

Analisis Informasi Citra Anatomi MRI Brain dengan Variasi *Flip Angle* (FA) Sekuen 3D TOF MRA pada Klinis Tumor Otak

Nabilah Putri Riyadi¹ Dartini² Andrey Nino Kurniawan³

¹ Rumah Sakit Umum Kaliwates, Jember, Indonesia

^{2,3} Poltekkes Kemenkes Semarang, Semarang, Indonesia

Corresponding author: Andrey Nino Kurniawan

Email: andrey_nino_jtrr@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: Brain tumors are abnormal cell mass growths in the brain tissue. MRI can show images of blood vessels without using contrast media called MRA. Flip angle (FA) of MRI scanning parameter that affects the contrast of blood vessel flow and stationary tissue in 3D MRA TOF sequences. This study aims to determine the difference in anatomical image information on 3D MRA TOF with *flip angle* variations and find the optimal *flip angle* value.

Methods: This study is an experimental study using 1.5 Tesla MRI modality on 10 clinical patients with brain tumors with 20° and 25° of *flip angle* variation. The images were assessed by 2 respondents with anatomical assessment of *Internal Carotid Artery*, *Vertebral Artery*, *Basilar Artery*, *Anterior Cerebral Artery*, *Posterior Cerebral Artery*, *Middle Cerebral Artery*, *Anterior Communicating Artery*, *Posterior Communicating Artery* dan *Tumor Feeding Artery*. Analysis data was performed by cross tabulation and wilcoxon test.

Results: Wilcoxon test show the overall anatomical information obtained a significant value (p-value) of 0,000 = $p < 0,05$, meaning that there are differences in anatomical image information of 3D MRA TOF sequences at 20° and 25° *flip angle* variations. Based on the Wilcoxon test results, the mean rank value obtained by 20° *flip angle* is 25,50 while 25° *flip angle* is 27,16.

Conclusions: The *flip angle* value that is more optimal in displaying anatomical image information is 25° *flip angle* where more visualized at *Vertebral Artery*, *Basilar Artery*, *Anterior Cerebral Artery*, *Posterior Communicating Artery* and *Tumor Feeding Artery*.

Keyword : MRI; Brain; MRA; 3D TOF; Flip Angle

Pendahuluan

Tumor otak merupakan pertumbuhan massa sel abnormal pada jaringan otak atau saluran tulang belakang (*spinal canal*) (American Brain Tumor Association, 2015). Salah satu tindakan untuk mengetahui penyakit tumor otak dengan melaksanakan pemeriksaan radiologis diantaranya CT Scan, MRI, dan PET-CT Scan (Ghozali and Sumarti, 2021). Menurut Westbrook (2014), sekuen yang digunakan untuk pemeriksaan MRI Brain yaitu T2 Axial FSE, T1 Axial SE, FLAIR Axial, T2 Sagittal/Coronal FSE dan sekuen MRI tambahan antara lain Axial DWI, Axial GRE, MRA, dan MRS.

Pencitraan MRA memiliki beberapa teknik yaitu diantaranya, DS-MRA, TOF, PC-MRA, CE-MRA. TOF MRA memiliki dua akuisisi yaitu 2D TOF

(*slice by slice*) dan 3D TOF (volume). 3D TOF MRA dapat menghasilkan SNR dan resolusi yang tinggi, irisan yang tipis dan dapat digunakan untuk mengevaluasi pembuluh darah yang lebih kecil dengan aliran darah kecepatan tinggi seperti pembuluh darah pada *intracranial* yang terkait dengan *Circle Of Willis* (COW) (Westbrook, Roth and Talbot, 2011). Menurut Bykanov *et al.* (2015), 3D TOF MRA pada pasien dengan kasus insular glioma didapatkan hasil citra bahwa jaringan tumor sudah melibatkan pembuluh darah *circle of willis* yang dapat digunakan sebagai bahan perencanaan sebelum dilakukan tindakan operasi, sehingga dokter bedah dapat mengurangi resiko terjadinya perforasi pada pembuluh darah arteri. Pada 3D TOF MRA kontras antara aliran pembuluh darah dan jaringan stasioner bergantung pada nilai *flip angle*

dan TR (Westbrook, Roth and Talbot, 2011). Nilai *flip angle* yang lebih tinggi menghasilkan sinyal dan kontras yang jauh lebih tinggi daripada nilai *flip angle* yang lebih rendah sehingga aliran akan memiliki sinyal yang lebih tinggi pada *point of entry*, begitu juga sebaliknya (Runge and Heverhagen, 2022). Menurut literatur nilai *flip angle* yang digunakan pada sekuen 3D TOF MRA yaitu nilai *flip angle* 20° – 30° (Westbrook, 2014), *flip angle* yang terbaik antara 25° dan 75° yaitu *flip angle* 25° (Runge and Heverhagen, 2022), *flip angle* 20° (Willinek *et al.*, 2003), dan menurut Peng *et al.* (2013); Wrede *et al.* (2014); dan Ustabasoglu (2018) nilai *flip angle* yang digunakan yaitu 25°.

Hasil observasi awal yang dilakukan penulis, diketahui pengaturan *flip angle* pada 3D TOF MRA dengan modalitas MRI 1,5 Tesla di RSUP Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten menggunakan *flip angle* 20° sesuai dengan pengaturan awal dari vendor dan belum diketahui secara pasti nilai *flip angle* yang optimal pada 3D TOF MRA dengan modalitas MRI 1,5 Tesla dan penulis mendapatkan perbedaan penggunaan nilai *flip angle* pada beberapa jurnal yang telah disebutkan diatas,

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan informasi citra anatomi MRI Brain sekuen 3D TOF MRA dengan variasi *flip angle* serta mengetahui nilai *flip angle* yang optimal untuk mendapatkan informasi citra anatomi yang optimal MRI Brain sekuen 3D TOF MRA dengan klinis tumor otak.

Metode

Metode penelitian ini kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilakukan di RSUP Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten pada bulan Juni 2024. Populasi dalam penelitian ini adalah semua pasien yang melakukan pemeriksaan MRI Brain di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten. Sampel berjumlah 10 pasien yang melakukan permintaan MRI Brain pada klinis Tumor Otak dengan perubahan pada parameter *flip angle* yaitu 20° dan 25°. Anatomi pada hasil MRI Brain dinilai oleh dua responden dokter spesialis radiologi menggunakan tabel kuesioner dengan metode penilaian skala likert yang diklasifikasikan dengan 3 skor yaitu skor 3 sebagai “sangat jelas”,

skor 2 sebagai “cukup jelas” dan skor 1 sebagai “tidak jelas”.

Anatomi yang dinilai yaitu diantaranya Internal Carotid Artery (ICA), Vertebral Artery (VA), Basilar Artery (BA), Anterior Cerebral Artery (ACA), Posterior Cerebral Artery (PCA), Middle Cerebral Artery (MCA), Anterior Communicating Artery (AComA), Posterior Communicating Artery (PCoMA) dan Tumor Feeding Artery. Hasil penilaian kedua responden dilakukan uji Cohen’s Kappa untuk mengetahui tingkat kesepakatan antar responden. Analisis untuk mengetahui perbedaan pada informasi anatomi dan menentukan nilai *flip angle* yang optimal menggunakan uji beda wilcoxon serta mean rank. Informasi citra anatomi yang paling optimal ditandai dengan nilai mean rank yang tertinggi.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin

Jenis Kelamin	Frekuensi	Persentase
Laki-laki	5	50%
Perempuan	5	50%
Total	10	100%

Sumber : Data Primer 2024

Karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin pada penelitian ini adalah 10 sampel dengan karakteristik sampel laki-laki dengan perempuan memiliki jumlah yang sama yaitu masing-masing 50%. Sebagian besar sampel 40% berusia 45 – 54 tahun sebanyak 4 orang, sedangkan sampel lainnya 30% berusia 35 – 44 tahun dan 55 – 64 tahun sebanyak 3 orang. Karakteristik sampel dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik sampel berdasarkan rentang usia

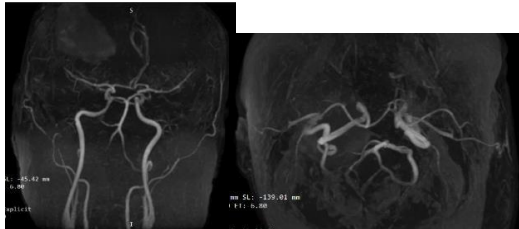
Usia	Frekuensi	Persentase
35 – 44	3	30%
45 – 54	4	40%
55 – 64	3	30%

Sumber : Data Primer 2024

Citra MRI Brain 3D TOF MRA klinis Tumor Otak pada informasi anatomi berdasarkan informasi dari responden penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil MRI Brain 3D TOF MRA *Flip Angle* 20° (kiri) Coronal View dan (kanan) Cranial View



Gambar 2. Hasil MRI Brain 3D TOF MRA *Flip Angle* 25° (kiri) Coronal View dan (kanan) Cranial View

Tabel 3. Tabulasi Silang Variasi *Flip Angle* Terhadap Informasi Anatomi

Kriteria Penilaian		Tidak Jelas	Cukup Jelas	Sangat Jelas
ICA	Frek 20°	0	6	4
	%	0%	60%	40%
	Frek 25°	0	2	8
	%	0%	20%	80%
VA	Frek 20°	2	5	3
	%	20%	50%	30%
	Frek 25°	0	1	9
	%	0%	10%	90%
BA	Frek 20°	0	4	6
	%	0%	40%	60%
	Frek 25°	0	0	10
	%	0%	0%	100%
ACA	Frek 20°	1	6	3
	%	10%	60%	30%
	Frek 25°	1	2	7
	%	10%	20%	70%
PCA	Frek 20°	0	7	3
	%	0%	70%	30%
	Frek 25°	0	1	9
	%	0%	10%	90%
MCA	Frek 20°	0	5	5
	%	0%	50%	50%
	Frek 25°	0	2	8
	%	0%	20%	80%
AComA	Frek 20°	2	7	1
	%	20%	70%	10%
	Frek 25°	2	1	7
	%	20%	10%	70%
PComA	Frek 20°	9	1	0
	%	90%	10%	0%
	Frek 25°	6	2	2
	%	60%	20%	20%
TFA	Frek 20°	8	2	0
	%	80%	20%	0%
	Frek 25°	4	3	3
	%	40%	30%	30%

Keterangan :

- ICA : (*Internal Carotid Artery*)
 - VA : (*Vertebral Artery*)
 - BA : (*Basillar Artery*)
 - ACA : (*Anterior Cerebral Artery*)
 - PCA : (*Posterior Cerebral Artery*)
 - MCA : (*Middle Cerebral Artery*)
 - AComA : (*Anterior Communicating Artery*)
 - PComA : (*Posterior Communicating Artery*)
 - TFA : (*Tumor Feeding Artery*)
- Sumber : Data Priemer 2024

Pada analisis deskriptif dilakukan penghitungan tabulasi silang data penilaian variasi *flip angle* terhadap informasi anatomi terlihat pada tabel 3. Menurut peneliti dengan penggunaan *flip angle* yang tepat dapat menghasilkan kontras citra yang optimal dalam memperlihatkan dinding pembuluh darah intracranial dengan batas yang jelas sehingga menghasilkan citra yang informatif. Berdasarkan citra yang dihasilkan ada beberapa pembuluh darah arteri yang tervisualisasi lebih baik pada *flip angle* 25° daripada *flip angle* 20°. Didapatkan semakin besar *flip angle* yang digunakan maka background pada citra akan ditekan sehingga pembuluh darah arteri akan semakin *hyperintens* dan membuat dinding pembuluh darah arteri lebih terlihat jelas.

Berdasarkan tabel 3 didapatkan hasil bahwa keseluruhan anatomi memiliki tingkat kejelasan dengan frekuensi dan jumlah yang lebih besar pada *flip angle* 25° dibandingkan *flip angle* 20°.

Pembuluh darah arteri yang tampak pada hasil citra *flip angle* 20° dan 25° sama-sama memiliki gambaran anatomi pembuluh darah secara keseluruhan yang *hyperintense*. Hasil tabulasi silang, *flip angle* 25° didapatkan nilai cukup jelas dan sangat jelas terbanyak pada sebagian besar anatomi yang dinilai, artinya *flip angle* 25° dapat menampilkan informasi anatomi lebih baik dibandingkan *flip angle* 20° dengan hasil citra pembuluh darah arteri yang *hyperintense* dan batas dinding pembuluh darah yang lebih jelas.

Penggunaan sekuen 3D TOF MRA untuk mencitrakan pembuluh darah arteri *intracranial* akan menghasilkan citra yang *hyperintens* dengan memanfaatkan aliran darah kecepatan tinggi dan jaringan stasioner sebagai sinyal untuk menghasilkan kontras citra. Salah satu parameter MRI yang dapat mempengaruhi kontras citra 3D TOF MRA yaitu *flip angle* (Westbrook, Roth and Talbot, 2011).

Adapun hasil uji Cohen's kappa pada kedua responden dilihat pada tabel 4, berdasarkan tersebut hasil penilaian kedua reponden sebesar 0,65 yang bermakna bahwa kedua responden penelitian memiliki kesepakatan baik dan menunjukkan adanya persamaan persepsi. Dari hasil diatas dipilih salah satu responden dengan masa kerja paling lama yaitu responden 1.

Tabel 4. Hasil Uji Kesepakatan Responden Pada Informasi Anatomi

Responden	Hasil	Uji Keterangan
R1 dan R2	0,65	Kesepakatan Baik

Sumber : Data Primer 2024

Hasil uji wilcoxon bertujuan untuk mengetahui perbedaan anatomi pada variasi flip angle sekuen 3D TOF MRA, berdasarkan tabel 5. Hasil uji beda untuk keseluruhan anatomi variasi *flip angle* dengan $p\text{-value} < 0,05$ yakni sebesar 0,000 yang berarti H_0 ditolak, ada perbedaan yang signifikan pada informasi anatomi secara keseluruhan pada variasi nilai *flip angle* sekuen 3D TOF MRA pemeriksaan MRI Brain. Pada hasil citra penelitian ini menunjukkan bahwa hasil citra 3D TOF MRA pada *flip angle* 20° dan *flip angle* 25° memiliki perbedaan secara keseluruhan dalam mencitrakan pembuluh darah arteri *intracranial Circle Of Willis* (COW).

Pada 3D TOF MRA kontras antara aliran dan jaringan stasioner bergantung salah satunya pada *flip angle* (Runge and Heverhagen, 2022). Penggunaan *flip angle* dan TR yang sesuai dalam metode ini akan membuat TOF menghasilkan gambaran pembuluh darah yang *hyperintense* (Kapsalaki, Rountas and Fountas, 2012).

Tabel 5. Hasil Uji Wilcoxon Informasi Keseluruhan Anatomi

Flip Angle	p-value	Keterangan
Flip Angle 20°	0,000	Ada Perbedaan
Flip Angle 25°		

Sumber : Data Priemer 2024

Berdasarkan tabel 6. Hasil uji wilcoxon anatomi yang memiliki nilai $p\text{-value} < 0,05$ yang berarti ada perbedaan signifikan hasil citra anatomi pada kedua variasi *flip angle*, sedangkan anatomi yang memiliki nilai $p\text{-value} > 0,05$ berarti tidak ada perbedaan yang signifikan hasil citra anatomi pada kedua variasi *flip angle*.

Tabel 6. Hasil Uji Wilcoxon Perbedaan Masing-Masing Informasi Anatomi

Informasi Anatomi	P-value	Keterangan
Internal Carotid Artery	0,157	Tidak Ada Perbedaan
Vertebral Artery	0,011	Ada Perbedaan
Basilar Artery	0,046	Ada Perbedaan
Anterior Cerebral Artery	0,046	Ada Perbedaan
Posterior Cerebral Artery	0,034	Ada Perbedaan
Middle Cerebral Artery	0,180	Tidak Ada Perbedaan
Anterior Communicating Artery	0,034	Ada Perbedaan
Posterior Communicating Artery	0,059	Tidak ada perbedaan
Tumor Feeding Artery	0,020	Ada perbedaan

Sumber: Data Primer 2024

Pada hasil uji Wilcoxon masing-masing informasi anatomi juga didapatkan hasil sebagian besar anatomi memiliki perbedaan yang signifikan pada kedua variasi *flip angle* seperti pada *Vertebral Artery* (VA), *Basilar Artery* (BA), *Anterior Cerebral Artery* (ACA), *Posterior Cerebral Artery* (PCA), *Anterior Communicating Artery*, dan *Tumor Feeding Artery*.

Menurut peneliti perubahan intensitas sinyal yang mempengaruhi kontras citra pada sekuen 3D TOF MRA sangat penting untuk mengatur nilai *flip angle* yang tepat. Kontras citra mempengaruhi kejelasan informasi citra anatomi, seperti pada *flip angle* 25° yang terlihat lebih jelas pada batas dinding pembuluh darah sehingga dapat meningkatkan visibilitas informasi citra anatomi demi mendukung diagnosis yang informatif.

Tabel 7. Hasil Nilai Mean Rank Informasi Anatomi

Variasi Flip Angle	Mean Rank
Flip Angle 20°	25,50
Flip Angle 25°	27,16

Sumber : Data Primer 2024

Berdasarkan tabel 7 hasil mean rank uji wilcoxon untuk keseluruhan anatomi didapatkan mean rank tertinggi pada *flip angle* 25° sebesar 27,16 sedangkan pada *flip angle* 20° sebesar 25,50. Hasil mean rank keseluruhan informasi citra anatomi pada kedua variasi *flip angle* didapatkan nilai mean rank tertinggi pada *flip angle* 25° sebesar 27,16 dimana didapatkan hasil yaitu *flip angle* 25° memiliki hasil citra yang lebih baik dibandingkan

flip angle 20° dalam menampakkan informasi citra anatomi secara keseluruhan.

Flip angle menjadi salah satu parameter pada pemeriksaan MRI yang dapat mempengaruhi kualitas citra. *Flip angle* yang tinggi dapat menyebabkan saturasi jaringan stasioner atau *background* (derajat kejenuhan) yang lebih besar sehingga sinyal jaringan stasioner berkurang. Oleh karena itu semakin tinggi nilai *flip angle* yang digunakan maka sinyal pada jaringan stasioner lebih jenuh sehingga pembuluh darah tampak lebih mencolok, akan tetapi *flip angle* yang terlalu tinggi juga dapat membuat *flowing proton* lebih rentan terhadap efek saturasi dimana akan berdampak negative pada visibilitas aliran pembuluh darah. Sedangkan penggunaan nilai *flip angle* yang rendah akan menghasilkan sebaliknya, dimana *flip angle* yang rendah dapat mengurangi saturasi *flowing proton* dan saturasi pada jaringan latar belakang (*background soft tissue*) (Morelli *et al.*, 2013).

Menurut peneliti penggunaan *flip angle* dimana dapat mempengaruhi kontras perlu diperhatikan agar mendapatkan hasil citra yang optimal dalam menampakkan visualisasi informasi citra anatomi pembuluh darah terutama pada otak dalam kasus penelitian ini terkait dengan klinis tumor otak, dimana pada sekuen 3D TOF MRA visualisasi pembuluh darah dapat membantu perencanaan pasien sebelum dilakukannya tindakan operasi. Dengan *flip angle* yang tepat maka besar kemungkinan akan mendapatkan hasil citra yang optimal termasuk dalam kejelasan dari setiap anatomi, seperti pembuluh darah arteri *intracranial* yang *hyperintense* sehingga batas dinding pembuluh darah dapat tervisualisasi dengan lebih jelas dan berbatas tegas. Sehingga untuk dapat menampilkan kejelasan anatomi yang optimal pada citra pemeriksaan MRI Brain sekuen 3D TOF MRA dengan klinis tumor otak menggunakan modalitas MRI 1,5 Tesla yaitu menggunakan nilai *flip angle* 25°.

Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti mengenai analisis informasi citra anatomi MRI Brain dengan variasi *flip angle* (FA) sekuen 3D TOF MRA pada klinis tumor otak dapat disimpulkan terdapat perbedaan informasi citra anatomi antara *flip angle* 20° dan 25° dengan p-value 0,000. Perbedaan pada masing-masing

anatomi terdapat pada anatomi *Vertebral Artery* (VA) dengan p-value 0,011, *Basilar Artery* (BA) dan *Anterior Cerebral Artery* (ACA) dengan p-value 0,046, *Posterior Cerebral Artery* (PCA) dan *Anterior Communicating Artery* dengan p-value 0,034, dan *Tumor Feeding Artery* dengan p-value 0,020.

Nilai *flip angle* yang lebih optimal dalam menampakkan informasi citra anatomi adalah *flip angle* 25° dengan mean rank sebesar 27,16. Sehingga pembuluh darah arteri sekuen 3D TOF MRA dengan klinis tumor otak lebih optimal tervisualisasi pada *flip angle* 25° yaitu *Vertebral Artery* (VA), *Basilar Artery* (BA), *Anterior Cerebral Artery* (ACA), *Posterior Communicating Artery* dan *Tumor Feeding Artery*.

Daftar Pustaka

- American Brain Tumor Association (2015) About Brain Tumors: A Primers for Patients and Caregivers. Available at: <http://www.abta.org/secure/about-brain-tumors-a-primer.pdf>.
- Bykanov, A.E., Pitskhelauri, D.I., Pronin, I.N., Tonoyan, A.S., Kornienko, V.N., Zakharova, N.E., Turkin, A.M., Sanikidze, A.Z., Shkarubo, M.A., Shkatova, A.M. and Shults, E.I. (2015) '3D-TOF MR-angiography with high spatial resolution for surgical planning in insular lobe gliomas', Burdenko Neurosurgical Institute, Moscow, Russia, 79(3), pp. 5–14. Available at: <https://doi.org/10.17116/neiro20157935-14>
- Ghozali, M. and Sumarti, H. (2021) 'Pengobatan Klinis Tumor Otak pada Orang Dewasa', Jurnal phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan, 2(1), pp. 1–14. Available at: <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/8302>.
- Kapsalaki, E.Z., Rountas, C.D. and Fountas, K.N. (2012) 'The role of 3 Tesla MRA in the detection of intracranial aneurysms', International Journal of Vascular Medicine, p. 10. Available at: <https://doi.org/10.1155/2012/792834>.
- Morelli, J.N., Gerdes, C.M., Schmitt, P., Ai, T., Saettele, M.R., Runge, V.M. and Attenberger, U.I. (2013) 'Technical considerations in MR angiography: An image-based guide', Journal of Magnetic Resonance Imaging, pp. 1326–1341. Available at: <https://doi.org/10.1002/jmri.24174>.
- Peng, S.H., Shen, C.Y., Wu, M.C., Lin, Y. Der, Huang, C.H., Kang, R.J., Tyan, Y.S. and Tsao, T.F. (2013) 'Image quality improvement in three-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography using the subtraction method for brain and temporal bone diseases', Journal of the Chinese Medical Association, 76(8), pp. 458–465.

- Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.jcma.2013.04.006>.
- Runge, V.M. and Heverhagen, J.T. (2022) *The Physics of Clinical MR Taught Through Images*, Springer.
 Available at:
<https://doi.org/10.1177/0284185114542313>.
- Ustaşoğlu, F.E. (2018) 'Magnetic Resonance Angiographic Evaluation of Anatomic Variations of the Circle of Willis', *Haydarpasa Numune Training and Research Hospital Medical Journal*, 59(3), pp. 291–295. Available at:
<https://doi.org/10.14744/hnhj.2018.74046>.
- Westbrook, C. (2014) *Handbook of MRI Technique* 4th edition, Wiley Blackwell. Cambridge, UK.
- Westbrook, C., Roth, C.K. and Talbot, J. (2011) *MRI in Practice*, 4th Edition, Wiley Blackwell.
- Willinek, W.A., Born, M., Simon, B., Tschampa, H.J., Krautmacher, C., Gieseke, J., Urbach, H., Textor, H.J. and Schild, H.H. (2003) 'Time-of-Flight MR Angiography: Comparison of 3.0-T Imaging and 1.5-T Imaging-Initial Experience', *Radiology*, 229(3), pp. 913–920. Available at:
<https://doi.org/10.1148/radiol.2293020782>.
- Wrede, K.H., Dammann, P., Mönninghoff, C., Johst, S., Maderwald, S., Sandalcioğlu, I.E., Müller, O., Özkan, N., Ladd, M.E., Forsting, M., Schlamann, M.U., Sure, U. and Umutlu, L. (2014) 'Non-enhanced MR imaging of cerebral aneurysms: 7 Tesla versus 1.5 Tesla', *PLoS ONE*, 9(1), pp. 1–10. Available at:
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084562>