

Peranan Sekuen Susceptibility Weight Imaging (SWI) Pada Pemeriksaan MRI Brain Pada Kasus Tumor

Zefanya G. Pandelaki¹, Mohammad Agus Pribowo², Ni Putu Rita Jeniyanthi³
Akademi Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi Bali

Alamat: Jalan Tukad Batanghari VII No. 21, Dauh Puri Klod, Denpasar Selatan, Dauh Puri Klod, Denpasar Barat, Denpasar City, Bali 80225; Telepon: (0361) 8959881

Korespondensi penulis : zefanyapandelaki@gmail.com

ABSTRACT

The aim of the research is to find out the role of the transverse susceptibility weighted imaging (SWI) sequence in brain MRI examination techniques in tumor cases. The research method used in this research is a qualitative descriptive study that uses a literature study approach to explore, analyze and identify information about how the Susceptibility Weighted Imaging (SWI) sequence plays a role in the Brain MRI examination process in patients who have tumors. The results and discussion of the literature review show: 1) Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) on MRI brain has an important role in detecting blood degradation products, calcification and iron accumulation in glioblastoma. SWI allows visualization of small blood vessels, detection of iron, as well as identification of areas of calcification within the tumor, providing a more detailed picture of the nature and malignancy of glioblastoma. The Intratumoral Susceptibility Signal (ITSS) on SWI images is a visual marker associated with microhemorrhage, neoangiogenesis, and calcification, enabling tumor grading based on the frequency and distribution of these signals. In addition, Intralesional Susceptibility Signal (ILSS) also has an important role in differentiating glioblastoma from abscesses and metastases, with high levels of ILSS tending to be associated with tumor severity. Thus, the integration of SWI and ITSS and ILSS analysis can make a significant contribution to the characterization and assessment of the level of malignancy. 2) Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) in the diagnosis of glioblastoma has the advantage of providing internal visualization of the tumor with high resolution. SWI is highly sensitive to differences in tissue susceptibility, allows the detection of neovascularization, hemorrhage, and calcification within glioblastoma, and provides detailed information about cerebral vascular anatomy. The advantages of SWI include its ability to image the Intratumoral Susceptibility Signal (ITSS) and Intralesional Susceptibility Signal (ILSS) and increase the visibility of low signal intensity structures. However, its shortcomings, namely sensitivity to artifacts, dependence on susceptibility phenomena, and subjective interpretation are aspects that need to be considered.

Keywords: Role of Susceptibility Weight Imaging Sequence, MRI Brain Examination, Tumor Cases

ABSTRAK

Tujuan Penelitian adalah Untuk mengetahui bagaimana peranan sekuen susceptibility weighted imaging (SWI) transversal pada teknik pemeriksaan MRI Brain pada kasus tumor. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sebuah studi deskriptif kualitatif yang menggunakan pendekatan studi literatur untuk menggali, menganalisis, dan mengidentifikasi informasi mengenai bagaimana peranan sekuen Susceptibility Weighted Imaging (SWI) berperan dalam proses pemeriksaan MRI Brain pada pasien yang mengalami kasus tumor. Hasil dan pembahasan dari literatur review menunjukkan : 1) Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) pada MRI brain memiliki peran penting dalam mendeteksi produk degradasi darah, kalsifikasi, dan penumpukan zat besi pada glioblastoma. SWI memungkinkan visualisasi pembuluh darah kecil, deteksi zat besi, serta identifikasi area kalsifikasi dalam tumor, memberikan gambaran yang lebih detail tentang sifat dan keganasan glioblastoma. Intratumoral Susceptibility Signal (ITSS) pada citra SWI menjadi penanda visual yang berhubungan dengan perdarahan mikro, neoangiogenesis, dan kalsifikasi, memungkinkan grading tumor berdasarkan frekuensi dan distribusi sinyal-sinyal tersebut. Selain itu, Intralesional Susceptibility Signal (ILSS) juga memiliki peran penting dalam membedakan glioblastoma dari abses dan metastasis, dengan tingkat ILSS yang tinggi cenderung terkait dengan keparahan tumor. Dengan demikian, integrasi SWI dan analisis ITSS serta ILSS dapat memberikan kontribusi signifikan dalam karakterisasi, penilaian tingkat keganasan. 2) Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) pada diagnosis glioblastoma memiliki kelebihan dalam memberikan visualisasi internal tumor dengan resolusi tinggi. SWI sangat sensitif terhadap perbedaan susceptibilitas jaringan, memungkinkan deteksi neovaskularisasi, perdarahan, dan kalsifikasi di dalam glioblastoma, serta memberikan informasi rinci tentang anatomi pembuluh darah otak. Kelebihan SWI meliputi kemampuannya menggambarkan Intratumoral Susceptibility Signal (ITSS) dan Intralesional Susceptibility Signal (ILSS) dan meningkatkan visibilitas struktur berintensitas sinyal rendah. Meskipun demikian kekurangannya yaitu sensitive terhadap artefak, ketergantungan pada fenomena susceptibility, dan interpretasi subyektif menjadi aspek yang perlu diperhatikan.

Kata kunci : Peranan Sekuen Susceptibility Weight Imaging, Pemeriksaan MRI Brain, Kasus Tumor

PENDAHULUAN

Secara garis besar, sistem saraf dibagi menjadi 2, yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat (SSP) terbentuk oleh otak dan medulla spinalis. Otak manusia dibagi menjadi tiga bagian besar, yaitu *cerebri* (otak besar), *cerebellum* (otak kecil) dan batang otak. Berdasarkan letaknya otak dibagi menjadi 3 bagian yaitu *Procencephalon* (otak depan), *Mesencephalon* (otak tengah) dan *Rhombencephalon* (otak belakang). Otak terletak dalam rongga *cranium*, terdiri atas semua bagian sistem saraf pusat (SSP) diatas korda spinalis¹.

Tumor otak primer berpotensi terjadi pada kepala, seperti di bagian selaput otak, sistem saraf pusat, atau pada pusat otak tersebut². Perdarahan akibat tumor umumnya jarang terjadi pada jenis tumor otak dengan tingkat keganasan yang rendah. Ketika perdarahan terjadi, biasanya memiliki dampak yang serius dan bisa menyebabkan masalah yang signifikan. Penyebab utama perdarahan kemacetan vena, intra trombosis vaskular, atau ektasia vaskular yang berpotensi menyebabkan perdarahan pada kasus tumor³

Tumor otak merupakan penyakit yang tidak menular namun memiliki angka kematian yang cukup tinggi. Jenis tumor otak ganas primer merupakan jenis tumor yang paling umum terjadi. Rata-rata memiliki insiden tahunan rata-rata 3-8 per 100.000 populasi dan masa bertahan hidup sekitar 10-20 bulan⁴.

Tingkat kejadian tumor otak yang pertama kali bersifat agresif diperkirakan mencapai 5,57 per 100.000 orang di seluruh dunia. Sedangkan tumor otak yang berasal dari penyebaran metastasis, yaitu perpindahan tumor dari lokasi awal, diperkirakan terjadi dalam kisaran antara 8,4 hingga 14,3 kasus per 100.000 populasi⁵. Pada tahun 2016, dilakukan estimasi angka kejadian dan kematian tumor SSP di Indonesia, dan hasilnya menunjukkan angka 6.337 kasus kejadian dan 5.405 kasus kematian. Namun, data histopatologi yang komprehensif mengenai tumor intrakranial di kalangan penduduk Indonesia masih minim⁶.

Dilihat dari data *World Health Organization* (WHO) tahun 2016 klasifikasi tumor sistem saraf dapat dikategorikan lebih lanjut berdasarkan ciri-ciri histopatologis dan karakteristik molekuler, terutama karena pentingnya jenis molekuler dalam melacak asal tumor dan prognosis pasien. Penggunaan metode non-invasif sangat membantu dalam diagnosa molekuler yang terkait dimana dengan mengetahui tingkat keganasan tumor sangat membantu dalam pengobatan kasus tumor⁷.

Magnetic resonance imaging (MRI) merupakan metode pemeriksaan diagnostik non invasif yang memanfaatkan medan magnet berkekuatan antara 0,064 hingga 1,5 Tesla (dengan 1 Tesla setara dengan 1000 *Gauss*) serta memanipulasi getaran resonansi inti atom hidrogen, MRI menghasilkan gambar-gambar potongan melintang dari jaringan atau organ dalam tubuh

manusia yang mencakup visualisasi dalam bentuk potongan koronal, sagital, dan aksial. Keunggulan utama MRI adalah kemampuannya untuk dengan jelas memvisualisasikan jaringan lunak, dan ini menjadikannya pilihan utama dalam menghasilkan gambaran yang akurat dari jaringan lunak dan mendeteksi kelainan seperti tumor otak⁸. Hasil akhir dari pencitraan MRI dipengaruhi oleh berbagai parameter dan prosedur yang kompleks, salah satunya adalah sekuen yang digunakan. Karena faktor-faktor ini, proses pencitraan MRI memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi untuk menghasilkan diagnose yang akurat⁹.

Hasil diagnosa dalam pemeriksaan MRI dipengaruhi dari berbagai macam protokol yang tersusun dari kumpulan sekuen. Pemilihan urutan protokol dalam pemeriksaan MRI memiliki dampak besar pada hasil diagnostik, terutama dalam MRI otak. Setiap urutan memiliki peran khusus dan parameter yang berbeda, memengaruhi perolehan informasi penting. Seleksi yang tepat sangat berperan dalam mendeteksi dan mendiagnosis kelainan otak¹⁰.

Penggunaan sekuen pada pemeriksaan MRI brain untuk diagnosa tumor otak bertujuan untuk mengevaluasi dan menentukan karakteristik dari tumor tersebut. Sekuen pemeriksaan MRI Brain dengan klinis tumor otak adalah *Localizer*, *Axial T2 SE*, *Axial T2 FLAIR*, *Axial T1 SE*, *Coronal T1 SE*, *Axial T1 SE post contrast*, *Coronal T1 SE post contrast* dan *Sagittal T1 SE post contrast*¹¹. Sekuen alternatif untuk pemeriksaan MRI Brain klinis tumor otak yaitu *Coronal T2 FLAIR*, *sagittal T1 FLAIR*, dan *Axial DWI*. Sedangkan sekuen untuk mendiagnosa tumor otak antara lain *Axial/Oblique T1 SE/Fast Spin Echo Incoherent (Spoiled) Gradient Echo (GRE)*, *Axial/Oblique SE Magnetization Transfer (MT)*¹². Parameter patologi tumor juga dengan penggunaan sekuen potongan Axial T1 weighted (T1W) spin echo, Axial T2 weighted (T2W) turbo spin echo, *Axial fluid attenuated inversion recovery*, *Sagittal T1W spin echo*, DWI dengan menggunakan nilai b-values of 0, 500, 1000 S mm⁻², SWI, *Multivoxel three-dimensional chemical shift imaging* dilakukan dengan menggunakan teknik spektroskopi dengan penekanan sinyal air yang bertujuan memberikan perbedaan dari lemak kulit kepala. Akuisisi MRS dilakukan setelah injeksi media kontras dengan volume 0,1 mmol/kg gadodiamida¹³.

Pada tumor glioma dengan tingkat keganasan rendah maupun pada tumor lainnya, terdapat berbagai komponen seperti darah, protein, lemak, dan pembuluh darah di dalamnya¹⁴. Perdarahan dalam tumor ini telah tercatat terjadi, bahkan pada kasus glioma derajat rendah seperti astrocytoma. Penelitian mengenai mekanisme perdarahan ini menunjukkan bahwa hal ini sering terjadi pada tumor ganas, dan selain itu, kelainan struktural pada pembuluh darah di dalam tumor juga dapat memperburuk situasi¹⁵. Perubahan volume darah atau penyerangan sel

tumor terhadap pembuluh darah dapat memicu perdarahan tumor atau terjadinya nekrosis pada pembuluh darah yang rentan¹⁶.

Susceptibility weighted imaging (SWI) merupakan salah satu sekuens dalam pemeriksaan MRI yang memanfaatkan perbedaan kerentanan antar jaringan^{17,18}. SWI termasuk sekuens 3D dan termasuk dalam pembobotan *Gradient Echo* (GRE) mengeksploitasi perbedaan suseptibilitas magnetik dari berbagai jaringan atau zat seperti produk darah, kandungan besi dan kalsifikasi serta menggunakan gambar magnitudo dan fase sehingga menghasilkan sensitivitas tinggi untuk mendeteksi adanya perubahan pada komponen darah dalam jaringan, produk radasi, kalsifikasi, dan endapan komponen besi dalam darah¹⁹. SWI memberikan peningkatan pada pembuluh darah kecil dan perdarahan mikro serta dapat mendeteksi zat besi di dalam otak²⁰. Karakteristik ini memungkinkan SWI untuk menunjukkan heterogenitas anatomi dan fungsional otak tumor dengan sensitivitas yang sangat baik terhadap produk darah serta menunjukkan visualisasi yang baik untuk pembuluh darah vena⁸.

Pada gambaran citra sekuen *susceptibility weighted imaging* (SWI) terdapat pencitraan adanya cincin tak teratur pada bagian luar lesi yang ditandai dengan penurunan intensitas sinyal serta tidak adanya perbedaan tanda antara dua sisi. Ketika pada lesi dengan peningkatan cincin yang mencolok serta edema di sekitarnya, proses diagnosis memerlukan pemikiran yang cermat terkait kemungkinan infeksi dan unsur neoplastik¹³.

Metode citra ini bermanfaat dalam mendeteksi tanda-tanda perdarahan yang terhubung dengan proses patologi tersebut. Pada glioblastoma, distribusi acak bahan berdarah menyebabkan pembentukan batas berupa area gelap yang melingkari inti nekrotik. Batas tersebut umumnya tidak teratur dan tidak lengkap. Perbedaannya terlihat pada batas area gelap yang terlihat pada abses otak, di mana batasnya cenderung halus dan lengkap²¹. "Tanda pelek ganda" adalah ciri khusus yang membedakan antara abses otak piogenik dan glioblastoma. Tanda ini terdiri dari lingkaran hipointensitas yang teratur mengelilingi area hiperintens pada gambaran pencitraan, terutama terlihat dalam metode pencitraan SWI. Metode SWI memiliki kemampuan sensitivitas yang tinggi terhadap zat paramagnetik dan diamagnetik. SWI juga dapat memvisualisasikan keberadaan lingkaran hipointensitas perifer yang lengkap yang baik¹³.

Deteksi dan karakterisasi tumor otak umumnya menggunakan MRI dengan menggunakan kontras. Meskipun MRI tanpa kontras dapat membantu dalam melokalisasi dan mendeteksi tumor otak primer, MRI dengan kontras tetap penting untuk mendeteksi metastasis yang lebih kecil. Dalam kasus metastasis, MRI dengan peningkatan kontras tetap lebih andal dalam mendeteksi lesi kecil. Meskipun demikian beberapa jenis metastasis mungkin tidak

terdeteksi, seperti metastasis leptomeningeal. Dengan demikian, meskipun MRI tanpa peningkatan kontras memiliki manfaatnya, tetapi tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran MRI dengan peningkatan kontras dalam kasus penyakit metastasis²².

Berdasarkan pemaparan diatas, penulis tertarik untuk melakukan pengkajian pustaka dalam bentuk studi literatur mengenai peranan sekuen SWI pada pemeriksaan MRI Brain pada kasus tumor dengan judul “***Peranan Sekuen Susceptibility Weight Imaging (SWI) Pada Pemeriksaan MRI Brain Pada Kasus Tumor***”

TINJAUAN PUSTAKA

Anatomi Otak

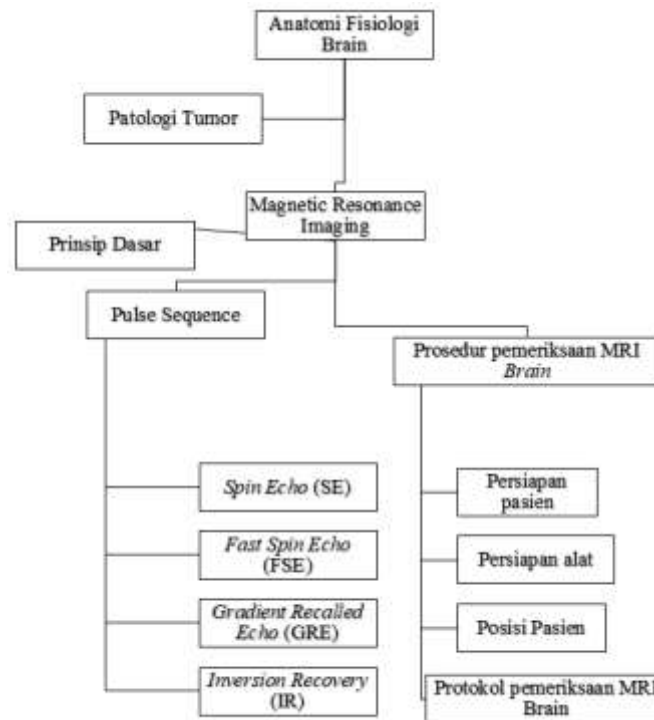
Otak terletak dalam rongga *cranium*, terdiri atas semua bagian system saraf pusat (SSP) diatas korda spinalis. Secara anatomis terdiri dari *cerebrum cerebellum, brainstem*, dan *limbic system*¹. Otak merupakan organ yang sangat mudah beradaptasi meskipun neuron-neuron telah di otak mati tidak mengalami regenerasi, kemampuan adaptif atau plastisitas pada otak dalam situasi tertentu bagian-bagian otak mengambil alih fungsi dari bagian-bagian yang rusak¹¹.

Patologi Tumor

Tumor otak adalah kondisi yang sering terjadi, yang memerlukan pemahaman dasar bagi penyedia layanan medis umum mengenai diagnosis dan penanganannya. Tumor otak yang paling umum meliputi metastasis intrakranial dari kanker sistemik, meningioma, serta glioma terutama glioblastoma. Metastasis ke sistem saraf pusat dapat terjadi di berbagai lokasi sepanjang neuroaksis²³.

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan modalitas pencitraan radiologi yang yang memanfaatkan medan magnet dan radiofrekuensi dalam menghasilkan citra potongan aksial, sagital, maupun koronal dan serbaguna dalam menghasilkan informasi diagnostik tanpa banyak mengubah posisi pasien yang juga sangat cocok untuk mendiagnosis *softisue*⁹. *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* sangat bersifat kompleks karena MRI bergantung dari berbagai faktor untuk menghasilkan hasil citra yang optimal. Jika pemilihan parameter-parameter pada MRI tepat maka citra yang dihasilkan dapat memberikan gambaran yang terperinci tentang tubuh manusia dengan perbedaan yang jelas. Hal ini memungkinkan penilaian komprehensif terhadap struktur anatomi, fisiologi dan kondisi patologis jaringan tubuh Kerangka Teori



Bagan 1 Kerangka Teori

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang penulis lakukan dalam penelitian ini merupakan sebuah studi deskriptif kualitatif yang menggunakan pendekatan studi literatur untuk menggali, menganalisis, dan mengidentifikasi informasi mengenai bagaimana peranan sekuen *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) berperan dalam proses pemeriksaan MRI *Brain* pada pasien yang mengalami kasus tumor. Dalam penyusunan jurnal ini, peneliti memperoleh data dan melakukan tinjauan terhadap tujuh artikel yang relevan. Fokus utama penulisan jurnal ini adalah peran sekuen axial *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) pada pemeriksaan MRI *Brain* pada kasus tumor. Sumber-sumber yang digunakan oleh peneliti untuk mencari artikel tersebut yang berasal dari database dengan sumber antara lain: *Sciencedirect, Pubmed, Google Scholar, Springer Link*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan metode penelitian studi literatur review (SLR) yang telah dirancang, penulis mendapat hasil yaitu 6 jurnal yang saling berkaitan dan relevan. Jurnal yang didapatkan merupakan jurnal yang membahas tentang teknik pemeriksaan MRI *brain* pada kasus tumor

otak. Berikut di bawah ini yaitu jurnal yang telah penulis dapatkan yang dilampirkan dalam table 1 sebagai berikut:

Tabel 1 studi literatur review 6 jurnal

No	Judul Artikel	Penulis	Publisher
1	<i>Susceptibility-Weighted Imaging of Glioma: Update on Current Imaging Status and Future Directions.</i>	Charlie Chia-Tsong Hsu, Trevor William Watkins dkk	Journal of neuroimaging
2	<i>Diagnostic Value of Fractal Analysis for the Differentiation of Brain Tumors Using 3-Tesla Magnetic Resonance Susceptibility - Weighted Imaging .</i>	Antonio Di Ieva, Pierre-Jean Le Reste, Béatrice dkk	Neurosurgery
3	<i>Susceptibility weighted imaging provides complementary value to diffusion-weighted imaging in the differentiation between pyogenic brain abscesses, necrotic glioblastomas, and necrotic metastatic brain tumors.</i>	Ping Hong Lai dan Hsiao-Wen Chung yang berjudul	European Journal of Radiology
4	<i>Multiparametric imaging based differentiation of lymphoma and glioblastoma: using T1-perfusion, diffusion, and susceptibility-weighted MRI.</i>	P Kumar Gupta, A Awasthi dan C M Pandey	Clinical Radiology
5	<i>Discriminating pyogenic brain abscesses, necrotic glioblastomas, and necrotic metastatic brain tumors by means of susceptibility-weighted imaging tahun 2014.</i>	Jui-Hsun Fu, Tzu-Chao Chuang dkk	European Radiology
6	<i>The diagnostic value of postcontrast susceptibility-weighted imaging in the assessment of intracranial brain neoplasm at 3T.</i>	Hyunkoo Kang dan Sungwon Jang	Acta Radiologica

Pada ke 6 artikel yang penulis review, terdapat 6 artikel dengan topik yang relevan dan di mana ditemukan kesamaan yaitu penggunaan sekuen susceptibility weight imaging (SWI) pada pemeriksaan MRI brain dengan klinis Glioblastoma (GBM) didapatkan pada hasil.

Tabel 2 Ekstraksi parameter

Parameter	Charlie Chia-Tsong Hsu dkk	Antonio Di Ieva dkk	Ping Hong Lai dkk	P Kumar Gupta dkk	Jui-Hsun Fu dkk	Hyunkoo Kang dkk
TR (ms)	28 ms	22	50	32	50	28
TE (ms)	-	32	39	24,2	39	20
Flip Angle	15°	-	18°	17°	18°	15°
Matrix	-	512 × 512	288 × 256	384 × 384	288 × 256	384 × 269
Slice Thicknes (mm)	2 mm	0,5 mm	2,5 mm	1 mm	2,5 mm	1,2 mm

Tabel 3 Peranan Sekuen SWI

No	Jurnal	Peranan Sekuen SWI
	Charlie Chia-Tsong Hsu dkk, 2016	<i>Intratumoral Susceptibility Signal</i> (ITSS) yang dihasilkan dari citra SWI dapat membantu dalam proses diagnosis, membedakan grade tumor, dan pemantauan pada glioma secara noninvasif. ITSS memungkinkan penilaian citra dan perkiraan tingkat keparahan tumor serta pemantauan citra terhadap perkembangan tumor atau transformasi ganas. Dengan kata lain keberadaan dan karakteristik ITSS pada citra memungkinkan radiolog untuk mengevaluasi sejauh mana tumor tumbuh dan seberapa ganas tumor tersebut. Keberadaan ITSS pada SWI yang tidak terdeteksi juga dapat membantu membedakan glioma dari B-Cell dan PCNSL. <i>Contrast Enhancement Susceptibility-Weighted Imaging</i> (CE-SWI) memberikan informasi lebih spesifik mengenai invasi zona batas tumor.
	Antonio Di Ieva dkk, 2016	Densitas intratumoral dari sinyal <i>Susceptibility-Weighted Imaging</i> (SWI) dapat membantu membedakan glioma tingkat rendah dengan glioma tingkat tinggi dimana sensitivitas spesifisitas yang baik yang dinilai dari hasil signal. SWI juga dapat menunjukkan dengan baik perbedaan yang signifikan antara tumor tingkat rendah, tingkat tinggi, metastasis, meningioma dan limfoma. <i>Fractal Dimension</i> (FD) merupakan pengukuran kuantitatif yang lebih andal untuk membedakan tumor dibandingkan dengan <i>Signal Intensity Ratio</i> (SR) pada pencitraan SWI dimana skor kualitatif dan semikuantitatif yang dihasilkan digunakan dalam grading dan klasifikasi tumor.
	Ping Hong Lai dkk, 2016	SWI sensitif terhadap produk darah paramagnetik dimana SWI bisa menginterpretasikan vaskular vena yang muncul sebagai bintik-bintik yang gelap pada gambar. Glioma tingkat tinggi dengan angiogenesis aktif seringkali menghasilkan jumlah deoksihemoglobin yang relatif besar, hilangnya sinyal yang meningkat pada SWI mengindikasikan peningkatan mikrovaskular yang terdapat pada tumor. ILSS pada citra SWI dapat memberikan kontribusi pada diagnosis yang menunjukkan akurasi diagnostik (88,1%) dalam membedakan abses dari glioblastoma, dalam membedakan abses dari metastasis (68,2%), dan dalam membedakan glioblastoma dari metastasis (70,5%).
	P Kumar Gupta dkk, 2018	SWI berperan mengidentifikasi dan memvisualisasikan <i>Intratumoral Susceptibility Signal</i> (ITSS) yang merupakan fokus sinyal rendah berbentuk garis atau titik dalam tumor. SWI dapat membantu dalam grading glioma dan diferensiasi glioma dari PCNSL. Penggunaan skor ITSS yang berasal dari SWI dapat memberikan informasi penting untuk membedakan jenis tumor, seperti membedakan <i>glioblastoma</i> (GBM) dan <i>primary central nervous system lymphoma</i> (PCNSL) dengan tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi. Hasil ITSS dari pencitraan SWI Multiparameter menggunakan ADC, rCBV_corr, kep, dan skor ITSS secara signifikan meningkatkan kemampuan diagnostik untuk membedakan PCNSL dari GBM dibandingkan dengan penggunaan tunggal ADC, rCBV_corr, dan ITSS, atau kombinasi parameter-parameter tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi parameter tersebut dapat meningkatkan akurasi lebih baik dalam membedakan jenis tumor otak tersebut. Nilai minimum ADC, rCBVs_corr maksimum dan skor ITSS secara signifikan lebih rendah pada pasien dengan PCNSL dibandingkan dengan pasien glioblastoma yang cenderung tinggi.
	Jui-Hsun Fu dkk, 2014	Penggunaan <i>intralesional susceptibility signals</i> ILSS yang dihasilkan dari pencitraan SWI dengan cara kualitatif (QL) atau semi kuantitatif (SQ) memberikan manfaat dalam diagnosis diferensial abses, glioblastoma nekrotik, dan metastasis nekrotik. ILSS tingkat tinggi dapat membantu membedakan glioblastoma dari abses dan tumor otak metastasis nekrotik.

		Ketidakberadaan ILSS atau ILSS tingkat rendah dapat menjadi tanda yang lebih spesifik dalam diagnosis pencitraan abses. Pada tahap pengalaman awal ini, SWI berperan memvisualisasikan antara abses otak piogenik dengan glioblastoma nekrotik serta tumor otak metastasis nekrotik.
	Hyunkoo Kang dkk, 2020	Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) dengan kepekaannya terhadap produk darah dan vaskularitas vena, membantu memberikan gambaran karakteristik dan arsitektur internal tumor. Sementara itu, Contrast-Enhanced SWI (CE-SWI) memberikan informasi tambahan dengan memperlihatkan Intratumoral Susceptibility Signals (ITSS) dan penguatan kontras. CE-SWI terbukti mampu dengan jelas memvisualisasikan karakteristik dan arsitektur neoplasma otak dengan baik, termasuk margin tumor. Ini membantu membedakan antara Glioblastoma (GBM) dan metastasis tunggal. SWI juga terbukti dapat memberikan hasil semi-kuantitatif yang tinggi dalam menganalisis tumor, dengan perbedaan yang signifikan antara tumor-tumor berkualitas tinggi dan tumor-tumor berkualitas rendah. Meskipun demikian, hasil menunjukkan bahwa CE-SWI memiliki kinerja diagnostik yang setara dengan Contrast-Enhanced T1 (CE-T1) yang merupakan urutan kontras yang umum digunakan dimana peranannya dalam membedakan antara GBM dan metastasis otak tunggal sangat penting.

Tabel 4. Kelebihan Dan Kekurangan Sekuen SWI

No	Jurnal	Kelebihan Sekuen SWI	Kekurangan Sekuen SWI
1	Charlie Chia-Tsong Hsu dkk, 2016	Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) dalam diagnosis glioblastoma terletak pada kemampuannya untuk memberikan gambaran internal tumor dengan resolusi tinggi. SWI sangat sensitif terhadap perbedaan susceptibilitas dalam jaringan, sehingga dapat dengan jelas memvisualisasikan neovaskularisasi, perdarahan, dan kalsifikasi di dalam glioblastoma serta dalam grading tumor lainnya.	Artefak pada daerah antarmuka udara-jaringan dapat membatasi evaluasi pada area dasar tengkorak, sehingga memerlukan interpretasi yang hati-hati dalam konteks glioblastoma yang dapat menyerang berbagai lokasi di otak. Selain itu, interpretasi SWI memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap perbedaan sensitivitas antara berbagai zat, seperti deoksihemoglobin, hemosiderin, dan kalsium, yang dapat memengaruhi representasi sinyal pada gambar SWI.
2	Antonio Di Ieva dkk, 2016	Kelebihan dari penggunaan Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) dalam diagnosis glioblastoma adalah kemampuannya untuk memberikan visualisasi yang sangat baik terhadap anatomi pembuluh darah otak, termasuk deteksi pembuluh darah kecil, produk darah, kalsifikasi, dan nekrosis. SWI juga dapat memberikan informasi mengenai pola-pola tertentu yang dapat berkorelasi dengan jenis tumor tertentu, seperti glioblastoma. Dengan kata lain, SWI dapat memberikan gambaran yang sangat rinci mengenai	Salah satu kekurangannya terletak pada variasi resolusi spasial yang terjadi seiring waktu karena perubahan teknik akuisisi yang dapat memengaruhi akurasi analisis fraktal terutama dalam mengamati detail-detail kecil pada citra dimana sudah cukup baik akan tetapi kemungkinan artefak dalam sekuen SWI sangatlah tinggi, seperti distorsi citra atau gangguan lapangan magnet yang dapat memengaruhi hasil analisis fraktal. Interpretasi gambar SWI dapat menjadi subjektif dan memerlukan tingkat keahlian yang tinggi dari radiolog atau praktisi medis yang

PERANAN SEKUEN SUSCEPTIBILITY WEIGHT IMAGING (SWI) PADA PEMERIKSAAN MRI BRAIN PADA KASUS TUMOR

		vaskularisasi dan karakteristik lesi pada otak	mengevaluasi hasil gambar. Selain itu, beberapa parameter seperti Fractal Dimension (FD) yang diukur dalam studi ini mungkin memerlukan analisis komputasional tambahan, yang dapat memerlukan perangkat lunak khusus dan pemahaman matematis yang lebih mendalam.
3	Ping Hong Lai dkk, 2016	Kelebihan SWI (Susceptibility-Weighted Imaging) dalam diagnosa glioblastoma terletak pada kemampuannya untuk menangkap sinyal dari produk darah paramagnetik dan vaskularitas vena, yang dapat membantu memvisualisasikan area perdarahan mikroskopis dan neovaskularitas di dalam tumor. Penggunaan SWI memberikan nilai tambah dengan menggambarkan intralesional susceptibility signal (ILSS), yang merupakan indikator semi-kuantitatif dari adanya substansi paramagnetik dalam lesi. ILSS dapat menjadi petunjuk penting dalam membedakan glioblastoma dari abses otak dan metastasis.	Ketergantungan pada fenomena susceptibility merupakan salah satu tantangan utama yang dapat membuat interpretasi citra menjadi kompleks dimana penilaian intralesional susceptibility signal (ILSS) yang digunakan dalam analisis SWI bersifat subyektif dan dapat bervariasi antara pengamat. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakpastian dalam interpretasi hasil. Meskipun SWI dapat membantu diferensiasi antara beberapa jenis lesi, keterbatasannya masih muncul ketika menghadapi variasi patologis atau klinis yang tidak biasa. Selain itu, SWI, seperti banyak teknik pencitraan lainnya rentan terhadap artefak dan noise, yang dapat mempengaruhi kualitas gambar dan interpretasi.
4	P Gupta Kumar dkk, 2018	SWI mampu memberikan visualisasi yang sangat baik terhadap vaskularitas tinggi, suatu karakteristik umum dari glioblastoma. Keunggulan lainnya terletak pada kemampuannya mendeteksi <i>susceptibility artifacts</i> , khususnya perubahan yang terjadi pada area perdarahan atau kalsifikasi di dalam tumor yang umumnya merupakan bagian dari Glioblastoma. 4	SWI mungkin tidak selalu dapat dengan tegas membedakan antara area perdarahan neoplastik dengan perdarahan non-tumor atau vaskularitas normal. Rentannya terhadap artefak dapat memengaruhi kualitas gambar, menjadi tantangan terutama di daerah-daerah sulit dijangkau atau berdekatan dengan struktur yang dapat menghasilkan artefak ⁴
5	Jui-Hsun Fu dkk, 2014	SWI berperan dalam membedakan Glioblastoma (GBM) dari entitas lain seperti abses otak dan metastasis nekrotik. Salah satu keuntungan signifikan dari SWI adalah kemampuannya untuk memanfaatkan perbedaan susceptibilitas magnetik dalam berbagai jaringan, memberikan informasi rinci tentang darah, zat besi, dan kalsifikasi. Integrasi gambar fase dan magnitudo meningkatkan visibilitas struktur berintensitas sinyal rendah yang	Interpretasi ILSS pada SWI bergantung pada analisis visual, membuatnya agak subyektif dan mungkin dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti orientasi irisan dan ketebalan.

		disebut "intratumoral susceptibility signals" (ILSS), yang dapat menunjukkan keberadaan zat paramagnetik yang terkait dengan nekrosis tumor, mikro bleeding dan mikrovaskuler.	
6	Hyunkoo Kang dkk, 2020	Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) merupakan metode dalam Magnetic Resonance Imaging (MRI) yang memanfaatkan perbedaan susceptibilitas antara jaringan. Kelebihan SWI termasuk meningkatkan visualisasi pembuluh darah kecil, micro hemorage dan deteksi zat besi dalam otak. Hal ini memungkinkan SWI untuk menunjukkan heterogenitas anatomi dan fungsional tumor otak dengan sensitivitas yang tinggi terhadap produk darah dan pembuluh darah vena. CE-SWI secara signifikan lebih bermanfaat dalam karakterisasi tumor dibandingkan dengan SWI tanpa kontras, terutama dalam visualisasi tepi tumor dan arsitektur internal tumor.	SWI dapat rentan terhadap artefak gerakan, seperti gerakan kepala atau pernapasan pasien, yang dapat mempengaruhi kualitas gambar. Artefak ini dapat mengurangi ketajaman dan kejelasan gambar, sehingga interpretasi dapat menjadi sulit. SWI sangat dipengaruhi oleh perbedaan susceptibilitas antara jaringan, sehingga kadang-kadang interpretasi gambar menjadi rumit jika ada variasi susceptibilitas yang kompleks seperti di daerah yang mengandung udara atau tulang.

Pembahasan

A. Peranan Sekuen Susceptibility Weighted Imaging (SWI) Pada Pemeriksaan MRI Brain Dengan Klinis Glioblastoma

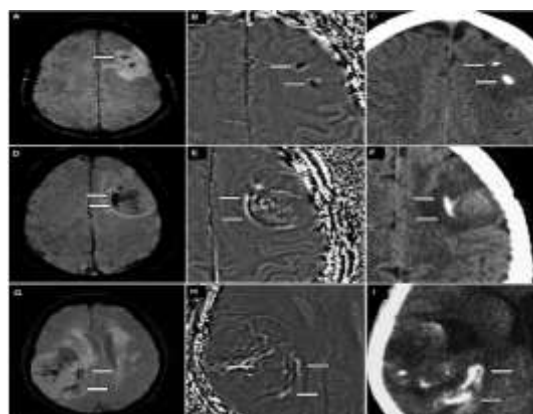
Glioblastoma, sebelumnya dikenal sebagai *glioblastoma multiforme* (GBM), adalah jenis glioma yang sangat ganas dan agresif. Ini adalah jenis tumor otak yang tumbuh dengan cepat, menyebar secara invasif, dan memiliki kecenderungan untuk menyebar ke jaringan otak yang sehat. Secara khusus, glioblastoma dikategorikan sebagai grade IV astrocytoma dan merupakan varian glioma yang paling umum. Dengan kata lain, perbedaan utama antara glioma dan glioblastoma terletak pada tingkat keganasan di mana glioblastoma merupakan jenis glioma yang paling ganas dan agresif yang umumnya terdapat banyak pembuluh darah juga kalsifikasi yang memperdarahi glioblastoma sehingga pertumbuhan dan penyebarannya cepat⁸. Glioblastoma didiagnosis melalui histopatologi yang menunjukkan atipia inti, aktivitas mitosis yang meningkat, proliferasi mikrovaskular, dan nekrosis pada tumor astrositoma²⁸

Berdasarkan ekstraksi data dan penyebaran hasil diatas, penulis dapat menyimpulkan bahwa salah satu peranan dari sekuen SWI pada pemeriksaan MRI brain dengan klinis

glioblastoma yaitu untuk mendeteksi produk degradasi darah, kalsifikasi, dan penumpukan zat besi. Dari keenam literatur diatas memaparkan bahwa sekuen SWI digunakan dalam penegakkan diagnosa tumor dikarenakan kemampuannya meningkatkan visualisasi pembuluh darah kecil bahkan ukuran mikro serta deteksi zat besi dalam otak termasuk juga mendeteksi anatomi vaskular halus dari sistem saraf pusat dalam keadaan fisiologis maupun patologis. Pada tumor, SWI memungkinkan penilaian pembuluh darah intratumoral, produk darah, kalsifikasi dan nekrosis serta penentuan stadium tumor tersebut ¹⁸.

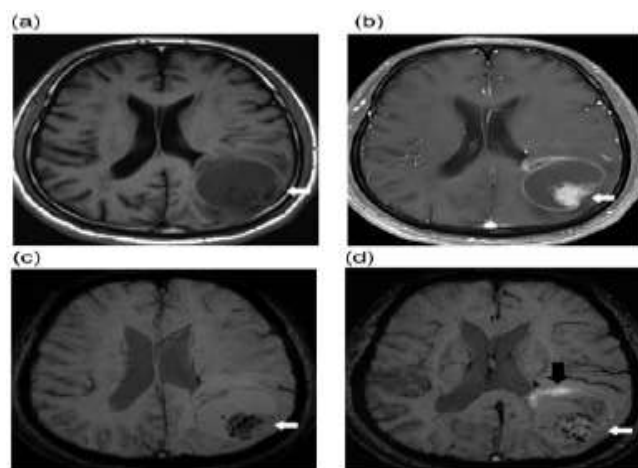
GBM dikenal sebagai tumor dengan vaskularitas yang tinggi dan infiltratif dimana ada korelasi yang kuat antara tingkat vaskularitas dan tingkat keganasan. Vaskularitas yang tinggi ini dapat menyebabkan terjadinya mikrohemorage di dalam tumor. Selain itu *astrocytoma grade IV* atau *Glioblastoma Multiforme* (GBM) juga dapat menunjukkan kalsifikasi yaitu area penumpukan kalsium di dalam tumor dimana kalsifikasi ini terdapat di sebagian besar kasus glioblastoma.

Gambaran kalsifikasi pada *Susceptibility-Weighted Imaging* (SWI) muncul sebagai area dengan intensitas sinyal rendah (hipointens) tetapi juga biasanya terdapat kalsifikasi yang tampak hiperintens pada gambaran SWI bergantung dari jenis kalsifikasi itu sendiri. Ini terjadi karena kalsifikasi dapat mencakup deposit kalsium atau bahan lain dengan *susceptibility* magnetik tinggi sehingga menghasilkan perubahan magnetik yang mempengaruhi intensitas sinyal pada gambar SWI. Ini karena zat-zat ini mempengaruhi medan magnetik secara berlebihan dan menciptakan perubahan sinyal yang terdeteksi oleh SWI. Kalsifikasi dapat muncul dalam berbagai bentuk dan distribusi tergantung pada jenis kalsifikasi dan konteks klinisnya yang dapat muncul sebagai bercak-bercak, garis-garis, atau bentuk-bentuk yang lebih kompleks tergantung pada sifat-sifat kimia dan fisik dari materi yang mengalami kalsifikasi. Pada kasus *Intratumoral Calcifications* atau *macrohemorrhages* sebagian besar menunjukkan sinyal yang mirip dengan vaskularitas intralesional pada SWI. Sedangkan kalsifikasi yang berupa penumpukan kalsium yang biasanya terdapat pada tepi tumor tampak lebih terang ^{8,14}.



Gambar 1 Baris pertama (A-C) menunjukkan seorang pasien perempuan berusia 40 tahun dengan glioma frontal kiri. Gambar SWI (A) menunjukkan dua fokus hipointens (panah) yang juga hipointens pada gambar fase (B), mengonfirmasi adanya kalsifikasi intratumoral. CT tanpa kontras yang sesuai (C) mengonfirmasi keberadaan kalsifikasi intratumoral. Baris kedua (D-F) menunjukkan seorang pria berusia 46 tahun dengan anaplastik glioma frontal kiri. Gambar SWI (D) menunjukkan sinyal intratumoral susceptibilitas tinggi (ITSS) dengan hipointensitas kurvilinier sepanjang tepi medial tumor (panah). Gambar fase (E) juga menunjukkan sinyal hipointens, menunjukkan kalsifikasi dinding tumor. CT tanpa kontras yang sesuai (F) mengonfirmasi keberadaan kalsifikasi dinding tumor. Baris ketiga (G-I) menunjukkan seorang pria berusia 60 tahun dengan anaplastik glioma frontoparietal kanan. Gambar SWI (G) menunjukkan ITSS tingkat tinggi, kista intratumoral, dan edema peritumoral yang signifikan. Gambar fase (H) menunjukkan sinyal hipointens seperti busur (panah) di tepi medial tumor, mengisyaratkan kemungkinan kalsifikasi tumor. CT tanpa kontras yang sesuai (I) menunjukkan kalsifikasi tumor yang luas, yang terlalu diestimasi pada gambar fase ¹⁴.

Microhemorage yang terlihat pada pencitraan SWI sebagai area intensitas sinyal rendah, dapat mencerminkan perdarahan kecil yang terjadi dalam atau sekitar tumor. Nekrosis juga dengan intensitas sinyal rendahnya, menunjukkan area kematian sel yang dapat menjadi petunjuk keganasan tumor.

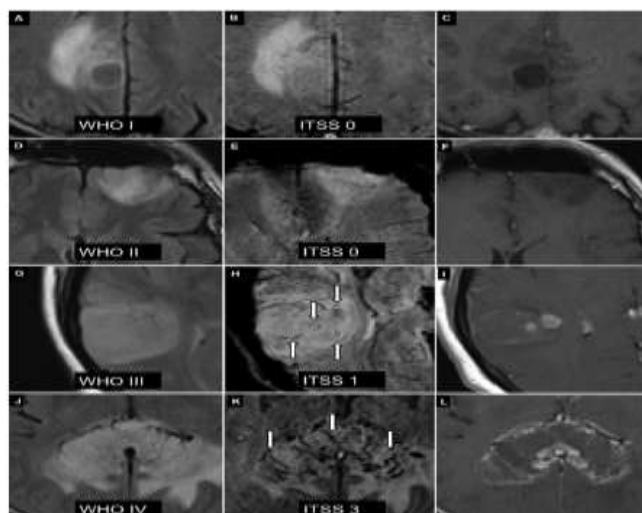


Gambar 2 Pasien pria berusia 68 tahun dengan glioma metastasis otak. (a) Lesi hampir tidak terlihat dengan penentuan tepi tumor yang buruk pada T1WI (panah). (b) T1WI pasca kontras. Peningkatan kuat dengan tajam menggambarkan batas lesi (tingkat 4). Komponen padat yang sangat meningkat dan tidak ada bagian nekrotik yang meningkat terlihat (panah). (c) Fokus hipointens yang ditandai terlihat di bagian padat lesi pada SWI, menunjukkan vaskularitas vena

yang meningkat dan perdarahan (panah). (d) Pasca kontras SWI. Fokus sinyal rendah terlihat, yang diinterpretasikan sebagai perdarahan dengan tepi tumor yang baik (panah). Selain itu, penguatan cerah menunjukkan baik jaringan tumor dan kerusakan penghalang darah-otak terlihat sepanjang tumor (panah hitam). SWI, gambaran weighted susceptibilitas; T1WI, gambaran weighted T1 ⁸.

Struktur kecil bersifat silindris dengan sinyal rendah yang dapat terlihat pada pencitraan SWI serta daerah tidak teratur dengan sinyal rendah diasumsikan sebagai pendarahan pada SWI. Komposisi sinyal dari batas tumor tampak berbeda adanya pendarahan, peningkatan vaskularitas, atau pembuluh darah pengisi umumnya terdapat pada bagian internal tumor itu sendiri.

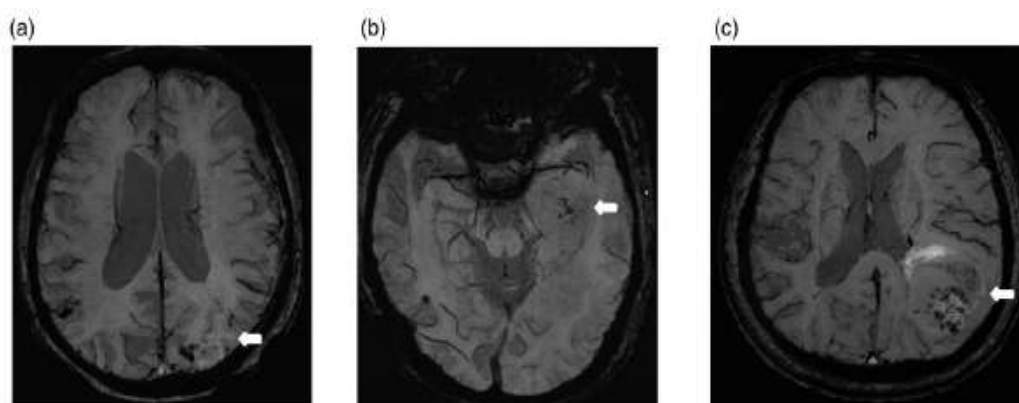
Penulis menemukan satu karakteristik penting yang dijelaskan dalam literatur diatas menurut Charlie Chia-Tsong Hsu dkk dan P Kumar Gupta dkk yaitu *Intratumoral Susceptibility Signal* (ITSS) berasal dari perdarahan mikro, neoangiogenesis, atau kalsifikasi. Pada dasarnya ITSS dianggap sebagai penanda visual dari perdarahan mikro, pembentukan pembuluh darah baru, atau adanya kalsifikasi di dalam tumor yang ditandai dengan area hipointens pada citra SWI dimana area tersebut mengacu pada area sinyal rendah berbentuk garis atau titik dalam tumor pada pencitraan SWI.



Gambar 3 Contoh hubungan antara tingkat histologis glioma menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan tingkat signal intensity and enhancement (ITSS). Glioma WHO I (A-C) dan WHO II (D-F) menunjukkan bahwa tidak ada ITSS atau enhancement yang terlihat. Glioma WHO III (G-I) dengan area transformasi ganas menunjukkan tingkat ITSS 1 pada

SWI (panah) dan peningkatan nodular yang sesuai pada gambar T1-weighted pasca kontras (panah) ¹⁴.

Teknik post processing yang umumnya dipakai yaitu *Quantitative Susceptibility Mapping* (QSM) yang bertujuan untuk membedakan antara deposit darah intratumoral dan kalsifikasi pada glioblastoma dengan pada jumlah yang ITSS tinggi. ITSS dapat memberikan berperan signifikan terhadap karakterisasi dan penilaian tingkat keparahan glioma.



Gambar 4. ITSS sebagai fokus linier atau fokus titik dengan intensitas sinyal rendah pada SWI. Frekuensi ITSS dievaluasi dan diberi grading pada skala 0–3 (a-c) (panah). Grade 0 didefinisikan sebagai tidak ada ITSS, grade 1 sebagai 1–5 (a), grade 2 sebagai 6–10 (b), dan grade 3 sebagai >10 (c) baik fokus linier atau titik dengan intensitas sinyal rendah pada SWI (panah) ⁸.

ITSS pada citra SWI dapat berbanding lurus dengan tingkat keganasan glioma berdasarkan histologi dimana semakin tinggi ITSS maka semakin tinggi tingkat keganasan suatu lesi atau tumor dimana hal ini mempengaruhi grading pada suatu lesi.

Dalam konteks di atas, grade tumor pada ITSS (Intratumoral Susceptibility Signals) dalam citra SWI (Susceptibility Weighted Imaging) dikorelasikan dengan frekuensi dan distribusi sinyal-sinyal tersebut di dalam tumor. Berdasarkan paparan di atas, grading ITSS mengikuti skema berikut

- a. Grade 0 (No ITSS): Tumor tidak menunjukkan adanya intratumoral susceptibility signals pada citra SWI. Tidak ada sinyal yang terdeteksi atau sinyal yang terdeteksi sangat sedikit.
- b. Grade 1 (1–5 ITSS): Terdapat 1 hingga 5 intratumoral susceptibility signals di dalam tumor pada citra SWI. Frekuensi rendah dari sinyal-sinyal ini mungkin menunjukkan vaskularitas yang rendah atau adanya beberapa fokus kecil dengan sinyal tersebut.
- c. Grade 2 (6–10 ITSS): Terdapat 6 hingga 10 intratumoral susceptibility signals di dalam tumor pada citra SWI. Frekuensi sedang dari sinyal-sinyal ini mungkin mencerminkan peningkatan vaskularitas atau adanya beberapa fokus dengan sinyal yang lebih signifikan.
- d. Grade 3 (>10 ITSS): Terdapat lebih dari 10 intratumoral susceptibility signals di dalam tumor pada citra SWI. Frekuensi tinggi dari sinyal-sinyal ini dapat mengindikasikan tingkat vaskularitas yang tinggi, atau adanya banyak fokus dengan sinyal yang signifikan.

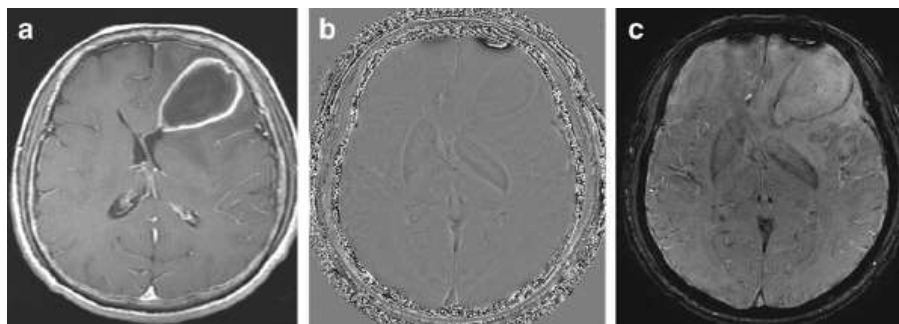
Selain ITSS, dalam konteks pemeriksaan glioblastoma menurut Antonio Di Ieva dkk dan Ping Hong Lai dkk *Intralesional Susceptibility Signal* (ILSS) memiliki peran penting yang fungsinya hampir sama dengan ITSS dalam mengevaluasi lesi yang diperkaya tepi (rim-enhancing lesions) pada gambaran SWI. Menurut 3 dan 5 ILSS pada pencitraan SWI lebih focus untuk menentukan dan membedakan antara glioblastoma dan abses. ILSS sendiri didefinisikan sebagai keberadaan struktur hipointens tubular atau berbentuk titik yang terlihat pada gambaran SWI. Dalam proses penilaian, sinyal rendah yang bersifat kabur atau tersebar (*fuzzy* atau *diffuse low signals*) yang muncul sebagai gambaran hipointens yang ringan atau campuran dari iso- hingga hipointens yang ringan pada SWI. Fungsi ILSS ini penting untuk membantu menilai tingkat keparahan dari lesi glioblastoma pada gambaran SWI. Faktor ini dapat memberikan petunjuk tambahan terkait dengan sifat dan karakteristik dari lesi tersebut. Tingkat ILSS kemudian ditetapkan menggunakan sistem empat tingkat berdasarkan penghitungan sederhana dari jumlah ILSS yang terlihat yaitu:

- a. Grade 0: Tidak ada ILSS.
- b. Grade 1: 1–5 ILSS.
- c. Grade 2: 6–10 ILSS.
- d. Grade 3: ≥ 11 ILSS.

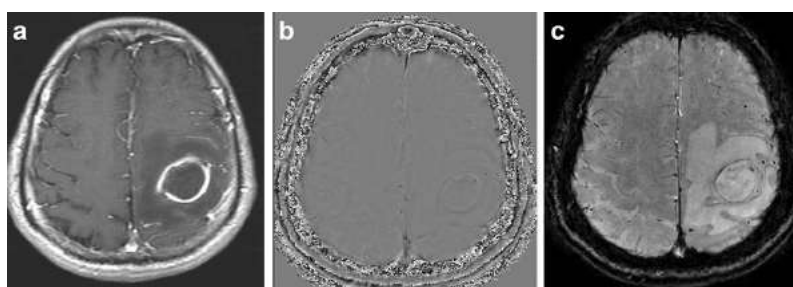
Menurut penelitian Jui-Hsun Fu dkk, dalam konteks perbedaan antara glioma dan abses, ILSS dapat menjadi petunjuk penting. ILSS terlihat sebagai struktur berbentuk tabung atau titik dengan sinyal rendah di dalam lesi massa. Pada glioma, ILSS dapat mencerminkan adanya pembuluh darah yang abnormal atau perdarahan mikroskopis. Sementara itu, pada abses, ILSS dapat terjadi karena adanya material yang peka terhadap kepekaan magnetik, seperti darah terdegradasi atau produk perdarahan.

Intralesional Susceptibility Signal (ILSS) dianalisis menggunakan metode kualitatif (QL) dan semi quantitative (SQ). SQ yaitu analisa yang lebih terarah pada pengukuran dan analisis sinyal secara kuantitatif. Dalam pengukuran ILSS pada pencitraan SWI, SQ melibatkan pengukuran dan penilaian sinyal secara angka atau skala numerik serta melibatkan penghitungan jumlah ILSS. Sementara QL Analysis lebih fokus pada deskripsi visual dan interpretasi sinyal secara umum

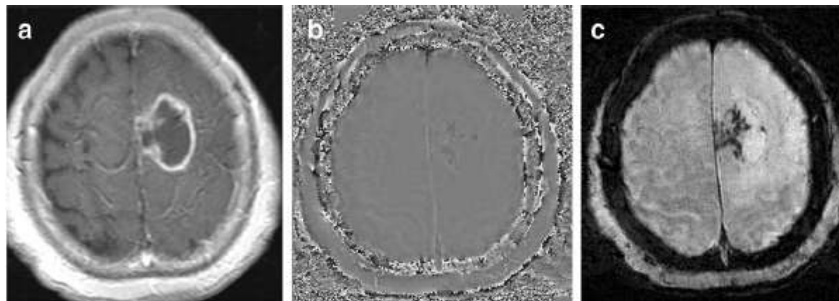
Analisis ROC curve menunjukkan bahwa model SQ lebih baik dalam membedakan abses dari glioblastoma dibandingkan dengan model QL, dan memiliki keunggulan yang lebih kecil saat membedakan glioblastoma dari metastasis. ILSS tampaknya memiliki peran diagnostik yang berbeda antara abses dan glioblastoma, terutama dalam analisis kualitatif. Analisis SQ, yang lebih menekankan pada kualitas dan tingkat ILSS, tampaknya memberikan informasi lebih baik dalam membedakan lesi otak ini daripada analisis QL yang bersifat kuantitatif ²⁷.



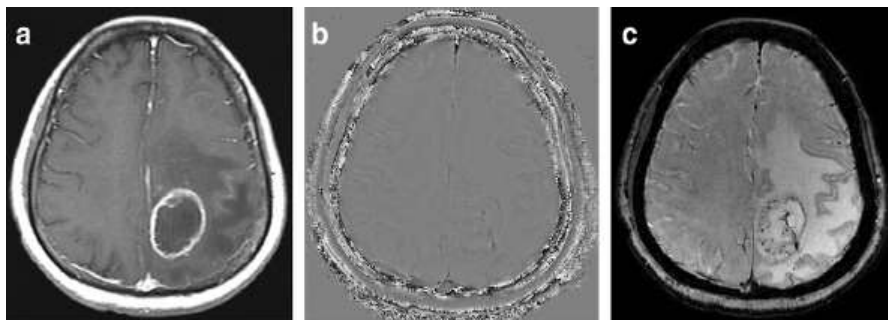
Gambar 5 Seorang pria berusia 51 tahun dengan abses otak. (a) Gambar T1 dengan pemberian kontras menunjukkan peningkatan kontras pada tepi lesi (b) Gambar fase yang dikoreksi (c) SWI yang menunjukkan tidak adanya sinyal (ILSS grade 0) di dalam massa tersebut ²⁷.



Gambar 6 Seorang wanita 60 tahun dengan abses otak. (a) Gambar T1 dengan pemberian kontras (b) Gambar fase yang dikoreksi (c) SWI dengan nilai susceptibilitas intralesional tingkat rendah (ILSS grade 1) dimana satu struktur mirip garis terlihat di dalam massa tersebut²⁷.



Gambar 7 Seorang wanita berusia 63 tahun dengan glioblastoma multiforme kistik/nekrotik. (a) Gambar T1 dengan pemberian kontras (b) Gambar fase yang dikoreksi (c) SWI dengan nilai susceptibilitas intralesional tingkat tinggi (ILSS grade 3) dengan struktur linear dan titik yang berkonvolusi terlihat di dalam massa tersebut²⁷.



Gambar 8 Wanita berusia 50 tahun dengan glioblastoma multiforme kistik/nekrotik. (a) Gambar T1 dengan pemberian kontras (b) Gambar fase yang dikoreksi (c) SWI dengan nilai susceptibilitas intralesional tingkat tinggi (ILSS grade 3), dengan struktur linear dan titik yang berkonvolusi terlihat di dalam massa tersebut

ILSS antara abses dan glioblastoma dalam analisis kuantitatif (QL) dan analisis kualitatif (SQ). Pada analisis QL, ILSS terlihat pada sebagian besar abses (57,2%), hampir semua glioblastoma (95,3%), dan sebagian besar metastasis (69,6%). Sementara pada analisis SQ, mayoritas abses menunjukkan tingkat ILSS rendah atau tidak ada (85,8%), sementara glioblastoma cenderung memiliki tingkat ILSS yang tinggi (76,2%).⁵

Dengan demikian, penulis menyimpulkan bahwa ITSS sendiri lebih focus pada grading suatu tumor dimana semakin tinggi nilai ITSS maka semakin tinggi grade tumor tersebut, sedangkan ILSS lebih focus untuk membedakan antara tumor, metastase atau abses dimana pada tumor nilai ILSS cenderung lebih tinggi dibandingkan abses dan metastase. Semakin tinggi grade tumor pada ITSS dan ILSS pada citra SWI semakin besar jumlah ITSS dan ILSS

yang terdeteksi. Korelasi ini dapat memberikan informasi tambahan tentang vaskularitas tumor, kalsifikasi serta nekrosis. Peningkatan grade ITSS dan ILSS sangat berpengaruh dengan peningkatan risiko atau keparahan suatu tumor atau massa.

B. Kelebihan Dan Kekurangan Sekuen *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) Pada Pemeriksaan MRI *Brain* Dengan Klinis Glioblastoma

1. Kelebihan Sekuen *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) Pada Pemeriksaan MRI *Brain* Dengan Klinis Glioblastoma

Menurut keenam artikel yang penulis *review* penggunaan sekuen *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) pada kasus massa dan glioblastoma yaitu memiliki keunggulan utama dalam memberikan gambaran internal tumor dengan resolusi tinggi. Kemampuan SWI yang sangat sensitif terhadap perbedaan susceptibilitas dalam jaringan memungkinkannya dengan jelas memvisualisasikan aspek-aspek kritis seperti neovaskularisasi, perdarahan, dan kalsifikasi di dalam glioblastoma, serta berkontribusi dalam grading tumor. Hal ini diperkuat karena keenam literatur mengatakan bahwa SWI menonjolkan kelebihannya dalam memberikan visualisasi yang sangat baik terhadap anatomi pembuluh darah otak, termasuk deteksi pembuluh darah kecil, produk darah, kalsifikasi, dan nekrosis. Informasi pola-pola tertentu yang dapat berkorelasi dengan jenis tumor tertentu seperti glioblastoma juga dapat diperoleh melalui SWI dimana SWI memberikan gambaran rinci mengenai vaskularisasi dan karakteristik lesi pada otak dimana tidak didapatkan pada sekuen lainnya.

Kelebihan lain dari SWI dalam diagnosa glioblastoma terletak pada kemampuannya untuk menangkap sinyal dari produk darah paramagnetik dan vaskularitas vena. Hal ini membantu memvisualisasikan area perdarahan mikroskopis dan neovaskularitas di dalam tumor. Menurut P Kumar Gupta dkk Hyunkoo Kang dkk penggunaan SWI memberikan nilai tambah dengan menggambarkan intralesional susceptibility signal (ILSS) dan Intratumoral Susceptibility Signal (ITSS) yang menjadi indikator semi-kuantitatif dari adanya substansi paramagnetik dalam lesi. Dengan demikian, SWI dapat memainkan peran penting dalam membedakan glioblastoma dari kondisi lain seperti abses otak dan metastasis. Selain itu, SWI mampu mendeteksi susceptibility artifacts, terutama perubahan yang terjadi pada area perdarahan atau kalsifikasi di dalam tumor, yang umumnya merupakan ciri khas dari Glioblastoma. Kelebihan SWI juga terlihat dalam kemampuannya untuk memanfaatkan

perbedaan susceptibilitas magnetik dalam berbagai jaringan, memberikan informasi rinci tentang darah, zat besi, dan kalsifikasi yang merupakan karakteristik lesi otak.

2. Kekurangan Sekuen *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) Pada Pemeriksaan MRI Brain Dengan Klinis Glioblastoma

Sekuen Susceptibility Weighted Imaging (SWI) memiliki beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan dalam konteks diagnosis glioblastoma. Pertama, adanya artefak pada daerah antarmuka udara-jaringan dapat membatasi evaluasi pada area dasar tengkorak. Hal ini memerlukan interpretasi yang hati-hati, terutama karena glioblastoma dapat menyerang berbagai lokasi di otak. Selain itu, variasi resolusi spasial yang terjadi seiring waktu dapat mempengaruhi akurasi analisis fraktal, yang penting dalam mengamati detail kecil pada citra. Ketergantungan pada fenomena *susceptibility* juga menjadi tantangan utama, dengan penilaian *intralesional susceptibility signal* (ILSS) bersifat subjektif dan dapat bervariasi antara pengamat.

Interpretasi gambar SWI dapat menjadi subjektif dan memerlukan tingkat keahlian yang tinggi dari radiolog atau praktisi medis. Parameter seperti *Fractal Dimension* (FD) memerlukan analisis komputasional tambahan, yang membutuhkan perangkat lunak khusus dan pemahaman matematis yang mendalam. Keterbatasan SWI muncul ketika menghadapi variasi patologis atau klinis yang tidak biasa, serta rentan terhadap artefak dan noise yang dapat memengaruhi kualitas gambar dan interpretasi.

SWI sangat sensitif dan rentan terhadap artefak gerakan, seperti gerakan kepala atau pernapasan pasien, yang dapat mengurangi ketajaman dan kejelasan gambar. Selain itu, kemampuannya dalam membedakan antara area perdarahan neoplastik dengan perdarahan non-tumor atau vaskularitas normal mungkin tidak selalu tegas. Interpretasi ILSS pada SWI bergantung pada analisis visual, menjadikannya agak subjektif dan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti orientasi irisan dan ketebalan. Dengan demikian, meskipun SWI dapat memberikan informasi penting dalam diferensiasi jenis lesi, kekurangan-kekurangan ini perlu diperhatikan dalam mengevaluasi gambar untuk diagnosis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari literatur review yang penulis susun mengenai peranan sekuen *Susceptibility Weighted Imaging* (SWI) Pada Pemeriksaan MRI Brain Dengan Klinis Glioblastoma adalah sebagai berikut:

1. *Susceptibility-Weighted Imaging* (SWI) pada MRI brain memiliki peran penting dalam mendeteksi produk degradasi darah, kalsifikasi, dan penumpukan zat besi pada glioblastoma. SWI memungkinkan visualisasi pembuluh darah kecil, deteksi zat besi, serta identifikasi area kalsifikasi dalam tumor, memberikan gambaran yang lebih detail tentang sifat dan keganasan glioblastoma. *Intratumoral Susceptibility Signal* (ITSS) pada citra SWI menjadi penanda visual yang berhubungan dengan perdarahan mikro, neoangiogenesis, dan kalsifikasi, memungkinkan grading tumor berdasarkan frekuensi dan distribusi sinyal-sinyal tersebut. Selain itu, *Intralesional Susceptibility Signal* (ILSS) juga memiliki peran penting dalam membedakan glioblastoma dari abses dan metastasis, dengan tingkat ILSS yang tinggi cenderung terkait dengan keparahan tumor. Dengan demikian, integrasi SWI dan analisis ITSS serta ILSS dapat memberikan kontribusi signifikan dalam karakterisasi, penilaian tingkat keganasan
2. *Susceptibility-Weighted Imaging* (SWI) pada diagnosis glioblastoma memiliki kelebihan dalam memberikan visualisasi internal tumor dengan resolusi tinggi. SWI sangat sensitif terhadap perbedaan susceptibilitas jaringan, memungkinkan deteksi neovaskularisasi, perdarahan, dan kalsifikasi di dalam glioblastoma, serta memberikan informasi rinci tentang anatomi pembuluh darah otak. Kelebihan SWI meliputi kemampuannya menggambarkan *Intratumoral Susceptibility Signal* (ITSS) dan *Intralesional Susceptibility Signal* (ILSS) dan meningkatkan visibilitas struktur berintensitas sinyal rendah. Meskipun demikian kekurangannya yaitu sensitive terhadap artefak, ketergantungan pada fenomena *susceptibility*, dan interpretasi subyektif menjadi aspek yang perlu diperhatikan.

Saran

Peneliti memberikan saran kepada praktisi di lapangan terutama pada pemeriksaan MRI Brain dengan klinis Glioblastoma ataupun pada kasus massa dan tumor lainnya serta penyakit yang ada kaitannya dengan kelainan pada pembuluh darah, kalsifikasi atau nekrosis yang belum menggunakan sekuen SWI untuk dapat mempertimbangkan penggunaan sekuen SWI. Sekuen SWI dapat menjadi sekuen pembanding dengan berbagai sekuen lainnya untuk diagnosa kasus tumor atau massa terutama glioblastoma untuk mendapatkan akurasi diagnosa yang baik dalam suatu protokol pemeriksaan

DAFTAR PUSTAKA

- Paulsen F, Waschke J. Sobotta Atlas of Anatomy. 2018. p. 1376.
- Sun H, Liu X, Feng X, Liu C, Zhu N, Gjerswold-Selleck SJ, et al. Substituting Gadolinium in Brain MRI Using DeepContrast. *Proc - Int Symp Biomed Imaging*. 2020;2020-April(January):908–12.
- Narang A, Aggarwal V, Kavita D, Maheshwari C, Bansal P. Cerebral pilocytic astrocytoma with spontaneous intratumoral haemorrhage in the elderly - a rare entity. *Rom Neurosurg*. 2019 Jun 15;156–9.
- Louis DN, Perry A, Wesseling P, Brat DJ, Cree IA, Figarella-Branger D, et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: A summary. *Neuro Oncol*. 2021;23(8):1231–51.
- Ostrom QT, Francis SS, Barnholtz-Sloan JS. Epidemiology of Brain and Other CNS Tumors. *Curr Neurol Neurosci Rep* [Internet]. 2021;21(12). Available from: <https://doi.org/10.1007/s11910-021-01152-9>
- Aninditha T, Pratama PY, Sofyan HR, Imran D, Estiasari R, Octaviana F, et al. Adults brain tumor in Cipto Mangunkusumo General Hospital: A descriptive epidemiology. *Rom J Neurol Rev Rom Neurol*. 2021;20(4):480–4.
- Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin*. 2021;71(3):209–49.
- Kang H, Jang S. The diagnostic value of postcontrast susceptibility-weighted imaging in the assessment of intracranial brain neoplasm at 3T. *Acta radiol*. 2021;62(6):791–8.
- Catherine Westbrook JT. *MRI In Practice*. 1st ed. Vol. 4. 2019. 88–100 p.
- Piao S, Luo X, Bao Y, Hu B, Liu X, Zhu Y, et al. An MRI-based joint model of radiomics and spatial distribution differentiates autoimmune encephalitis from low-grade diffuse astrocytoma. *Front Neurol*. 2022;13.
- Elmaoglu M, Azim Celik. *MRI Handbook MR Physics, Patient Positioning and Protocols*. 1st editio. Springer New York Dordrecht Heidelberg London. Antalya Turkey: Springer; 2012. 12–26 p.
- Torsten B. Moeller ER. *MRI Parameters and Positioning*, 2nd Edition. Thieme. Nuevos sistemas de comunicación e información. 2010. 2013–2015 p.
- Parry AH, Wani AH, Shaheen FA, Wani AA, Feroz Im, Ilyas MD. Evaluation of intracranial tuberculomas using diffusion-weighted imaging (DWI), magnetic resonance spectroscopy (MRS) and susceptibility weighted imaging (SWI). *Br J Radiol*. 2018;91(1091).
- Hsu CCT, Watkins TW, Kwan GNC, Haacke EM. Susceptibility-Weighted Imaging of Glioma: Update on Current Imaging Status and Future Directions. *J Neuroimaging*. 2016;26(4):383–90.
- Mohammed W, Xunning H, Haibin S, Jingzhi M. Clinical applications of susceptibility-weighted imaging in detecting and grading intracranial gliomas: A review. *Cancer Imaging*. 2013;13(2):186–95.
- Kim JY, Jung TY, Lee KH, Kim SK. Subependymal Giant Cell Astrocytoma Presenting with Tumoral Bleeding: A Case Report. *Brain Tumor Res Treat*. 2017;5(1):37.
- Phuttharak W, Wannasarnmetha M, Lueangingkasut P, Waraasawapati S, Mukherji SK. Differentiation between germinoma and other pineal region tumors using diffusion-and susceptibility-weighted MRI. *Eur J Radiol* [Internet]. 2023;159(November 2022):110663. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2022.110663>

- Di Ieva A, Le Reste PJ, Carsin-Nicol B, Ferre JC, Cusimano MD. Diagnostic Value of Fractal Analysis for the Differentiation of Brain Tumors Using 3-Tesla Magnetic Resonance Susceptibility-Weighted Imaging. *Neurosurgery*. 2016;79(6):839–45.
- Aker L, Abandeh L, Abdelhady M, Aboughalia H, Vattoth S. Susceptibility-weighted Imaging in Neuroradiology: Practical Imaging Principles, Pearls and Pitfalls. *Curr Probl Diagn Radiol* [Internet]. 2022;51(4):568–78. Available from: <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2021.05.001>
- Saini J, Kumar Gupta P, Awasthi A, Pandey CM, Singh A, Patir R, et al. Multiparametric imaging-based differentiation of lymphoma and glioblastoma: using T1-perfusion, diffusion, and susceptibility-weighted MRI. *Clin Radiol* [Internet]. 2018;73(11):986.e7-986.e15. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2018.07.107>
- Hakim A, Oertel M, Wiest R. Pyogenic brain abscess with atypical features resembling glioblastoma in advanced MRI imaging. *Radiol Case Reports* [Internet]. 2017;12(2):365–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.radcr.2016.12.007>
- Falk Delgado A, Van Westen D, Nilsson M, Knutsson L, Sundgren PC, Larsson EM, et al. Diagnostic value of alternative techniques to gadolinium-based contrast agents in MR neuroimaging—a comprehensive overview. *Insights Imaging*. 2019;10(1):1–15.
- McFaline-Figueroa JR, Lee EQ. Brain Tumors. *Am J Med* [Internet]. 2018;131(8):874–82. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2017.12.039>
- Osborn AG, Louis DN, Poussaint TY, Linscott LL, Salzman KL. The 2021 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: What Neuroradiologists Need to Know. *Am J Neuroradiol*. 2022;43(7):928–37.
- Martucci M, Russo R, Schimperia F, D’Apolito G, Panfili M, Grimaldi A, et al. Magnetic Resonance Imaging of Primary Adult Brain Tumors: State of the Art and Future Perspectives. *Biomedicines*. 2023;11(2).
- Catherine Westbrook. *Handbook of MRI Technique*. Fourth Edi. Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ U, editor. Vol. 4, John Wiley & Sons, Ltd. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK; 2014. 88–100 p.
- Fu JH, Chuang TC, Chung HW, Chang HC, Lin HS, Hsu SS, et al. Discriminating pyogenic brain abscesses, necrotic glioblastomas, and necrotic metastatic brain tumors by means of susceptibility-weighted imaging. *Eur Radiol*. 2015;25(5):1413–20.
- Lai PH, Chung HW, Chang HC, Fu JH, Wang PC, Hsu SH, et al. Susceptibility-weighted imaging provides complementary value to diffusion-weighted imaging in the differentiation between pyogenic brain abscesses, necrotic glioblastomas, and necrotic metastatic brain tumors. Vol. 117, *European Journal of Radiology*. 2019. p. 56–61.