

PERANAN SEQUENCE SWI (SUSCEPTIBILITY WEIGHTED IMAGING) PADA PEMERIKSAAN MRI BRAIN KLINIS PARKINSON

Eva Maulidiana Hikmah

AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali

I Putu Eka Juliantara

AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali

Nadra

Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang

Korespondensi penulis: eva.hikmah99@gmail.com

Abstract. *The Role of SWI (Susceptibility Weighted Imaging) Sequence in Clinical Parkinson's MRI Brain Imaging. Magnetic Resonance Imaging (MRI) is a technique for imaging body crossings based on the principle of magnetic resonance of hydrogen atoms. Brain MRI examination aims to see anatomy and abnormalities within the brain to establish clinical diagnosis, pathological abnormalities, tumors, and surrounding abnormalities. Imaging examinations are also conducted to find other causes of Parkinsonism. Head MRI is one of the non-invasive examinations performed to help confirm the diagnosis of Parkinson's disease. This study aims to determine the procedure for Brain MRI examination with Parkinson's clinical and to determine the sequence information SWI (Susceptibility Weighted Imaging) can establish clinical diagnosis of Parkinson's. This study is qualitative descriptive with a case study approach. The subject consists of three patients with clinical Parkinson's. All subjects performed MRI brain 3 tesla examinations to determine the procedure and sequence information used. The research results were obtained according to the theory using an additional 2 mm sequence, while in the field using 0.9 mm sequence the examination was conducted using the head coil of the patient's position, namely supine, head first. Sequences used in field inspections are AAHead Scout, t1 fl2d transversal, t2 tse (time spin echo) dark fluid transversal, t2 tse (time spin echo) transversal, ep2d diff (diffusion) 4scan trace, asl 3d transversal, tof cs carotids, flow pc3d MRV (magnetic resonance venography), tof brain MRA (magnetic resonance angiography), t2 swi (susceptibility weighted imaging) 3d transversal 0.9 mm. The thin axial sequence of 0.9 mm is more likely to see Parkinson's anatomical abnormalities, higher SNR and better spatial resolution than using a 2 mm slice thickness.*

Keywords: *Magnetic Resonance Imaging (MRI); Prosedur MRI Brain; Parkinson Clinical; sequence Susceptibility Weighted Imaging (SWI)*

Abstrak. Peranan Sequence SWI (Susceptibility Weighted Imaging) pada Pemeriksaan MRI Brain Klinis Parkinson. Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah suatu teknik penggambaran penampang tubuh berdasarkan prinsip resonansi magnetik inti atom hydrogen. Pemeriksaan MRI Brain tujuannya untuk melihat anatomi dan kelainan di dalam otak untuk menegakkan diagnosa klinis, kelainan patologis, tumor serta kelainan di sekitarnya. Pemeriksaan imaging juga dilakukan untuk mencari penyebab parkinsonism lainnya. MRI kepala merupakan salah satu pemeriksaan non-invasif yang dilakukan untuk membantu penegakkan diagnosis penyakit parkinson. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peranan pemeriksaan MRI Brain dengan klinis Parkinson dan untuk mengetahui informasi sequence SWI (Susceptibility Weighted Imaging) dapat menegakkan diagnosa klinis parkinson. Penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Subjek terdiri dari 3 pasien dengan klinis parkinson. Semua subjek dilakukan pemeriksaan MRI brain 3 tesla untuk mengetahui sequence dan prosedur dan informasi sequence yang digunakan. Dari hasil penelitian didapatkan menurut teori menggunakan tambahan sequence 2 mm, sedangkan di lapangan menggunakan sequence 0.9 mm Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan head coil posisi pasien yaitu supine, head first. Sequence-sequence yang digunakan dalam pemeriksaan di lapangan adalah AAHead Scout, t1 fl2d transversal, t2 tse (time spin echo) darkfluid transversal, t2 tse (time spin echo) transversal, ep2d diff (diffusion) 4scan trace, asl (arterial spin labeling) 3d transversal, tof cs carotids, flow pc3d MRV (magnetic resonance venography), tof brain MRA (magnetic resonance angiography), t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm. Potongan sequence axial yang tipis yaitu 0.9 mm lebih memungkinkan untuk melihat kelainan anatomi yaitu Parkinson, SNR lebih tinggi dan resolusi spasial lebih baik daripada menggunakan sequence dengan slice thickness 2 mm.

Kata kunci: Magnetic Resonance Imaging (MRI); Prosedur MRI Brain; Klinis Parkinson; sequence SWI (Susceptibility Weighted Imaging)

PENDAHULUAN

Teknik penggambaran MRI relatif kompleks, karena gambaran yang dihasilkan tergantung pada banyak parameter. Modalitas MRI tersebut memiliki kemampuan membuat gambaran potongan coronal, sagital maupun aksial tanpa banyak memanipulasi tubuh pasien. MRI sensitif untuk mendeteksi beberapa kelainan pada jaringan lunak seperti otak, sumsum tulang belakang dan muskuloskeletal. MRI mampu memberi gambaran detail anatomi dengan lebih jelas, mampu melakukan pemeriksaan difusi, perfusi dan spektroskopi, dan tidak menggunakan radiasi pengion. Dalam pemeriksaan MRI Brain tujuannya untuk melihat anatomi dan kelainan di dalam otak untuk menegakkan diagnose klinis, kelainan patologis, tumor serta kelainan di sekitarnya.

Pemeriksaan imaging biasanya hanya dilakukan untuk mencari penyebab parkinsonism lainnya. MRI kepala merupakan salah satu pemeriksaan non-invasif yang

dilakukan untuk membantu penegakkan diagnosis Penyakit Parkinson dan menyingkirkan diagnosis parkinsonisme lainnya.³ Sekuen yang digunakan pada pemeriksaan MRI kepala Brain meliputi sekuens T1 spin echo sagital, T1 spin echo axial, T1 gradien echo 3D, T2 fast spin echo axial, T2 fast spin echo coronal serta T2 fast spin echo 3D. Peneliti mengkaji lebih lanjut bahwa terdapat perbedaan sequence pada pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson yaitu penambahan SWI khusus di lapangan dan teori. Pemeriksaan ini menggunakan sequence yang berbeda dengan teoritis yang ada.

METODE

Penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Subjek terdiri dari 3 pasien dengan klinis parkinson. Semua subjek dilakukan pemeriksaan MRI brain 3 tesla untuk mengetahui sequence dan informasi sequence yang digunakan. Penelitian ini dilakukan salah satu rumah sakit di Jakarta, dari tanggal 07 November 2022 sampai 07 Februari 2023. Data yang diperoleh diolah dan dianalisa secara deskriptif setelah melakukan pencatatan informasi selama 3 bulan di lapangan. Teknik pengumpulan data peneliti melakukan observasi, wawancara, dan dokumentasi. Responden yang berperan dalam penelitian ini adalah 3 orang radiografer dan 1 orang radiolog. Analisa data dimulai dari melakukan observasi sequence pemeriksaan MRI Brain dengan klinis parkinson selama tiga bulan salah satu rumah sakit di Jakarta, dan melakukan tanya jawab kepada A1, R1, R2, dan R3 tentang peranan sequence SWI (susceptibility weighted imaging) pada pemeriksaan MRI brain klinis parkinson.

Kriteria pasien yang dijadikan sampel penelitian ini adalah memiliki diagnosa klinis parkinson, tidak menggunakan benda-benda logam seperti jam tangan, ring jantung, gigi palsu dan lain-lain, dilakukan pemeriksaan MRI Brain, tidak memiliki phobia claustrophobia. Kriteria radiografer yang menjadi responden penelitian ini adalah memiliki skill basic tentang sequence pemeriksaan MRI, ijazah terakhir lulusan radiologi, menguasai teknik pemeriksaan MRI Brain, mempunyai STR yang masih aktif. Kriteria radiolog yang menjadi responden penelitian ini adalah dapat mendiagnosa pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson, ijazah terakhir lulusan dokter spesialis radiologi, mempunyai STR yang masih aktif

HASIL

Pada penelitian ini sampel, peneliti mengambil sampel 3 orang pasien dengan klinis parkinson dari periode 07 November 2022 sampai 07 Februari 2023 salah satu rumah sakit di Jakarta. Penyakit Parkinson dapat ditandai dengan tremor istirahat, kekakuan, bradikinesia dan instabilitas postural disertai dengan gejala non- motorik abnormal menyebabkan perubahan distribusi dan konsentrasi besi di otak, dan dengan demikian mengubah kerentanan jaringan.

Tujuan penambahan Sequence Susceptibility Weighted Imaging (SWI) untuk sangat sensitif untuk mendeteksi produk darah (hemosiderin, ferritin), darah terdeoksigenasi, kalsium, besi, dan gambaran vena kecil. Kegunaan SWI pada klinis parkinson untuk membedakan kalsium dan darah memiliki implikasi yang menarik yang mengarah ke sensitivitas dan spesifisitas diagnostik yang lebih baik. Protokol pemeriksaan MRI brain menurut teori adalah menggunakan sequence-sequence SE/FSE/incoherent (spoiled) GRE pembobotan T1 potongan sagital, SE/FSE/TSE pembobotan PD/T2 potongan axial/oblique, SE/FSE PD/T2 potongan coronal, dan Sekuen tambahan yang digunakan adalah Sekuen Inversion Recovery (IR) pembobotan T1 potongan axial/oblique, FLAIR atau EPI potongan axial/oblique, SE/FSE/incoherent (spoiled) GRE pembobotan T1 potongan axial/oblique, SS-FSE pembobotan T2, 3D incoherent (spoiled) GRE T1 potongan axial, GRE/EPI pembobotan T1/T2 potongan axial/oblique, SE MT potongan axial/oblique, DWI potongan axial, Diffusion Tensor Imaging (DTI), Perfusion imaging potongan axial.

Selama pemeriksaan pasien diinstruksikan untuk tidak bergerak. Lalu diberikan tombol emergency jika perlu bantuan petugas akan siap membantu. Lalu pemeriksaan dimulai dari positioning, editing

PEMBAHASAN

Menurut penelitian Yun Jung Bae, dkk (2021) dengan judul “Imaging the Substantia Nigra in Parkinson Disease and Other Parkinsonian Syndromes”. Menjelaskan bahwa penyakit parkinson ditandai dengan hilangnya sel dopaminergik di substansia nigra otak tengah. . Kemajuan terbaru dalam MRI telah memungkinkan penjelasan tentang

perubahan patofisiologis yang mendasari struktur nigra. Ini telah berkontribusi pada diagnosis yang akurat dan dini dan telah meningkatkan pemantauan perkembangan penyakit. Menggunakan tambahan sequence khusus SWI dengan slice thickness 2 mm.

Menurut penelitian dari Lirong Jin, dkk (2011) dengan judul “Decreased Serum Ceruloplasmin Levels Characteristically Aggravate Nigral Iron Deposition In Parkinson’s Disease” melakukan penelitian terhadap pasien yang menderita Parkinson. Pencitraan fase tertimbang kerentanan menggunakan parameter berikut: waktu pengulangan = 36 ms, waktu gema = 20 ms, sudut balik = 20 derajat. Sebanyak 28 irisan dikumpulkan dengan ketebalan irisan 2 mm dan ukuran matriks 320 x 256 (Nx x Ny). Bidang pandang = 24 cm. Kompensasi aliran diterapkan. Gambar fase dan magnitudo diperoleh, tetapi hanya data fase yang digunakan dalam analisis lebih lanjut.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhijuan Mao MD, PhD dan Ying Yu MD, PhD (2022) dengan judul “Diagnostic Performance of Putaminal Hypointensity on Susceptibility MRI in Distinguishing Parkinson Disease from Progressive Supranuclear Palsy: A Meta-Analysis” menyatakan bahwa idiopathic Penyakit Parkinson (IPD) dan kelompok supranuklear progresif (PSP) memiliki tanda dan gejala klinis yang serupa, membuat diagnosis klinis yang akurat menjadi sulit. Gema gradien T2* (T2* GRE), pencitraan tertimbang kerentanan (SWI), dan pemetaan kerentanan kuantitatif (QSM) adalah urutan pencitraan MR kerentanan yang memberikan lebih banyak informasi tentang kadar zat besi otak daripada pencitraan MR konvensional lainnya. Tujuan: Tujuan Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan diagnostik hipointensitas putaminal pada T2* GRE, SWI, dan QSM dalam membedakan PSP dari IPD. Menggunakan parameter Ketebalan irisan yang digunakan berkisar antara 2 hingga 5 mm, dan jarak antar irisan bervariasi dari 0 hingga 2 mm.

Menurut hasil penelitian dari Zhenghui Cheng, dkk (2019). Mengenai MRI Brain klinis Parkinson Parkinson's disease (PD) adalah penyakit neuro-degeneratif progresif kronis yang heterogen secara klinis dengan hilangnya neuron dopaminergik di wilayah nigrosome 1 (N1) dari substantia nigra pars compacta (SNpc). Hingga saat ini, telah ada upaya besar untuk mengidentifikasi perubahan di wilayah N1 dengan memantau peningkatan zat besi di SNpc. Tidak ada protokol standar yang digunakan untuk memvisualisasikan atau mengkarakterisasi wilayah N1. Parameter yang digunakan

penulis dianggap berasal dari resolusi yang lebih rendah yang digunakan dalam penelitian mereka ($0,63 \text{ mm} \times 0,63 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$). Dalam penelitian kami, sensitivitas dan spesifisitas tanda N1 menggunakan tSWI dalam membedakan HC dari IPD dan PDS masing-masing adalah 85%/86% dan 91%/86%, yang mirip dengan hasil dalam makalah lain ini.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Y. Wang S.R, dkk (2012) tentang parkinson pada pemeriksaan Brain. Menggunakan enam belas pasien dengan IPD, 8 dengan MSA-P, dan 44 kontrol sehat yang sesuai usia menjalani SWI otak. Pergeseran fase yang berbeda serta persentase besi yang tinggi dari area di beberapa inti abu-abu dievaluasi secara statistik. Putamen dibagi menjadi 4 subkawasan untuk analisis lebih lanjut. SWI diperoleh sejajar dengan garis komisura anterior/posterior dengan parameter berikut; TR = 57 ms, TE = 40 ms, flip angle = 15° , ketebalan penampang = 2 mm, FOV = 256 mm, ukuran matriks ($N_x \times N_y$) = 512×256 . Gambar fase dan magnitudo diperoleh, tetapi hanya fase data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut dalam penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Deepak Gupta, dkk (2010) dengan judul “Utility Of Susceptibility-Weighted MRI In Differentiating Parkinson’s Disease And Atypical Parkinsonism”. Parameter pencitraan berikut digunakan untuk SWI: TR=48 ms, TE=40 ms, flip angle= 20° , bandwidth = 80 kHz, ukuran matriks= 512×256 , ketebalan irisan= 2 mm dengan 56 irisan dalam satu lempengan, dan faktor Teknik Akuisisi Paralel (iPAT) terintegrasi = 2. Waktu akuisisi adalah 2,58 menit. Postprocessing dilakukan, dan 12 slab proyeksi intensitas minimum tebal (mIP) dihasilkan. Gambar yang diperoleh kemudian ditinjau pada workstation DS3000 Impax, versi 4.5 (Agfa-Gevaert, Mortsel, Belgia). SWI menunjukkan pola mineralisasi otak yang berbeda pada kelompok PD, PSP, dan MSA-P yang didiagnosis secara klinis dan dapat dianggap sebagai protokol MR tambahan untuk membantu membedakan kondisi ini.

Keuntungan dengan adanya t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm untuk melihat nigrosom dan pendarahan abnormal”. Menurut teori salah satu jurnal (Yun Jung Bae dkk , 2021) yang dijelaskan bahwa ada penambahan SWI khusus dalam pemeriksaan MRI brain klinis Parkinson dengan slice thickness SWI t2 swi (susceptibility weighted imaging) transversal 2 mm.8 Peranan sequence Susceptibility Weighted Imaging (SWI) khusus “t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm” salah satu rumah sakit di Jakarta pada klinis Parkinson tujuannya untuk

mengetahui informasi lebih akurat kelainan yang terjadi di dalam Brain sekaligus untuk mengakkan diagnosa. Potongan sequence axial yang tipis yaitu 0.9 mm lebih memungkinkan untuk melihat kelainan anatomi yaitu Parkinson, sekaligus untuk melihat syaraf (system neurologis) lebih jelas dan SNR (signal noise ratio) lebih tinggi dan resolusi spasial lebih baik daripada gambar yang menggunakan sequence 2 mm.

“Prosedur pemeriksaan pada MRI Brain klinis parkinson adalah sebelum masuk ruang MRI pasien mengenakan baju pasien di ruang ganti. Setelah itu di anamnase pasien tidak boleh menggunakan benda logam seperti jam tangan, jepit rambut, hp, dan barang logam lainnya. Selama pemeriksaan pasien diinstruksikan untuk tidak bergerak. Lalu diberikan tombol emergency jika perlu bantuan petugas akan siap membantu. Lalu pemeriksaan dimulai dari positioning, edipting sampai printing. Sequence yang digunakan pada pemeriksaan MRI Brain Parkinson AAHead Scout,tl fl2d transversal,t2 tse (time spin echo) darkfluid transversal, t2 tse (time spin echo) transversal, ep2d diff (diffusion) 4scan trace,asl (arterial spin labeling) 3d transversal, tof cs carotids,flow pc3d MRV (magnetic resonance venography), tof brain MRA (magnetic resonance angiography), t2 swi3d (susceptibility weigthed imaging) transversal 0.9 mm.

Tujuan memakai SWI khusus pada Parkinson untuk melihat anatomi yang lebih jelas khususnya mickey mouse (nigrosum dan swallow tile). Wajib memakai SWI t2 swi3d (susceptibility weigthed imaging) transversal 0.9 mm, untuk memperjelas anatomi Parkinson.

Jenis coil yang dipakai head dan body coil. Keuntungan memakai SWI khusus untuk melihat anatomi neurologis lebih detail keseimbangan kanan kirinya mickey mouse (swallow tile). Wajib memakai sequence SWI khusus untuk membantu dokter dalam mendiagnosa Parkinson ” yang dikatakan oleh 3 responden radiografer dengan pengkodean R1,R2,R3 (2023).

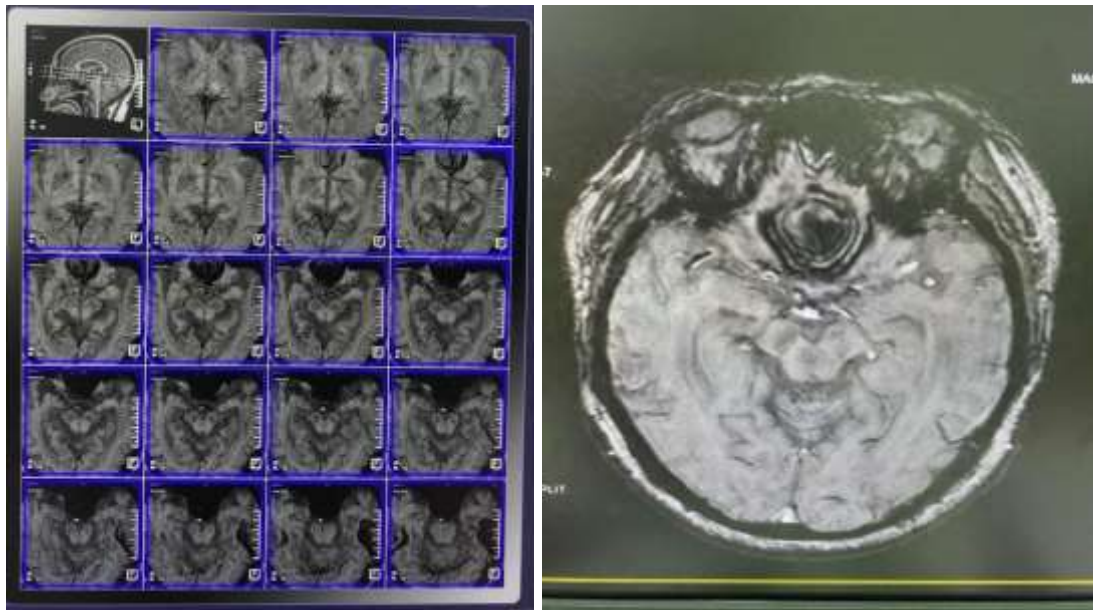
“Penggunaan SWI t2 swi3d (susceptibility weigthed imaging) transversal 0.9 mm bisa menegaskan diagnosa itu yang biasanya diminta, dan kita mendiagnosa nigrosum. Kalau pada gambaran normalnya nigrosum berbentuk swallow tile, dan gambaran swallow tile dan nigrosum yang menjadi patokan melihat SWI bagus atau tidak. Jika gambaran SWI nya tidak bagus swallow tile nya tidak jelas dan langsung di diagnose Parkinson. Swallow tile bentuknya seperti sayap burung. Jika ada permintaan kontras

boleh dilakukan tergantung klinisnya apa dan memenuhi syarat bisa dilakukan dengan kontras. Boleh dilakukan anastesi jika ada pasien yang gelisah asalkan klinisnya dapat dianastesi. Keuntungan dengan adanya t2 swi3d (susceptibility weighed imaging) transversal 0.9 mm untuk melihat nigrosum dan pendarahan abnormal” yang dikatakan oleh 1 responden radiolog dengan pengkodean A1, (2023).

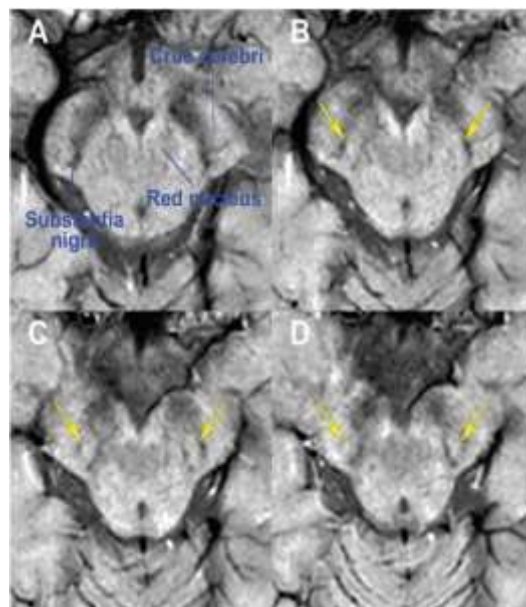
Sequence yang digunakan pada pemeriksaan MRI Brain Parkinson AAHead Scout, t1 fl2d tra, t2 tse darkfluid tra, t2 tse tra, ep2d diff 4scan trace, asl 3d tra, tof cs carotids, flow pc3d MRV, tof brain MRA, t2 swi3d tra 0.9 mm. Tujuan memakai SWI khusus pada Parkinson untuk melihat anatomi yang lebih jelas khususnya mickey mouse (nigrosum dan swallow tile). Wajib memakai SWI t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm, untuk memperjelas anatomi Parkinson. Jenis coil yang dipakai head dan body coil. Keuntungan memakai SI khusus untuk melihat anatomi neurologis lebih detail keseimbangan kanan kirinya mickey mouse (swallow tile). Wajib memakai sequence SWI khusus untuk membantu dokter dalam mendiagnosa Parkinson”.

Hasil pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson hasil anatomi yang harus ditampilkan adalah nigrosum. Dalam nigrosum normalnya berbentuk swallow tile yang menjadi patokan dalam diagnose Parkinson. Jika gambaran swallow tile nya tidak bagus dan tidak jelas maka diagnosanya Parkinson. Lebih baik menggunakan sequence “t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm” daripada t2 swi tra 2 mm karena lebih detail potongannya dan dapat memperjelas kelainan patologis pada pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson. Hasil scanning pada sequence khusus Sequence Susceptibility Weighted Imaging (SWI) pada pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson yang digunakan salah satu rumah sakit di Jakarta menggunakan “t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm” sedangkan dalam teori yang diteliti oleh Yun Jung Bae dkk, (2021) menggunakan sequence “t2 swi tra 2 mm”.

Berikut ini hasil scanning dari Sequence Susceptibility Weighted Imaging (SWI):



Gambar 1. Hasil citra *sequence SWI t2 swi3d (susceptibility weighted imaging)* transversal 0,9 mm



Gambar 2. Hasil citra *sequence SWI t2 swi3d (susceptibility weighted imaging)* 2 mm
(Yun Jung Bae dkk, 2021)

KESIMPULAN

Pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson di salah satu rumah sakit Jakarta dimulai dari anamnesis pasien, positioning, editing sampai printing. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan head coil posisi pasien yaitu supine, head first. Menggunakan sekuen AAHead Scout, t1 fl2d transversal, t2 tse (time spin echo) darkfluid transversal, t2 tse (time spin echo) transversal, ep2d diff (diffusion) 4scan trace, asl 3d (arterial spin labeling) transversal, tof cs carotids, flow pc3d MRV (magnetic resonance venography), tof brain MRA (magnetic resonance angiography), t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm.

Peranan sequence khusus “t2 swi3d (susceptibility weighted imaging) transversal 0.9 mm” salah satu rumah sakit di Jakarta pada klinis Parkinson tujuannya untuk mengetahui informasi lebih akurat kelainan yang terjadi di dalam Brain sekaligus untuk menegaskan diagnosa. Potongan sequence axial yang tipis yaitu 0.9 mm lebih memungkinkan untuk melihat kelainan anatomi yaitu Parkinson, SNR lebih tinggi dan resolusi spasial lebih baik daripada menggunakan sequence dengan slice thickness 2 mm.

SARAN

Kelemahan sequence SWI (susceptibility weighted imaging) pada pemeriksaan MRI Brain klinis Parkinson adalah waktu yang lama. Diperlukan penelitian dan penyesuaian lanjutan untuk mempersingkat waktu scan, sehingga pasien dapat lebih nyaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ini disampaikan kepada pembimbing kampus dan lapangan telah membantu, mengarahkan dan mendukung penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Bontrager, Kenneth L. 2001. Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy. Mosby, Inc, Missouri:USA
- Bushong, Stewart C. 1996. Magnetic Resonance Imaging, Physical and Biological

Principles, Second Edition. Mosby : Washington DC.

Drake, R. L., Vogl, A. W., Mitchell, A. W. M., Tibbitts, R. M., & Richardson, P. E. 2015. Gray 's atlas c f anatomi (Second).

Frontera, Walter. R. 2019. Essentials cf Physical Medicine and Rehabilitation. Fourth Edition. Philadelphia, United States: Elsevier.

Korczyn AD. Vascular parkinsonism-characteristics,pathogenesis and treatment. Nat. Rev. Neurol. 2015; 1-8

Moeller, Torsten. B. and Emil Reif. 2010. MRI Parameters and Positioning. Second Edition. Stuttgrat,Germany: Thieme.

Peters S, Eising EG, Przuntek H, dan MilIler T.Vascular Parkinsonism: a case report and review of the literature. Journal of Clinical Neuroscience. 2001; 8 (3): 268-271

Schaeffer, Scott. D. 2014. A.D.A.M. Interactive Anatomy. Student Lab Activity Guide. Fourth Edition. Baltimore, United States: Lippincott Williams & Wilkins.

Sylvia Anderson Privce. Ph. D., R. N. 1995. Patofisiologi konsep klinis proses-proses penyakit. Pathophysiology. Clinical concepts of disease process. Jakarta. EGC.

Westbrook, Catherine. 2014. Handbook cf MRI Technique. Fourth Edition. Cambridge, United Kingdom: Wiley Blackwell.

Westbrook, Catherine. 2019. MRI In Practice. USA: John Wiley & Sons Ltd.

Yun Jung Bae, Jong Min Kim, Chul Ho Sohn, Ji Hyun Choi, Byung Se Choi, Yoo Sung Song, Yoonho Nam, Se Jin Cho, Beomseok Jeon, Jae Hyonung Kim. 2021. Imaging the Substantia Nigra in Parkinsonian Syndromes, National Research Foundation of Korea Grant: Radiology.rsna.org