi lebih *hyperintense*. Sedangkan pada sekuen SPACE yang merupakan turunan dari sekuen FSE memiliki nilai TE yang panjang. Nilai TE yang panjang ini akan meningkatkan kontras T2 serta menurunkan SNR pada citra. Akan tetapi, kontras T2 memiliki nilai CNR yang lebih tinggi, sehingga hasil citra SPACE memiliki gambaran yang lebih tajam jika dibandingkan dengan sekuen CISS. Hal ini sesuai dengan penelitian Ors et al. (2017) yang didukung oleh pernyataan Ucar et al. (2015) bahwa tingginya nilai CNR pada sekuen SPACE menyebabkan gambaran anatomi yang lebih tajam dibandingkan dengan sekuen CISS.

Sekuen CISS dan SPACE juga memiliki *flip angle* yang berbeda. Pada sekuen CISS *flip angle* yang digunakan adalah 50°, sedangkan sekuen SPACE adalah 120°. Perbedaan besar sudut *flip angle* yang digunakan akan berpengaruh pada nilai SNR, yaitu semakin besar *flip angle* yang digunakan maka semakin tinggi nilai SNR yang dihasilkan (Westbrook and Talbot, 2019). Akan tetapi, besarnya *flip angle* secara tidak langsung berhubungan dengan bertambahnya *scan time* dikarenakan lamanya *recovery* magnetisasi longitudinal. Namun, pada sekuen SPACE, lamanya *scan time* ini dapat dikurangi dengan pengaplikasian ETL yang sangat besar.

Nilai NEX pada sekuen CISS yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 sedangkan pada sekuen SPACE adalah 2. Penggunaan NEX yang tinggi dapat meningkatkan nilai SNR dan mengurangi gambaran *flow artifact*. Pada sekuen CISS gambaran *flow artifact* masih dapat terlihat, hal ini dikarenakan *flow compensation* pada sekuen CISS hanya berlaku pada cairan CSF yang beraliran rendah, sehingga pada CSF yang beraliran tinggi,

artefak masih terlihat (McConachie, 2005). Semakin besar nilai NEX juga dapat memengaruhi *scan time* yang semakin lama, namun pada sekuen SPACE, *scan time* bisa menjadi lebih singkat karena penggunaan ETL yang besar.

Berdasarkan hasil *mean rank* pada setiap anatomi yaitu CN V, *root entry zone*, Meckel's cave, SCA, dan AICA menunjukkan bahwa sekuen 3D SPACE memiliki kemampuan yang lebih dalam menampilkan informasi masing-masing anatomi. Menurut Ors et al. (2017), gambaran anatomi saraf *cranial* pada pemeriksaan MRI brain dengan sekuen SPACE memiliki gambaran yang lebih tajam terutama pada bagian tepi dari saraf itu sendiri dibandingkan dengan sekuen CISS, sehingga batas-batas nervus tampak lebih jelas.

Sekuen 3D SPACE juga menghasilkan lebih sedikit gambaran artefak dan nilai CNR yang lebih tinggi dibandingkan sekuen 3D CISS. Hal ini disebabkan oleh sekuen CISS yang merupakan sekuen turunan GRE pada dasarnya memiliki TR yang sangat rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ayudia (2019), yang didukung oleh Westbrook and Talbot (2019), yaitu nilai TR yang rendah pada sekuen ini mampu meminimalisir terjadinya *flow artefact*. Sedangkan menurut McConachie (2005), pada sekuen CISS gambaran *flow artifact* masih dapat terlihat, hal ini dikarenakan *flow compensation* pada sekuen CISS hanya berlaku pada cairan CSF yang mengalir rendah, sehingga pada CSF yang mengalir tinggi, artefak masih terlihat. Artefak yang muncul akibat aliran CSF dan aliran darah ini berupa gambaran *smearing artifact* yang melintang sesuai dengan arah *phase direction* seperti pada gambar 1 yang ditunjukkan oleh tanda panah berwarna ungu.

Menurut peneliti, berdasarkan hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa sekuen 3D SPACE dapat memberikan gambaran informasi anatomi dengan lebih optimal daripada sekuen 3D CISS pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia. Sekuen 3D SPACE juga lebih unggul dalam lamanya waktu pemeriksaan yaitu dengan *scan time* yang jauh lebih singkat (2 menit 59 detik) dibandingkan sekuen 3D CISS (4 menit 28 detik). Dengan waktu *scanning* yang lebih singkat tersebut dapat membantu mengurangi adanya kemungkinan pergerakan dari pasien yang disebabkan oleh rasa nyeri yang timbul karena trigeminal neuralgia itu sendiri.

Simpulan

Terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara sekuen 3D CISS dan 3D SPACE pada MRI brain potongan axial dengan klinis trigeminal neuralgia.

Sekuen 3D SPACE dapat memberikan gambaran informasi anatomi dengan lebih optimal dan hasil citra yang lebih tajam jika dibandingkan dengan sekuen 3D CISS serta waktu *scanning* yang lebih singkat.

Daftar Pustaka

- Aksoy, S., Sayın Şakul, A., Görür, D.İ., Şakul, B.U. and Orhan, K. (2021) 'Evaluation of Anatomoradiological Findings on Trigeminal Neuralgia Patients Using Computed Tomography and Cone-Beam Computed Tomography.', *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010073>.
- Amin, M.S. (2018) 'Perbedaan Struktur Otak dan Perilaku Belajar Antara Pria dan Wanita; Eksplanasi dalam Sudut Pandang Neuro Sains dan Filsafat', *Jurnal Filsafat Indonesia*, 1(1), p. 38. Available at: <https://doi.org/10.23887/jfi.v1i1.13973>.
- Awalia, P.N. (2023) *Analisis Informasi Citra Anatomi Orbita Pada MRI Brain Antara Sekuen 3D T2 SPACE dan 3D CISS*. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Semarang.
- Ayudia, S.P. (2019) *Perbedaan Informasi Anatomi Antara Sekuen Constructive Interference in Steady State (CISS) dan Sampling Perfection with Application Optimized Contrast by Using Different Flip Angle Evolutions (SPACE) Pada Pemeriksaan MRI Brain Fossa Posterior Potongan Axial*. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Semarang.
- Blitz, A.M., Northcutt, B., Shin, J., Aygun, N., Herzka, D.A., Theodoros, D., Goodwin, C.R., Lim, M. and Seeburg, D.P. (2018) 'Contrast-Enhanced CISS Imaging for Evaluation of Neurovascular Compression in Trigeminal Neuralgia: Improved Correlation with Symptoms and Prediction of Surgical Outcomes', *AJNR. American journal of neuroradiology*, 39(9), pp. 1724–1732. Available at: <https://doi.org/10.3174/AJNR.A5743>.
- Bright, Anne. (2011) 'Planning and positioning in MRI', p. 250.
- Cavallaro, M., Coglitore, A., Tessitore, A., Galletta, K., Frosina, L., Cuffari, A., Ingrassia, R., Scarcella, S.C., Caponnetto, M., Longo, M.,

- Granata, F., Vinci, S.L. and Mormina, E. (2022) 'Three-Dimensional Constructive Interference in Steady State (3D CISS) Imaging and Clinical Applications in Brain Pathology', *Biomedicines*, 10(11), p. 2997. Available at: <https://doi.org/10.3390/biomedicines10112997>.
- Farley, A., McLafferty, E., Johnstone, C. and Hendry, C. (2014) 'Nervous system: part 3.', *Nursing standard (Royal College of Nursing (Great Britain) : 1987)*, 28(33), pp. 46–50. Available at: <https://doi.org/10.7748/ns2014.04.28.33.46.e8187>.
- Forsting, M. and Jansen, O. (2017) *MR Neuroimaging*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. Available at: <https://doi.org/10.1055/b-004-138008>.
- GÜRÜN, E., AKDULUM, İ., KILIÇ, P., TOKGÖZ, N. and UÇAR, M. (2021) 'Evaluation of schwannoma using the 3D-SPACE sequence: comparison with the 3D-CISS sequence in 3T-MRI', *TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES*, 51(3), pp. 1123–1135. Available at: <https://doi.org/10.3906/sag-2010-30>.
- Hingwala, D., Chatterjee, S., Kesavadas, C., Thomas, B. and Kapilamoorthy, T.R. (2011) 'Applications of 3D CISS sequence for problem solving in neuroimaging.', *The Indian journal of radiology & imaging*, 21(2), pp. 90–7. Available at: <https://doi.org/10.4103/0971-3026.82283>.
- Hughes, M.A., Frederickson, A.M., Branstetter, B.F., Zhu, X. and Sekula, R.F. (2016) 'MRI of the Trigeminal Nerve in Patients With Trigeminal Neuralgia Secondary to Vascular Compression', *American Journal of Roentgenology*, 206(3), pp. 595–600. Available at: <https://doi.org/10.2214/AJR.14.14156>.
- Kim, Y.-J. and Mamisch, T.C. (2014) *Hip Magnetic Resonance Imaging*. Edited by Y.-J. Kim and T.C. Mamisch. New York, NY: Springer New York. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1668-5>.
- Lambru, G., Zakrzewska, J. and Matharu, M. (2021) 'Trigeminal neuralgia: a practical guide.', *Practical neurology*, 21(5), pp. 392–402. Available at: <https://doi.org/10.1136/practneurol-2020-002782>.
- Lampignano, J.P. and Kendrick, L.E. (2018) *Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Ninth Edition. Canada, USA: Saunders Elsevier. Available at: https://t.me/MBS_MedicalBooksStore.
- Lee Ann (2012) *Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System*. Elsevier. Available at: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-56108-9>.
- Makhamrah, O., Ahmad, M.S., Doufish, D. and Mohammad, H. (2023) 'Internal Auditory Canal (IAC) and Cerebellopontine Angle (CPA): Comparison between T2-weighted SPACE and 3D-CISS sequences at 1.5T', *Radiation Physics and Chemistry*, 206, p. 110797. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.110797>.
- Mardi Santoso, W., Jamaludin, O., Ari Setianto, C. and Raisa, N. (2020) 'TRIGEMINAL NEURALGIA CAUSED BY ARTERIOVENOUS MALFORMATION OF THE POSTERIOR FOSSA: A CASE REPORT', *JPHV (Journal of Pain, Vertigo and Headache)*, 1(1), pp. 13–16. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jphv.2020.001.01.4>.
- McConachie, N.S. (2005) 'The CISS Sequence in the Preoperative MRI Assessment of Neuroendoscopic Third Ventriculostomy', in *Pediatric Hydrocephalus*. Milano: Springer Milan, pp. 405–410. Available at: https://doi.org/10.1007/978-88-470-2121-1_28.
- Mugler, J.P. (2014) 'Optimized three-dimensional fast-spin-echo MRI', *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 39(4), pp. 745–767. Available at: <https://doi.org/10.1002/jmri.24542>.
- Murphy, A. and Di Muzio, B. (2021) 'Trigeminal neuralgia protocol (MRI)', *Radiopaedia.org* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.53347/rID-40926>.
- Olesen, J. (2018) 'Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition', *Cephalalgia*, 38(1), pp. 1–211. Available at: <https://doi.org/10.1177/0333102417738202>.
- Ors, S., Inci, E., Turkay, R., Kokurcan, A. and Hocaoglu, E. (2017) 'Retrospective comparison of three-dimensional imaging sequences in the visualization of posterior fossa cranial nerves.', *European journal of radiology*, 97, pp. 65–70. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.10.012>.
- Pham, H.D., Dang, T.H., Duong, T.K., Dinh, T.T., Bui, V.G., Nguyen, T.V. and Huynh, Q.H. (2021) 'Predictability of Fused 3D-T2-SPACE and 3D-TOF-MRA Images in Identifying Conflict in Trigeminal Neuralgia', *Journal of Pain Research*, Volume 14, pp. 3421–3428. Available at: <https://doi.org/10.2147/JPR.S331054>.

- Serai, S.D., Ho, M.-L., Artunduaga, M., Chan, S.S. and Chavhan, G.B. (2021) 'Components of a magnetic resonance imaging system and their relationship to safety and image quality', *Pediatric Radiology*, 51(5), pp. 716–723. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04894-9>.
- Spratt, J., Salkowski, L.R., Loukas, M., Turmezei, T., Weir, J. and Abrahams, P.H. (2020) *Weir & Abrahams' Imaging Atlas of Human Anatomy*. 6th Edition. UK: Elsevier Health Sciences.
- Syaifuddin (2009) *Anatomi Tubuh Manusia: untuk Mahasiswa Keperawatan*. Edisi 2. Jakarta: Salemba Medika.
- Tai, A.X. and Nayar, V. V. (2019) 'Update on Trigeminal Neuralgia', *Current Treatment Options in Neurology*, 21(9), p. 42. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11940-019-0583-0>.
- Tortora, G.J. and Derrickson, B. (2017) *Principles of Anatomy & Physiology*. Fifteenth edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Ucar, M., Tokgoz, N., Damar, C., Alimli, A.G. and Oncu, F. (2015) 'Diagnostic performance of heavily T2-weighted techniques in obstructive hydrocephalus: comparison study of two different 3D heavily T2-weighted and conventional T2-weighted sequences', *Japanese Journal of Radiology*, 33(2), pp. 94–101. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11604-014-0385-y>.
- VanPutte, C., Regan, J., Russo, A. and Seeley, R. (2019) *Seeley's Anatomy & Physiology*. 12th edition. McGraw-Hill Education.
- Westbrook, C. (2014) *Handbook of MRI Technique*. 4th ed. United Kingdom: Wiley Blackwell.
- Westbrook, C. and Talbot, J. (2019) *MRI in Practice*. Fifth Edition. Wiley Blackwell.
- Wineski, L.E. and Snell, R.S. (2019) *Snell's Clinical Anatomy by Regions*. Tenth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Xu, R., Xie, M.E. and Jackson, C.M. (2021) 'Trigeminal Neuralgia: Current Approaches and Emerging Interventions', *Journal of Pain Research*, Volume 14, pp. 3437–3463. Available at: <https://doi.org/10.2147/JPR.S331036>.
- Yadav, Y.R., Nishtha, Y., Sonjay, P., Vijay, P., Shailendra, R. and Yatin, K. (2017) 'Trigeminal Neuralgia.', *Asian journal of neurosurgery*, 12(4), pp. 585–597. Available at: https://doi.org/10.4103/ajns.AJNS_67_14.