
PENGARUH NILAI 'b' VALUE TERHADAP CITRA MRI *BRAIN* KASUS STROKE ISKEMIK HIPERAKUT *SEQUENCE DWI (DIFFUSION WEIGHTED IMAGING)*

Sarika Setya Putri^{1,*}, Agustina Dwi Prastanti²

¹ STIKES Guna Bangsa Yogyakarta

² Poltekkes Kemenkes Semarang

sarikaputri@gunabangsa.ac.id*

Submitted : 22 February 2025

Reviewed : 5 March 2025

Accepted : 26 March 2025

Abstrak

Tuberkulosis (TB) menimbulkan persoalan serius bagi Indonesia, serupa dengan Salah satu *pulse sequence* MRI Brain adalah *Diffusion Weighted Imaging (DWI)*. *Sequence* ini merupakan *gold standard* pada modalitas pencitraan MRI untuk diagnosis stroke iskemik dengan sensitivitasnya yang tinggi. Parameter terpenting pada *sequence* ini adalah nilai 'b' value. Nilai default untuk 'b' value adalah 1000 s/mm² namun, masih belum jelas apakah nilai 'b' 1000 s/mm² lebih baik dari nilai 'b' lebih tinggi untuk mendeteksi lesi iskemik dan luasnya, terutama pada 6 jam pertama setelah timbulnya stroke iskemik. Seiring dengan peningkatan nilai 'b' value maka akan adanya peningkatan sinyal untuk menaikkan sensitifitas sinyal difusi, namun hal tersebut juga mengakibatkan bertambahnya noise. Sebanyak delapan pasien diberikan tiga perlakuan nilai 'b' yang berbeda, masing-masing *slice*. Kemudian dilakukan penilaian terhadap tiga dokter spesialis radiologi, selanjutnya uji statistik dilakukan untuk memperoleh nilai optimal dalam pemilihan 'b' value. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara ketiga variasi nilai 'b' yang berbeda. Kualitas citra dan anatomi informasi terbaik pada pemilihan ini adalah "b' value 2000 s/mm².

Kata kunci: MRI, DWI, Stroke Iskemik

Abstract

One of the pulse sequences of MRI Brain is *Diffusion Weighted Imaging (DWI)*. This sequence is the gold standard in MRI imaging modalities for the diagnosis of ischemic stroke with its high sensitivity. The most important parameter in this sequence is the 'b' value. The default value for the 'b' value is 1000 s/mm² however, it is still unclear whether 'b' value of 1000 s/mm² is better than a higher 'b' value for detecting ischemic lesions and their extent, especially in the first 6 hours after the onset of ischemic stroke. Along with the increase in the 'b' value, there will be an increase in the signal to increase the sensitivity of the diffusion signal, but it also results in an increase in noise. All of eight patients were given three different 'b' value treatments, each slice. Then an assessment was carried out on three radiologists, then a statistical test was carried out to obtain the optimal score in the selection of the 'b' value. The results showed that there was a significant difference between the three different variations of the 'b' value. The best image quality and anatomical information in this selection is "b' value 2000 s/mm².

Keywords: MRI, DWI, Ischemic Stroke

PENDAHULUAN

World Health Organization (WHO) mendefinisikan stroke sebagai manifestasi klinis disfungsi otak lokal atau global, yang dapat menyebabkan kematian. Stroke merupakan penyebab kematian paling umum kedua dan yang ketiga penyebab kecacatan paling umum secara global. Prevalensi kasus sebanyak 75% kasus dari semua insiden stroke di Asia dan 67,1% di Indonesia merupakan stroke iskemik (Restikasari et al. 2022).

Pencitraan resonansi magnetik multimodal (MRI) berguna untuk mendiagnosis stroke iskemik dan untuk menentukan strategi pengobatan pada fase akut maupun hiperakut. Pada tahap ini, diagnosis dini stroke iskemik sangat penting (Salaudeen et al. 2024). Berbagai temuan pencitraan dari urutan MRI membantu menentukan mekanisme stroke, yang memengaruhi prognosis, dan dengan demikian memainkan peran penting dalam keputusan pengobatan (Bang and Li 2019). Modalitas MRI membantu kita menilai potensi risiko dan manfaat trombolisis dengan memberikan informasi tentang usia lesi iskemik jaringan yang dapat diselamatkan (Kim et al. 2014).

Di era pencitraan komprehensif multimodal pada stroke, pencitraan berdasarkan computed tomography (CT) lebih diminati untuk stroke iskemik hiperakut, karena, MRI memiliki durasi pemindaian yang lebih lama daripada CT-Scan (Abdalkader et al. 2023). Namun, peningkatan terbaru, potensi pencitraan berbasis MR yang komprehensif untuk stroke (You et al. 2021). MRI dengan sequence Diffusion Weighted Imaging (DWI) mewakili modalitas pencitraan gold standard dari diagnosis iskemia serebral dengan sensitivitas 88-100% dan spesifisitas 95-100% (Wang et al. 2022). Selain itu, studi DWI dapat digunakan untuk memandu penggunaan terapi reperfusi (Alkhiri et al. 2024).

Sequence DWI tidak terlepas dari peran 'b' value, 'b' value diharapkan mampu meningkatkan sinyal untuk menaikkan sensitifitas sinyal difusi, namun hal tersebut juga mengakibatkan noise bertambah, sehingga akan mempengaruhi kualitas citra informasi anatomi yang dihasilkan (Tang and Zhou 2019). Default setting DWI pencitraan dengan nilai 'b' value 2500-3000 s/mm² untuk stroke iskemik hiperakut tidak memberikan diagnostik yang jelas dibandingkan dengan nilai 'b' value 1000 s/mm² (Brunser et al. 2022) Namun, masih belum jelas apakah nilai 'b' value 1000 s/mm² baik daripada nilai 'b' value nilai lebih tinggi untuk deteksi lesi iskemik dan luasnya, terutama untuk 6 pertama jam setelah onset stroke iskemik (Edlow, Hurwitz, and Edlow 2017).

Hasil kualitas citra dan informasi anatomi MRI Brain kasus stroke iskemik pada sekuen DWI sangat ditentukan oleh nilai optimal 'b' value. Karena dapat digunakan untuk mendeteksi lesi iskemik dan luasnya, terutama untuk 6 pertama jam setelah onset stroke iskemik (García-Figueiras et al. 2021).

METODE

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pemilihan delapan sampel pasien kasus stroke iskemik yang sesuai dengan kriteria. Kriteria pasien tersebut meliputi, pasien berusia 30-60 tahun dengan klinis stroke iskemik hiperakut (0-6 jam pasca onset). Scanning pasien menggunakan modalitas MRI 3T Merk Philips, kemudian pencitraan MRI Brain diawali dengan membuat membuat 3 localizer

dilanjutkan pencitraan MRI Brain potongan axial sequence DWI (Diffusion Wighted Imaging) dengan parameter seperti Tabel 1. Setiap pasien dilakukan scanning sequence DWI dengan 3 variasi 'b' value yaitu 1000 s/mm², 2000 s/mm², 3000 s/mm². Kemudian dilakukan pengukuran nilai SNR dan CNR yang diperoleh dengan menggunakan software ROI.

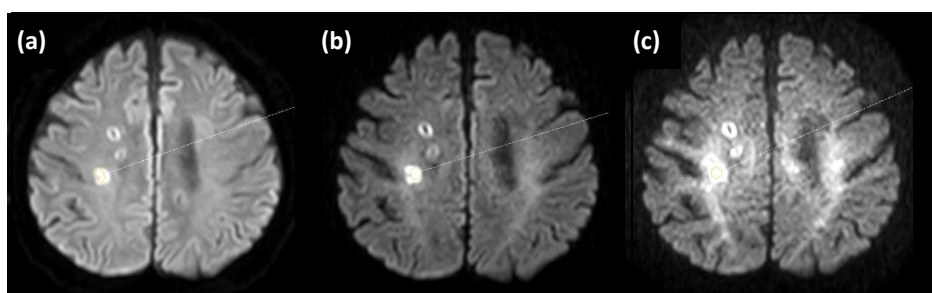
Tabel 1. Parameter MRI DWI Brain

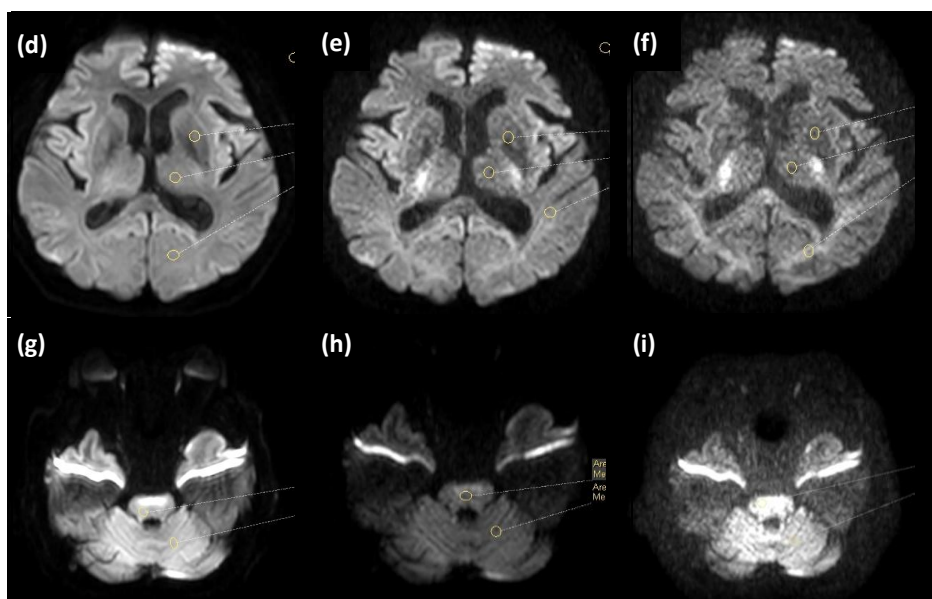
No	Parameter	Nilai
1	Sequence	DWI
2	Potongan	Axial
3	TR	4200 ms
4	TE	102 ms
5	FOV	5 mm
6	Slice	24

Citra hasil penelitian berupa radiograf yang kemudian dilakukan penilaian oleh tiga dokter spesialis radiologi. Anatomi yang dilakukan penilaian meliputi Cortex Cerebri (CC), Basal Ganglia (BG), Thalamus (TH), Pons (PN), Cerebellum (CB) dan Infark (IF) Data informasi citra dari tiga dokter spesialis radiologi selanjutnya dilakukan uji tingkat kesamaan persepsi menggunakan uji Kappa dengan hasil rentang nilai Kappa 0,630–0,669. Data diuji menggunakan program SPSS kemudian diuji dengan Friedman Test untuk informasi anatomi. Data hasil perhitungan kualitas citra (SNR dan CNR) diuji dengan uji statistik Repeated Annova.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 8 sampel penelitian, usia pasien pada rentang 50-80 tahun terdiri dari 7 pasien laki-laki dan 1 pasien perempuan, dengan berat badan 58-78 kg. Tujuh puluh dua hasil citra dari total citra, berikut merupakan sampel hasil citra MRI *Brain sequence* DWI dari salah satu pasien dengan 3 slice berbeda yang masing-masing menggunakan nilai 'b' value 1000 s/mm², 2000 s/mm², 3000 s/mm².





Gambar 1

DWI potongan sejajar *ganglia basalis* (a) 'b' value 1000 (b) 'b' 2000 (c) 'b' value 3000
 DWI potongan sejajar *infark* (d) 'b' value 1000 (e) 'b' value 2000 (f) DWI 'b' value 3000
 DWI potongan sejajar *pons* (g) 'b' value 1000 (h) 'b' value 2000 (i) DWI 'b' value 3000

Setelah dilakukan uji normalitas SNR dan CNR dapat diambil kesimpulan jika data terdistribusi normal dengan nilai kedua ρ value = 0.000. Sehingga dapat dilakukan uji statistik dengan menggunakan Repeated Anova.

Hasil uji statistik parametrik Repeated Anova, menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan variasi 'b' value terhadap SNR yang dihasilkan, dengan nilai signifikansi ($\rho < 0.05$). Kemudian uji statistik parametrik menunjukkan hasil signifikan antara penggunaan variasi 'b' value terhadap CNR, dengan nilai signifikansi ($\rho < 0.05$).

Untuk mengetahui 'b' value yang lebih baik dalam memvisualisasikan kualitas citra (SNR dan CNR) pada pemeriksaan MRI Brain dengan sequence DWI pada penggunaan variasi 'b' value, maka dapat dilihat hasil mean rank dari uji Repeated Anova pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil mean pada uji Repeated Anova kualitas citra SNR.

'b' value	Mean					
	Cortex Cerebrii	Ganglia Basalis	Thalamus	Pons	Cerebellum	Infark
1000	277.9	258.7	332.7	376.9	482.0	665.5
2000	649.8	396.9	518.6	1058.6	1051.5	1685.1
3000	444.3	314.7	367.8	705.2	444.3	1258.8

Tabel 3 Hasil mean pada uji paired wise comparison kualitas citra SNR.

'b' value	Mean Daifference					
	Cortex Cerebrii	Ganglia Basalis	Thalamus	Pons	Cerebellum	Infark
b 1000 vs b 2000	371.9	138.2	185.8	681.7	569.4	1019.5
b 1000 vs b 3000	166.4	71.1	35.0	328.3	218.1	593.2
b 2000 vs b 3000	-205.5	-89.2	-150.7	-358.3	-351.3	-426.3

Hasil mean rank pada uji parametrik Repeated Anova tabel 2 untuk data SNR, didapatkan bahwa 'b' value 2000 memiliki nilai rata-rata mean rank tertinggi pada organ *cortex crebri* (649.8) *ganglia basalis* (396.9), *thalamus* (518.6), *pons* (1058.6), *cerebellum* (1051.5) dan juga *infark* (1685.1).

Tabel 4 Hasil mean rank pada uji Repeated Anova kualitas citra CNR.

'b' value	Mean				
	CB-PN	TH-GB	IF-CC	CC-GB	CC-TH
1000	61.7	25.5	230.9	52.6	29.1
2000	53.5	101.0	1000.4	240.3	168.8
3000	131.9	53.3	846.2	128.0	116.2

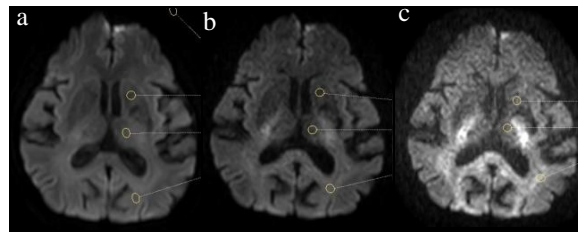
Tabel 5 Hasil mean pada uji paired wise comparison kualitas citra SNR.

'b' value	Mean Daifference				
	CB-PN	TH-GB	IF-CC	CC-GB	CC-TH
b 1000 vs b 2000	8.1	75.5	769.5	187.7	139.7
b 1000 vs b 3000	70.2	27.9	615.3	75.4	87.1
b 2000 vs b 3000	-78.3	-47.6	-154.2	-112.3	-52.6

Hasil mean rank pada uji parametrik Repeated Annova tabel 4.14 untuk data CNR, didapatkan bahwa nilai 'b' value 3000 memiliki nilai tertinggi pada CNR CB-PN (131.9) dan 'b' value 2000 memiliki nilai tertinggi pada organ *TH-GB* (99.7), *IF-CC* (142.3), *CC-GB* (240.8), *CC-TH* (993.5).

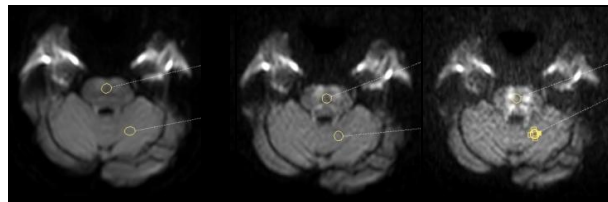
Dari uji statistik Friedman yang telah dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya beda pada variasi nilai 'b' value pada masing-masing organ. Dari enam objek yang diamati meliputi *Cortex cerebri*, *Ganglia Basalis*, *Thalamus*, *Pons*, *Cerebellum* dan *Infark* menunjukkan nilai $\rho < 0.05$ yang artinya terdapat perbedaan signifikan pada masing – masing variasi 'b' value.

Perbedaan ini didukung dengan teori yang menyatakan semakin tinggi nilai 'b' value, noise yang dihasilkan akan semakin meningkat dibanding dengan 'b' value yang rendah. Meningkatnya noise akan menyulitkan kita untuk melihat ketajaman dari sebuah jaringan.



Gambar 2 Potongan axial sejajar *ganglia basalis* 'b' value (a) 1000 (b) 2000 (c) 3000

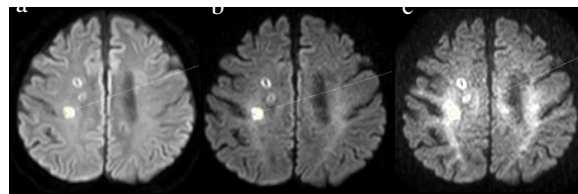
Pada *cortex cerebri* terdapat perbedaan yang signifikan pada masing-masing variasi yang digunakan. Pada gambar 2 terlihat bahwa gambaran gray matter relatif berubah seiring dengan kenaikan nilai 'b' value. Hal ini sejalan dengan pernyataan Kim, 2005 bahwa saat nilai 'b' value meningkat, gambaran *gray matter* berkurang secara progresif relatif terhadap white matter pada 'b' value lebih besar dari 2000.



Gambar 3 Potongan axial sejajar *pons* 'b' value (a) 1000 (b) 2000 (c) 3000

Pada *pons* terdapat perbedaan yang signifikan pada masing-masing variasi yang digunakan. Pada gambar 3 terlihat dipertengahan pons terdapat gambaran hiperintens karena semakin tinggi pemilihan nilai 'b' value. Dengan demikian, nilai 'b' value lebih dari 2000 akan tergambar hiperintens pada sebagian *brainstem*.

Pada *cerebellum* dan *ganglia basalis* terdapat perbedaan yang signifikan pada masing-masing variasi yang digunakan. Pada gambar 2 dan gambar 3 terlihat bahwa gambaran *cerebellum* dan *ganglia basalis* semakin tinggi pemilihan 'b' value maka kontras akan meningkat dan citra yang dihasilkan akan hipointens.



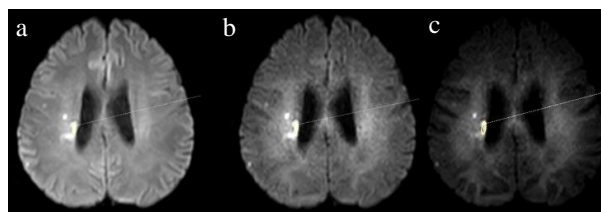
Gambar. 4 Potongan axial sejajar *infark* 'b' value (a) 1000 (b) 2000 (c) 3000

Pada *infark* terdapat perbedaan yang signifikan pada masing-masing variasi yang digunakan. Pada gambar 4 terlihat bahwa gambaran *infark* semakin tegas dan luas dengan semakin tingginya pemilihan nilai 'b' value. Nilai 'b' value lebih dari 2500-3000 lebih efektif digunakan untuk mendeteksi lesi iskemik hiperakut jika dibanding dengan 'b' value 1000.

Berdasarkan hal tersebut, semakin tinggi nilai '*b*' value maka intensitas sinyal diffuse dan sensitifitas *diffusi* akan meningkat, pada jaringan normal akan tampak lebih gelap pada citra yang dihasilkan. Sensitifitas *diffusi* yang dimaksud disini adalah kemampuan *diffusi* tersebut untuk mendeteksi adanya *diffusi* yang terbatas pada jaringan. Jika terdapat kelainan maka jaringan yang memiliki *diffusi* terbatas akan menghasilkan intensitas yang terlihat lebih terang sedangkan jaringan normal akan tampak gelap (Daimiel Naranjo et al. 2021).

Kualitas Citra

Dari uji statistik Repeated Annova yang telah dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya beda SNR dan CNR pada variasi nilai '*b*' value masing-masing organ. Hasil menunjukkan bahwa nilai $p < 0.05$ yang artinya terdapat perbedaan signifikan pada nilai SNR dan CNR dari masing – masing variasi '*b*' value.



Gambar 5 Potongan axial sejajar *infark* '*b*' value (a) 1000 (b) 2000 (c) 3000

Perbedaan SNR dan CNR pada citra disebabkan karena adanya pengaruh pada pemilihan parameter '*b*' value yang digunakan. Perbedaan ini didukung dengan teori (Ahn et al. 2021) yang menyatakan semakin tinggi '*b*' value maka intensitas sinyal difusi dan sensitifitas difusi akan meningkat pada jaringan normal akan tampak lebih hipointens dan pada jaringan yang abnormal akan semakin hiperintens. Terlihat pada gambar 5 bahwa dengan naiknya nilai '*b*' value maka *cortex cerebri* akan semakin hipointens dan gambaran *infark* akan semakin hiperintens. Berdasarkan hal tersebut maka dengan adanya kenaikan atau penurunan nilai '*b*' value maka nilai SNR dan CNR juga akan mengalami perubahan.

Nilai '*b*' value Optimal

Hasil nilai *mean rank* tertinggi pada informasi anatomi yaitu pada variasi '*b*' value 2000 s/mm² (pada organ *Cortex Cerebri*, *Ganglia Basalis*, *Thalamus*, *Pons Cerebellum* dan *Infark*) sedangkan yang terendah pada nilai 3000 s/mm².

Hasil tersebut sesuai dengan penelitian American Journal of Neuroradiology (2008), bahwa DWI dengan '*b*' value diatas 1000 s/mm² mampu menunjukkan hiperintensitas yang lebih mencolok dari pada DWI pada '*b*' value 1000 s/mm². Namun, '*b*' value dengan nilai lebih dari 2000 s/mm² semakin menyebabkan gambaran hiperintens pada bagian *cortical gray matter*, *corona radiata*, *posterior capsula interna*, dan *inferior brain steam*. Hal ini terkadang menyebabkan kekeliruan diagnosa sebagai lesi iskemik.

Dari uji Repeated Annova yang dilakukan untuk menguji SNR dan CNR didapatkan hasil jika *mean* dari semua objek yang diteliti memiliki SNR dan CNR tertinggi pada '*b*' value 2000 s/mm².

Nilai '*b*' value 1000 ke '*b*' value 2000 s/mm² dapat meningkatkan nilai SNR dan CNR rata-rata. Dan nilai '*b*' value 2000 s/mm² ke '*b*' value 3000 s/mm² terjadi penurunan SNR dan CNR rata-rata.

Hal ini menunjukkan bahwa SNR rata-rata untuk '*b*' value 3000 s/mm² menurun hingga 45% dari '*b*' value 1000 dan walaupun NEX ditingkatkan untuk mempertahankan SNR agar setara dengan '*b*' value 1000 s/mm² (Sartoretti et al. 2021). Karena itu, tampaknya nilai '*b*' value 3000 s/mm², akan tidak bermanfaat bagi pasien dengan iskemia otak akut karena terlalu banyak kehilangan sinyal dan waktu pencitraan yang semakin lama. SNR yang diperoleh rata-rata, dari '*b*' value 2000 mencapai 83% dan 72% dari '*b*' value 1000 s/mm² citra di lesi dan daerah normal.

Berdasarkan hal di atas maka '*b*' value 2000 s/mm² dianggap nilai yang paling tepat untuk mendeteksi lesi iskemik hiperakut, karena dari segi informasi anatomi, *infark* pada '*b*' value 1000 s/mm² tidak dapat memvisualisasikan *infark* hiperakut, sedangkan pada '*b*' value 3000 s/mm² *normal tissue* tergambar semakin hipointens. Dari segi kualitas citra nilai SNR pada '*b*' value 2000 s/mm² dapat mempertahankan nilai SNR dengan menaikkan NEX.

SIMPULAN

Pemilihan *b*' value pada MRI Brain dengan kualitas citra yang paling optimal adalah pada pemilihan '*b*' value 2000 s/mm². Informasi anatomi yang didapatkan terlihat sangat jelas, gambaran *infark* juga terlihat lebih hiperintens. Kualitas citra yang didapatkan optimal pada nilai 2000 s/mm², karena nilai SNR dan CNR yang didapatkan tertinggi diantara ketiga variasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Alm. Bapak Irwan Katili yang telah membimbing penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalkader, Mohamad, James E. Siegler, Jin Soo Lee, Shadi Yaghi, Zhongming Qiu, Xiaochuan Huo, Zhongrong Miao, Bruce C.V. Campbell, and Thanh N. Nguyen. (2023). "Neuroimaging of Acute Ischemic Stroke: Multimodal Imaging Approach for Acute Endovascular Therapy." *Journal of Stroke* 25 (1): 55–71. <https://doi.org/10.5853/jos.2022.03286>.
- Ahn, Hye Shin, Sung Hun Kim, Ji Youn Kim, Chang Suk Park, Robert Grimm, and Yohan Son. (2021). "Image Quality and Diagnostic Value of Diffusion-Weighted Breast Magnetic Resonance Imaging: Comparison of Acquired and Computed Images." Edited by Pascal A. T. Baltzer. *PLOS ONE* 16 (2): e0247379. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247379>.
- Alkhiri, Ahmed, Fahad Alturki, Nayef M. Alansari, Ahmed A. Almaghrabi, Basil A. Alghamdi, Aser F. Alamri, Saeed Alghamdi, and Seraj Makkawi. (2024). "Prognosis and Distribution of Ischemic Stroke with Negative Diffusion-Weighted Imaging: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Frontiers in Neurology* 15 (April):1376439. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1376439>.

-
- Bang, Oh Young, and Wenyu Li. (2019). "Applications of Diffusion-Weighted Imaging in Diagnosis, Evaluation, and Treatment of Acute Ischemic Stroke." *Precision and Future Medicine* 3 (2): 69–76. <https://doi.org/10.23838/pfm.2019.00037>.
- Brunser, Alejandro Michel, Eloy Mansilla, Victor Navia, Enrico Mazzon, Alexis Rojo, Gabriel Cavada, Verónica Olavarría, Paula Muñoz Venturelli, and Pablo Manuel Lavados. (2022). "Diffusion-Weighted Imaging as Predictor of Acute Ischemic Stroke Etiology." *Archivos de Neuro-Psiquiatria* 80 (4): 353–59. <https://doi.org/10.1590/0004-282x-anp-2021-0080>.
- Daimiel Naranjo, Isaac, Roberto Lo Gullo, Carolina Saccarelli, Sunitha B. Thakur, Almir Bitencourt, Elizabeth A. Morris, Maxine S. Jochelson, Varadan Sevilimedu, Danny F. Martinez, and Katja Pinker-Domenig. (2021). "Diagnostic Value of Diffusion-Weighted Imaging with Synthetic b-Values in Breast Tumors: Comparison with Dynamic Contrast-Enhanced and Multiparametric MRI." *European Radiology* 31 (1): 356–67. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07094-z>.
- Edlow, Brian L., Shelley Hurwitz, and Jonathan A. Edlow. (2017). "Diagnosis of DWI-Negative Acute Ischemic Stroke: A Meta-Analysis." *Neurology* 89 (3): 256–62. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004120>.
- García-Figueiras, Roberto, Sandra Baleato-González, María Canedo-Antelo, Lidia Alcalá, and Ana Marhuenda. (2021). "Imaging Advances on CT and MRI in Colorectal Cancer." *Current Colorectal Cancer Reports* 17 (6): 113–30. <https://doi.org/10.1007/s11888-021-00468-5>.
- Kim, Bum Joon, Hyun Goo Kang, Hye-Jin Kim, Sung-Ho Ahn, Na Young Kim, Steven Warach, and Dong-Wha Kang. (2014). "Magnetic Resonance Imaging in Acute Ischemic Stroke Treatment." *Journal of Stroke* 16 (3): 131. <https://doi.org/10.5853/jos.2014.16.3.131>.
- Restikasari, Nesya Tara, Uni Gamayani, Lida Amalia, Sofiati Dian, and Aih Cahyani. (2022). "Characteristics and Risk Factors of Patients with Acute Ischemic Stroke in Dr. Hasan Sadikin General Hospital Bandung, Indonesia." *Althea Medical Journal* 9 (4). <https://doi.org/10.15850/amj.v9n4.2362>.
- Salaudeen, Maryam A., Nura Bello, Rabiun N. Danraka, and Maryam L. Ammani. (2024). "Understanding the Pathophysiology of Ischemic Stroke: The Basis of Current Therapies and Opportunity for New Ones." *Biomolecules* 14 (3): 305. <https://doi.org/10.3390/biom14030305>.
- Sartoretti, Thomas, Elisabeth Sartoretti, Michael Wyss, Manoj Mannil, Luuk Van Smoorenburg, Barbara Eichenberger, Carolin Reischauer, Alex Alfieri, Christoph Binkert, and Sabine Sartoretti-Schefer. (2021). "Diffusion-Weighted MRI of Ischemic Stroke at 3T: Value of Synthetic b-Values." *The British Journal of Radiology* 94 (1121): 20200869. <https://doi.org/10.1259/bjr.20200869>.
- Tang, Lei, and Xiaohong Joe Zhou. (2019). "Diffusion MRI of Cancer: From Low to High B-values." *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 49 (1): 23–40. <https://doi.org/10.1002/jmri.26293>.
-

- Wang, Yu, Jing Jing, Yuesong Pan, Mengxing Wang, Xia Meng, and Yongjun Wang. (2022). "Distribution and Prognosis of Acute Ischaemic Stroke with Negative Diffusion-Weighted Imaging." *Stroke and Vascular Neurology* 7 (6): 493–99. <https://doi.org/10.1136/svn-2021-001459>.
- You, Sung-Hye, Byungjun Kim, Bo Kyu Kim, and Sang Eun Park. (2021). "Fast MRI in Acute Ischemic Stroke: Applications of MRI Acceleration Techniques for MR-Based Comprehensive Stroke Imaging." *Investigative Magnetic Resonance Imaging* 25 (2): 81. <https://doi.org/10.13104/imri.2021.25.2.81>.