



Optimasi Informasi Diagnostik Citra Axial MRI Brain antara Sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada Kasus Tumor Otak

Siti Nur Farida¹⁾ Nanang Sulaksono²⁾ Ary Kurniawati³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi; Poltekkes Kemenkes Semarang, Semarang, Indonesia

Corresponding Author: Siti Nur Farida

e-mail: siti.varida30@gmail.com

ABSTRACT

Background: Pulse gradient echo sequences use varying RF excitation pulses and with NMV flips through various angles (not just 90°). Gradient echo has a sensitive susceptibility effect in detecting the presence of blood products (hemorrhage) and calcifications in brain tumors. The SWI and T2 FLASH 2D sequences are part of the pulse sequence gradient echo, where the SWI sequence is a 3D velocity compensated gradient echo and the T2 FLASH 2D sequence is a 2D multi-slice gradient echo. This study aims to determine the differences in axial image diagnostic information and determine the most optimal axial image diagnostic information in MRI brain examinations between SWI and T2 FLASH 2D sequences in brain tumor cases.

Methods: This type of research is quantitative with an experimental approach. Data was taken in March 2024 at the Radiology Installation of RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta. The sample in this study was 10 patients with brain tumor cases. An assessment was carried out by 2 respondents to assess the criteria for brain tumors. The assessment data from respondents was tested using the Cohen's kappa test to assess reliability between respondents and the Wilcoxon test to determine the level of difference in axial image diagnostic information, then the mean rank was used to determine sequences with better diagnostic image information.

Results: The results of the study show that there is a difference in the diagnostic information of axial images on MRI brain examination between SWI and T2 FLASH 2D sequences in tumor cases with a p-value of 0.014. The significant difference is due to the susceptibility effect in both sequences. Based on the Wilcoxon test, the SWI sequence is the most optimal sequence in displaying diagnostic information with a mean rank value of 4.

Conclusions: There is a difference of axial image diagnostic information between SWI and T2 FLASH 2D sequence in Brain MRI with brain tumors cases, and SWI sequence produces the most optimal axial image diagnostic information in MRI brain with brain tumor cases.

Keywords: SWI; T2 FLASH 2D; Brain Tumor; Brain MRI

Pendahuluan

Otak merupakan bagian dari *central nervous system* (CNS) yang terbagi menjadi 4 bagian utama yaitu *brainstem*, *cerebellum*, *diencephalon*, dan *cerebrum*. *Brainstem* atau batang otak adalah penghubung antara susunan syaraf tepi dengan otak terdiri dari *medulla oblongata*, *pons*, dan *midbrain*. *Cerebellum* terletak di belakang *pons* dan *medulla oblongata*. Pada *cerebellum* di temukan lebih banyak *neuron* dari pada di bagian otak lainnya. *Diencephalon* adalah bagian otak antara *brainstem* dan *cerebrum* terdiri dari *thalamus*, *epithalamus*, dan *hypothalamus*. *Cerebrum* merupakan bagian otak terbesar terdiri dari 2 *hemisfer serebri* kiri dan kanan yang dihubungkan oleh *corpus callosum* (VanPutte dkk., 2017). Patologi yang umum

ditemukan terjadi di otak adalah *multiple sclerosis*, *AIDS (toxoplasmosis)*, *infarction*, *haemorrhage*, *hearing loss*, *infection*, trauma dan tumor otak (Westbrook, 2014).

Tumor otak merupakan pertumbuhan sel-sel abnormal pada jaringan otak. Tumor otak bisa bersifat jinak (*benign*) atau ganas (*malignant*). Tumor jinak bisa tumbuh lebih besar namun tidak menyebar ke bagian tubuh lainnya. Tumor ganas disebut juga kanker, sel-sel ganas ini dapat menyerang dan menghancurkan jaringan di dekatnya (Weis dkk., 2019). Tumor otak yang paling umum adalah meningioma, glioma khususnya glioblastoma, dan metastasis otak dari kanker sistemik (McFaline & Lee, 2018).

Kasus baru tumor otak selama tahun 2020 terdapat sejumlah 308.102 jiwa di seluruh dunia dan kasus baru tumor otak di Asia sebesar 166.925 jiwa. Mortalitas tumor otak di seluruh dunia sejumlah 251.329 jiwa dan mortalitas tumor otak di Asia sebesar 137.646 (Observatory, 2020). Tingkat kejadian tumor otak 2 kali lipat lebih tinggi di negara-negara maju dibandingkan dengan negara-negara berkembang. Penyakit ini membawa beban psikososial yang berat dan sering terjadi pada usia dewasa pertengahan dengan 41% pasien tumor otak secara global berusia kurang dari 50 tahun (Chambers dkk., 2015).

Tumor otak dapat menampilkan adanya *blood products (hemorrhage)* dan kalsifikasi. Tumor otak dengan grade tinggi seperti glioblastoma biasanya mengandung komponen *blood products (hemorrhage)*. Kriteria yang digunakan untuk menilai tumor otak adalah *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi, visibilitas tumor, batas tumor, *edema*, dan *vessels* pada tumor otak. Dalam menilai tumor otak, kalsifikasi dianggap sebagai indikator yang sangat penting. Kalsifikasi bersifat diamagnetik, sedangkan *blood products (hemorrhage)* bersifat paramagnetik (Halefoglou & Yousem, 2018). Salah satu modalitas citra yang dapat menilai adanya tumor otak adalah *Magnetic Resonance Image (MRI)*. MRI mampu memberikan informasi citra baik potongan axial, coronal, dan sagital MRI sehingga mampu menghasilkan *image* yang jelas (Westbrook, 2014).

Pemeriksaan MRI *Brain* rutin menggunakan sekuen sagital SE/FSE/*incoherent (spoiled)* GRE T1, axial/oblique SE/FSE PD/T2 dan coronal SE/FSE PD/T2. Terdapat juga sekuen tambahan yang dapat digunakan pada pemeriksaan MRI *Brain* seperti axial/oblique IR T1, axial/oblique FLAIR/EPI, axial/oblique SE/FSE/*incoherent (spoiled)* GRE T1, SS-FSE T2, axial 3D *incoherent (spoiled)* GRE T1, axial/oblique GRE/EPI T1/T2, axial/oblique SE MT, axial DWI, *Diffusion Tensor Imaging (DTI)*, *Axial Perfusion Imaging* (Westbrook, 2014) dan *Susceptibility Weighted Imaging (SWI)* (Halefoglou & Yousem, 2018). Pada pemeriksaan MRI *Brain*, sekuen dipilih berdasarkan kasus dan objek yang ingin diperiksa, untuk melihat *blood products (hemorrhage)* dan kalsifikasi pada tumor otak bagus dengan menggunakan *pulse* sekuen *gradient echo* (Halefoglou & Yousem, 2018). Sekuen *gradient echo* merupakan *pulse* sekuen yang digunakan untuk aplikasi sekuen yang membutuhkan kecepatan akuisisi, *gradient echo* juga disebut *gradient-recalled echo (GRE)* (Martinez dkk., 2014).

SWI yang merupakan sekuen turunan dari *gradient echo*. SWI merupakan singkatan dari *Susceptibility Weighted Imaging* yang memiliki sensitivitas *susceptibility* lebih tinggi dibandingkan dengan sekuen *gradient echo* berbobot T2* konvensional. SWI didasarkan pada teknik pencitraan beresolusi tinggi, *long TE*, *flow-compensated*, dan 3D GRE *imaging* yang berisi informasi *phase* yang disaring di setiap voxel (Halefoglou & Yousem, 2018). SWI memiliki *flip angle* kurang dari 90 derajat yang digunakan umumnya 20 derajat (Franceschi dkk., 2016).

Selain SWI terdapat sekuen FLASH. FLASH merupakan salah satu sekuen turunan *gradient echo* yang memperoleh sinyal MRI oleh pembalikan gradien medan magnet setelah satu pulsa dengan *flip angle* yang rendah. Oleh karena itu, sekuen ini disebut *Fast Low Angle Shot (FLASH)*. Istilah T2 FLASH 2D (T2 FL2D) hanya ada di MRI merk Siemens (Weishaupt dkk., 2014). T2 FLASH 2D merupakan sekuen T2* *Weighted* yang menampilkan kontras T2* *Weighted gradient echo 2D multi-slice* memungkinkan *image* diperoleh dengan cepat dan SNR yang lebih baik (Chandran dkk., 2016). FLASH mempunyai *flip angle* kurang dari 90 derajat yang digunakan umumnya 20 derajat (Shams dkk., 2015).

FL2D hanya berkisar 2 menit. Pada MRI *Brain* di Rumah Sakit K.R.M.T Wongsonegoro Kota Semarang menggunakan sekuen T2 FL2D sebagai sekuen rutin pemeriksaan MRI *Brain* khususnya pada kasus tumor otak. Optimalisasi sekuen T2 FL2D diperlukan dalam pemeriksaan MRI *Brain* pada kasus tumor otak.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan informasi diagnostik citra axial dan mengetahui informasi diagnostik citra axial yang paling optimal pada pemeriksaan MRI *Brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada kasus tumor otak.

Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen untuk mengetahui perbedaan informasi diagnostik citra axial MRI *Brain* antara sekuen *Susceptibility Weighted Imaging (SWI)* dan T2 FLASH 2D (T2 FL2D) pada kasus tumor otak.

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2024 di Instalasi Radiologi RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta dengan menggunakan pesawat MRI 3T. Sampel dalam penelitian ini sebanyak 10 orang pasien yang melakukan pemeriksaan MRI *Brain* dengan kasus tumor otak. Sampel penelitian kemudian dilakukan

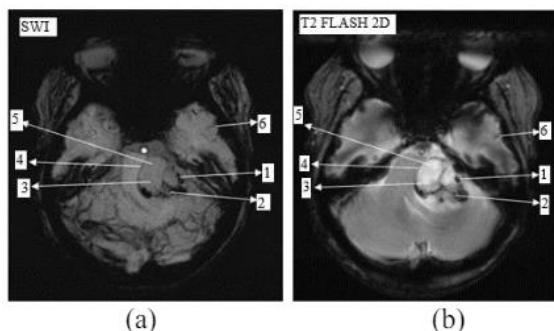
pemeriksaan MRI *Brain* dengan sekuen SWI dan T2 FLASH 2D potongan axial. Citra axial pada masing-masing sekuen dipilih untuk dilakukan penilaian oleh 2 dokter spesialis radiologi (responden) dengan kriteria penilaian informasi diagnostik meliputi *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi, visibilitas tumor, batas tumor, edema, dan *vessels*.

Data penilaian dari responden diuji menggunakan uji *Cohen's kappa* untuk menilai konsistensi kesepakatan penilaian antar responden (reliabilitas). Dilakukan uji *Wilcoxon* untuk mengetahui tingkat perbedaan informasi diagnostik citra axial. Selanjutnya dilihat nilai *mean rank* pada uji *Wilcoxon*, nilai *mean rank* yang paling tinggi menunjukkan sekuen yang menampilkan informasi diagnostik citra axial yang lebih baik.

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Citra Axial MRI Brain Antara Sekuen SWI dan T2 FLASH 2D Pada Kasus Tumor Otak.

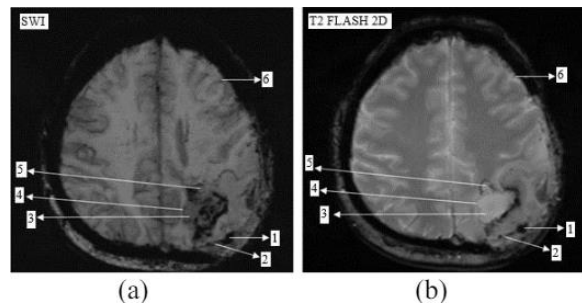
Gambar 1 dan 2 dibawah merupakan salah satu hasil citra axial dari sampel pemeriksaan MRI *brain* sekuen (a) SWI dan (b) T2 FLASH 2D pada kasus tumor otak. Informasi diagnostik yang dinilai meliputi *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi, visibilitas tumor, batas tumor, *edema*, dan *vessels*.



Gambar 1. Hasil citra diagnostik MRI potongan axial (a) SWI, (b) T2 FLASH 2D. Terletak setinggi *cerebellum* bagian lobus anterior.

Keterangan:

1. *Blood products (hemorrhage)*
2. (*hemorrhage*)
3. Kalsifikasi
4. Visibilitas tumor
5. Batas tumor
6. Edema
7. *Vessels*



Gambar 2. Hasil citra diagnostik MRI potongan axial (a) SWI, (b) T2 FLASH 2D. Terletak setinggi *cerebrum* bagian lobus *parietal*.

2. Hasil Uji *Cohen's Kappa*

Uji *Cohen's kappa* dilakukan untuk menilai konsistensi kesepakatan penilaian antar responden (reliabilitas). Data penilaian kejelasan informasi diagnostik citra axial MRI brain pada klinis tumor otak yang telah dilakukan oleh responden selanjutnya diuji menggunakan *Cohen's kappa*. Hasil uji *Cohen's kappa* disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Uji *Cohen's kappa* Kejelasan Informasi Citra Diagnostik

Responden	Value	Keterangan
R1 dan R2	0,725	Kesepakatan baik

Berdasarkan uji *Cohen's kappa* pada tabel di atas diketahui bahwa nilai *kappa* sebesar 0,725 yang berarti kesepakatan antar responden baik, maka dapat diambil salah satu hasil penilaian responden yang paling berpengalaman dibidangnya yaitu penilaian oleh responden pertama memiliki disertasi mengenai pencitraan pada otak yang berjudul "Hubungan Fitur Radiomik Citra *Magnetic Resonance Imaging* dengan Penanda Molekuler Menggunakan Pendekatan Kecerdasan Buatan pada Glioma Otak".

3. Perbedaan Informasi Diagnostik Citra Axial MRI *Brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada Kasus Tumor Otak.

Uji statistik *Wilcoxon* secara keseluruhan pada citra MRI *Brain* sekuen SWI dan T2 FLASH 2D mendapat hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Perbedaan Keseluruhan Informasi Diagnostik Citra Axial MRI *Brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada Kasus Tumor Otak

Sekuen	<i>p-value</i>	Keterangan
SWI T2 FLASH 2D	0,014	Ada beda

Berdasarkan hasil uji *Wilcoxon* untuk keseluruhan informasi diagnostik pada MRI *brain* didapatkan nilai *p-value* sebesar 0,014 dimana *p-value* lebih kecil dari α ($p < 0,05$) yang berarti bahwa ada perbedaan informasi diagnostik pada MRI *brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D.

4. Informasi Citra Diagnostik yang Lebih Baik pada Pemeriksaan MRI *Brain* antara Sekuen SWI dan T2 FLASH 2D Pada Kasus Tumor Otak.

Pada penelitian ini dilakukan uji *Wilcoxon* untuk mengetahui nilai *mean rank* informasi diagnostik pada citra MRI *Brain* sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Mean Rank Keseluruhan Informasi Diagnostik Citra Axial MRI *Brain* antara Sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada Kasus Tumor Otak

Sekuen	<i>Mean rank</i>
SWI	4,00
T2 FLASH 2D	0,00

Berdasarkan tabel 4.15 hasil uji *Wilcoxon* keseluruhan informasi diagnostik citra axial antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada kasus tumor otak, bahwa pada sekuen SWI diperoleh nilai *mean rank* 4,00 sedangkan pada sekuen T2 FLASH 2D diperoleh nilai *mean rank* 0,00. Hal ini menunjukkan bahwa sekuen SWI pada pemeriksaan MRI *Brain* potongan axial kasus tumor otak dapat menghasilkan informasi diagnostik yang lebih baik dibandingkan sekuen T2 FLASH 2D.

4. Pembahasan Penelitian

a. Perbedaan Informasi Diagnostik Citra Axial MRI *Brain* Antara Sekuen SWI (*Susceptibility Weighted Imaging*) Dan T2 FLASH 2D (*Fast Low Angle Shot*) Pada Kasus Tumor Otak

Berdasarkan uji *Wilcoxon* informasi diagnostik citra axial antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D setiap

informasi diagnostik memiliki nilai diantaranya *blood products (hemorrhage)* *p-value* sebesar 0,002; kalsifikasi *p-value* sebesar 0,002; visibilitas tumor *p-value* sebesar 0,083; batas tumor *p-value* sebesar 0,045; edema *p-value* sebesar 0,003, dan *vessels p-value* sebesar 0,002. Pada informasi diagnostik *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi, batas tumor, edema, dan *vessels* memiliki nilai *p-value* lebih kecil dari α ($p < 0,05$) yang berarti bahwa ada perbedaan informasi diagnostik *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi, batas tumor, edema, dan *vessels* pada MRI *brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D. Sementara informasi diagnostik visibilitas tumor memiliki nilai *p-value* lebih besar dari α ($p > 0,05$) yang berarti bahwa tidak ada perbedaan informasi diagnostik visibilitas tumor pada MRI *brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D.

Sekuen SWI dan T2 FLASH 2D memiliki perbedaan karena kemampuan *susceptibility* dalam menampakkan *blood products (hemorrhage)* dan kalsifikasi tidak sama. Sekuen SWI meningkatkan kontras dengan membandingkan berbagai tipe jaringan dengan struktur di sekitarnya dengan memanfaatkan variasi inheren dalam *magnetic susceptibility*. SWI memungkinkan untuk membedakan zat paramagnetik (*hemorrhage/ iron*) dan diamagnetik (kalsifikasi) yang lebih baik dibandingkan dengan sekuen *gradient echo* lainnya (Hageman dkk., 2022). Demikian kemampuan dalam menampakkan *phase* yang disaring di voxel berbeda. SWI didasarkan pada teknik pencitraan beresolusi tinggi, *long TE, flow-compensated*, dan 3D GRE *imaging* yang berisi informasi *phase* yang disaring di setiap voxel lebih baik dibanding dibandingkan dengan sekuen *gradient echo* berbobot T2* konvensional (Halefoglul & Yousem, 2018). Hal ini membuat informasi diagnostik *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi, dan *vessels* pada sekuen SWI lebih terlihat jelas

dibandingkan dengan sekuen T2 FLASH 2D.

Kedua sekuen memiliki perbedaan pada batas tumor dan edema karena kemampuan menampilkan *image* kontras yang berbeda. Sekuen T2 FLASH 2D dalam menampilkan kontras T2* *Weighted gradient echo* memungkinkan *image* diperoleh dengan cepat dan SNR yang lebih baik (Chandran dkk., 2016). Demikian bahwa kedua sekuen memiliki perbedaan dalam menampilkan informasi diagnostik batas tumor dan edema. Sekuen T2 FLASH 2D dinilai lebih baik dalam menampilkan informasi diagnostik batas tumor dibandingkan dengan sekuen SWI.

Informasi diagnostik visibilitas tumor antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D hampir sama dikarenakan pada kedua sekuen ini sama-sama sekuen turunan *gradient echo* yang memiliki efek *susceptibility* sehingga visibilitas tumor dapat dilihat dan diamati dengan jelas pada kedua sekuen tersebut (Martinez dkk., 2014). Demikian bahwa kedua sekuen tidak memiliki perbedaan dalam menampilkan informasi diagnostik visibilitas tumor.

b. Informasi Diagnostik Citra Axial Yang Lebih Optimal Pada Pemeriksaan MRI *Brain* Antara Sekuen SWI (*Susceptibility Weighted Imaging*) Dan T2 FLASH 2D (*Fast Low Angle Shot*) Pada Kasus Tumor Otak

Hasil uji *Wilcoxon* keseluruhan informasi diagnostik citra axial antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada kasus tumor otak menunjukkan bahwa sekuen SWI memiliki nilai *mean rank* lebih tinggi dibandingkan nilai *mean rank* sekuen T2 FLASH 2D. Sekuen SWI diperoleh nilai *mean rank* sebesar 4,00 sedangkan pada sekuen T2 FLASH 2D diperoleh nilai *mean rank* sebesar 0,00. Hal ini menunjukkan bahwa sekuen SWI pada pemeriksaan MRI *brain* potongan axial kasus tumor otak dapat menghasilkan informasi diagnostik yang lebih baik dibandingkan sekuen T2 FLASH 2D.

Menurut peneliti sekuen SWI lebih disarankan dalam pemeriksaan MRI *Brain* kasus tumor otak karena gambaran informasi diagnostik yang dihasilkan lebih baik, meskipun sekuen SWI memiliki waktu *scanning* lebih lama dibandingkan dengan sekuen T2 FLASH 2D. Waktu *scanning* pada pemeriksaan MRI *Brain* sekuen SWI yaitu 3:26 menit sedangkan sekuen T2 FLASH 2D selama 2:10 menit. Hal ini sesuai dengan pernyataan menurut Halefoglu & Yousem (2018), SWI memiliki sensitivitas *susceptibility* lebih tinggi dibandingkan dengan sekuen *gradient echo* berbobot T2* konvensional. Selain itu, SWI didasarkan pada teknik pencitraan beresolusi tinggi, *long TE*, *flow-compensated*, dan 3D GRE *imaging*. Menurut Chandran (2016), T2 FLASH 2D merupakan sekuen T2* *Weighted gradient echo 2D multi-slice*. Kedua pernyataan tersebut didukung teori yang menyatakan bahwa citra 3D lebih unggul daripada citra 2D dalam mendeteksi lesi seperti adanya *blood products (hemorrhage)* dan kalsifikasi karena 3D GRE *imaging* memiliki informasi *phase* yang disaring di setiap voxel lebih tipis dan *blood flow artifacts* yang lebih sedikit (Kwak dkk., 2015).

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa sekuen SWI pada pemeriksaan MRI *Brain* dengan kasus tumor otak pada pendarahan dapat menampilkan informasi diagnostik *blood products (hemorrhage)*, kalsifikasi dan *vessels* lebih unggul dari sekuen T2 FLASH 2D meskipun waktu *scanning* sekuen SWI lebih lama dibandingkan dengan sekuen T2 FLASH 2D dengan selisih waktu 1:16 menit. Namun, sekuen T2 FLASH 2D mampu menampilkan informasi diagnostik batas tumor dan edema yang lebih baik dibandingkan sekuen SWI pada kasus tumor otak dengan pendarahan.

Simpulan

Perbedaan berdasarkan uji statistik *Wilcoxon* informasi diagnostik secara keseluruhan diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,014 dimana *p*-

value lebih kecil dari α ($p < 0,05$) yang menunjukkan Ha diterima, berarti bahwa ada perbedaan informasi diagnostik pada MRI *brain* antara sekuen SWI dan T2 FLASH 2D pada kasus tumor otak.

Berdasarkan nilai *mean rank* tertinggi pada hasil uji *Wilcoxon* yaitu pada sekuen SWI sebesar 4,00 yang dapat disimpulkan bahwa sekuen SWI menghasilkan informasi diagnostik citra axial yang lebih optimal dibandingkan sekuen T2 FLASH 2D pada pemeriksaan MRI *Brain* kasus tumor otak dengan pendarahan, meskipun waktu *scanning* sekuen SWI lebih lama dibandingkan dengan sekuen T2 FLASH 2D dengan selisih waktu 1:16 menit.

Daftar Pustaka

- Baker, G. F., Tortora, G. J., & Nostakos, N. P. A. (2020). Principles of Anatomy and Physiology. *The American Journal of Nursing*, 3, 477.
- Chambers, S. K., Grassi, L., Hyde, M. K., Holland, J., & Dunn, J. (2015). Integrating psychosocial care into neuro-oncology: Challenges and strategies. *Frontiers in Oncology*, 5(FEB), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fonc.2015.00041>
- Chandran, A. S., Bynevelt, M., & Lind, C. R. P. (2016). Magnetic resonance imaging of the subthalamic nucleus for deep brain stimulation. *Journal of Neurosurgery*, 124(1), 96–105.
- Edith J . Applegate, P. (2010). *The Sectional Anatomy Learning System*. Westline Industrial Drive St. Louis Missouri 63146.
- Franceschi, A. M., Moschos, S. J., & Anders, C. K. (2016). *Utility of Susceptibility Weighted Imaging (SWI) in the Detection of Brain Hemorrhagic Metastases from Breast Cancer and Melanoma*.
- Hageman, G., Hof, J., & Nihom, J. (2022). Susceptibility-Weighted MRI and Microbleeds in Mild Traumatic Brain Injury: Prediction of Posttraumatic Complaints? *European Neurology*, 85(3), 177–185. <https://doi.org/10.1159/000521389>
- Halefoglu, A. M., & Yousem, D. M. (2018). Susceptibility weighted imaging: Clinical applications and future directions. *World Journal of Radiology*, 10(4), 30–45.
- Kumar, V., K.Abbas, A., & Jon, C. A. (2018). *Robbins Basic Pathology, Tenth Edition*.
- Kwak, H. S., Hwang, S., Chung, G. H., Song, J. S., & Choi, E. J. (2015). Detection of small brain metastases at 3 T: Comparing the diagnostic performances of contrast-enhanced T1-weighted SPACE, MPRAGE, and 2D FLASH imaging. *Clinical Imaging*, 39(4), 571–575. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2015.02.00>
- Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. (2018). *Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy Ninth Edition*. St. Louis, Missouri: Elsevier.
- Martinez, S., Greenberg, S. M., & Viswanathan, A. (2014). Cerebral microbleeds: Overview and implications in cognitive impairment. *Alzheimer's Research and Therapy*, 6(3), 1–7.
- McFaline, J. R., & Lee, E. Q. (2018). Brain Tumors. *American Journal of Medicine*, 131(8), 874–882. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2017.12.039>
- Observatory, G. C. (2020). *Global Cancer Observatory*. 33–56. <https://doi.org/10.1201/b17751-2>
- Shams, S., Martola, J., Cavallin, L., Granberg, T., Shams, M., Aspelin, P., Wahlund, L. O., & Kristoffersen-Wiberg, M. (2015). SWI or T2*: Which MRI sequence to use in the detection of cerebral microbleeds? The Karolinska Imaging Dementia Study. *American Journal of Neuroradiology*, 36(6), 1089–1095. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4248>
- VanPutte, C., Regan, J., & Russo, A. (2017). Seeley's Essentials of Anatomy and Physiology. In *Journal of Thoracic Disease* (Vol. 9, Nomor 8).
- Weis, S., Sonnberger, M. Dunzinger, A., Voglmayr, E., Aichholzer, M., Kleiser, R. & Strasser, P. (2019) *Imaging Brain Diseases*. In *Imaging Brain Diseases*. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1544-2>
- Weishaupt, D., Kochli, V. D., & Marincek, B. (2014). *Case Study: Flash Mri*. 1–9.
- Westbrook, C. (2014). *Handbook Of MRI Technique Fourth Edition*.
- Westbrook, C., & Talbot, J. (2019). *MRI in Practice Fifth Edition*. United Kingdom: Wiley-Blackwel: UK.