

ANALISIS INFORMASI CITRA MRI VERTEBRA SERVIKAL POTONGAN AXIAL DENGAN PENGGUNAAN *FLOW COMPENSATION* ANTARA PEMBOBOTAN T2 SEKUENS *TURBO SPIN ECHO* (TSE) DAN *GRADIENT ECHO* (GRE)

ANALYSIS OF MRI IMAGE INFORMATION OF CERVICAL SPINE AXIAL SLICES USING FLOW COMPENSATION BETWEEN T2 WEIGHTED TURBO SPIN ECHO (TSE) AND GRADIENT ECHO (GRE) SEQUENCES

Ardi Soesilo Wibowo¹⁾, Ary Kurniawati²⁾, Hernastiti Sedy Utami³⁾
^{1,2,3)} Health Polytechnics of Semarang-Indonesia
 e-mail: ardiijtr@gmail.com

ABSTRACT

Background: Magnetic Resonance Imaging (MRI) examination of the cervical spine axial slices with T2 weighted flow is often contained artifacts that interfere image result, so it uses flow compensation technique. Axial slices of T2 weighted may use TSE or GRE sequences. This research aims to determine differences in MRI image information of cervical spine axial slices using flow compensation between T2 weighted turbo spin echo (TSE) and gradient echo (GRE) sequences and to get better image information between that both sequences.

Methods: This research was a quantitative study with an experimental approach. Data were collected from May to June 2016 in Radiology Installation of Haji Surabaya Hospital using a questionnaire to three respondents. Data were analyzed by statistical tests with SPSS 16 software using Wilcoxon test to determine differences level in image information between T2 weighted TSE and GRE sequences, mean rank value from Wilcoxon test and crosstabulation test to get better image information.

Results: There were differences in MRI image information of cervical spine axial slices with using flow compensation between T2 weighted TSE and GRE sequences with p-value was 0.005 ($p < 0.05$). This difference was due to the differences of parameter characteristics between both sequences and T2* GRE was more sensitive to flow to the organ than the TSE. Better MRI image information of cervical spine axial slices using flow compensation was T2* GRE sequence shown by the mean rank 5.50. T2* GRE was better than T2 TSE because it could show the anatomy of the cervical clearly and informatively, the anatomy of the spinal cord, CSF, neural foramen, intraforaminal structure, corpus vertebrae, disc and the minimum artifacts. While on the anatomy of the facet joint was no significant difference between the TSE and GRE sequences.

Conclusion: There were differences in the MRI image information of cervical spine axial slices using flow compensation between T2 weighted TSE and GRE sequences. Better image information was T2* GRE sequence.

Keywords : MRI image information, cervical spine axial slices, flow compensation, T2 weighted, turbo spin echo, gradien echo

PENDAHULUAN

Pemeriksaan MRI 90% digunakan pada organ kepala dan vertebra sedangkan sisanya 10% untuk pemeriksaan organ yang lain (Rasad, 2011). Salah satu pemeriksaan MRI vertebra adalah vertebra servikal. Umumnya pemeriksaan MRI vertebra servikal menggunakan pembobotan T1 dan T2. Pada pembobotan T1 menggunakan sekuens *spin echo* (SE) atau *turbo spin echo* (TSE). Sedangkan pada pembobotan T2 menggunakan sekuens TSE atau *gradient echo* (GRE) (Westbrook dkk, 2011).

TSE adalah sekuens SE dengan *multiple* 180° refokus pulsa RF setelah satu pulsa 90° untuk menghasilkan deretan *echo* (Bitar dkk, 2006). GRE adalah sekuens yang menggunakan variasi eksitasi pulsa RF sehingga *flip angle* menjadi bermacam-macam ($< 90^\circ$), teknik pencitraan ini tidak menggunakan pulsa 180° untuk refokus proton dan sinyal *echo* dihasilkan melalui pembalikan gradient (Dale dkk, 2015).

Sekuens TSE memiliki keuntungan yaitu menghasilkan kualitas citra yang baik, akan tetapi menyebabkan adanya *blurring* pada gambar dan lemak akan tampak terang pada pembobotan T2 (*J coupling*) serta pengaruh aliran dan pergerakan meningkat. Sedangkan sekuens GRE memiliki

keuntungan yaitu sensitif terhadap aliran, akan tetapi menyebabkan *signal to noise ratio* (SNR) rendah dan suara keras dari sistem gradien. Penggunaan TSE dan GRE sama-sama akan berpengaruh terhadap waktu *scan*, yakni lama pemeriksaan menjadi lebih singkat sehingga mengurangi ketidaknyamanan pasien dan meminimalisir pergerakan obyek yang akan menyebabkan artefak (Westbrook dkk, 2011).

Salah satu contoh artefak adalah *flow phenomena* pada pemeriksaan MRI vertebra servikal merupakan artefak karena pergerakan. Pada pembobotan T2 *axial*, aliran *cerebrospinal fluid* (CSF) dapat menyebabkan artefak *pustatile flow* (Fieldstrength 49, 2013). Terdapat pula aliran peredaran darah dan proses menelan yang dapat menimbulkan artefak pada citra (Westbrook, 2014). Pada potongan *axial* vertebra servikal, kecepatan aliran CSF cukup tinggi dan bidang gambaran tegak lurus dengan arah aliran. Artefak karena pergerakan ini menyebabkan area gambaran menjadi hitam karena *loss signal*. Dalam mereduksi artefak pergerakan pada MRI vertebra servikal yang diakibatkan oleh aliran CSF, peredaran darah dan proses menelan dapat menggunakan teknik *flow compensation* (Fieldstrength 49, 2013).

Pada pemeriksaan MRI vertebra servikal pembobotan T2 potongan *axial*, sebagian rumah sakit menggunakan sekuens TSE akan tetapi ada beberapa rumah sakit yang lain menggunakan sekuens GRE, adapula yang menggunakan kedua sekuens tersebut untuk menghasilkan informasi citra. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan informasi citra MRI vertebra servikal potongan *axial* dengan penggunaan *flow compensation* antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE serta untuk mengetahui informasi citra yang lebih baik antara kedua sekuens tersebut.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Pengambilan data dilakukan pada bulan Mei sampai Juni 2016 di Instalasi Radiologi RSUD Haji Surabaya. Populasi dan sampel penelitian adalah citra MRI vertebra servikal dari dua kelompok berpasangan citra T2 TSE dan GRE *axial* dengan menggunakan *flow compensation* dari 10 volunteer, dengan kriteria inklusi laki-laki/perempuan dewasa kooperatif dengan usia 20-25 tahun, kisaran berat badan 46-65 kg dan tidak memiliki indikasi kelainan pada vertebra servikal, sedangkan untuk kriteria eksklusinya adalah penderita *claustrophobia* dan diberikan obat anastesi. Subyek penelitian ini adalah tiga radiolog yang kemudian menilai hasil citra penelitian melalui lembar kuisioner. Potongan yang dinilai adalah potongan setinggi vertebra servikal ke-4/5.

Tabel 1. Variabel tetap penelitian

Parameter	T2 TSE	T2* GRE	Keterangan
TR (ms)	4360	321	
TE (ms)	73	22	
FOV (mm)	240	240	
<i>Slicethickness</i> (mm)	3	3	Variabel tetap
Jumlah slice	15	15	
<i>Slice</i> gap	30%	30%	
<i>Matrix</i>	256 x 256	256 x 256	

Analisa data dilakukan uji statistik dengan aplikasi SPSS 16 menggunakan uji Cohen’s Kappa untuk mengetahui *level agreement* dari ketiga responden, uji Wilcoxon karena data berupa ordinal untuk mengetahui tingkat perbedaan informasi citra antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE dengan nilai $\alpha=0,05$ ($p<0,05$), nilai *mean rank* dari uji Wilcoxon dan prosentase dari uji tabulasi silang untuk mengetahui informasi citra yang lebih baik.

HASIL

Penelitian ini dilakukan terhadap 10 volunteer yang dilakukan pemeriksaan MRI vertebra servikal dengan penggunaan *flow compensation* pembobotan T2 TSE dan GRE potongan *axial* dengan total waktu penelitian untuk masing-masing volunteer sekitar 7 menit.

Sebelum melakukan uji beda, dilakukan uji reponden terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat kesepakatan (*level agreement*) atau obyektifitas dari penilaian tiga radiolog selaku responden penelitian terhadap informasi citra MRI vertebra servikal *axial* antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE dengan menggunakan uji statistik Cohen’s Kappa.

Tabel 2. Deskripsi sampel penelitian

Kategori	Klasifikasi	Jumlah	Persentase (%)
jenis kelamin	laki-laki	3	30
	perempuan	7	70
	Total	10	100
Umur	20-25 tahun	10	100
	Total	10	100
berat badan	46-55 kg	6	60
	56-65 kg	4	40
	Total	10	100

Tabel 3. Hasil uji Cohen’s Kappa tiga responden

Sekuens	Tingkat Kesepakatan Cohen’s Kappa			Rata-Rata	Jumlah data
	R1 * R2	R1 * R3	R2 * R3		
TSE	0,762	0,754	0,677	0,731	80
GRE	0,810	0,780	0,720	0,770	80

Keterangan :

R1 : responden 1; R2 : responden 2; R3 : responden 3

Berdasarkan tabel 3, tingkat kesepakatan (*level agreement*) dari ketiga responden pada sekuens T2 TSE sebesar 0,731, sedangkan pada sekuens T2* GRE sebesar 0,770.

Selanjutnya dilakukan uji Wilcoxon untuk mengetahui perbedaan informasi citra antara T2 TSE dan GRE dengan melihat nilai kemaknaan (*p-value*).

Tabel 4. Hasil uji Wilcoxon informasi citra per kriteria antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE

Kriteria	Sekuens	<i>p-value</i>	Keterangan
<i>Spinal cord</i>	TSE	0,008	bermakna
	GRE		
CSF	TSE	0,003	bermakna
	GRE		
<i>Neural foramen</i>	TSE	0,008	bermakna
	GRE		
<i>Intraforaminal structure</i>	TSE	0,011	bermakna
	GRE		
<i>Corpus vertebrae</i>	TSE	0,014	bermakna
	GRE		
<i>Discus</i>	TSE	0,003	bermakna
	GRE		
<i>Facet joint</i>	TSE	0,257	tidak bermakna
	GRE		
Artefak	TSE	0,005	bermakna
	GRE		

Pada tabel 5 berikut ini adalah hasil uji beda informasi citra secara keseluruhan antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE.

Tabel 5. Hasil uji Wilcoxon informasi citra secara keseluruhan antara sekuens T2 TSE dan GRE

Sekuens	<i>p-value</i>	Keterangan
TSE	0,005	Bermakna
GRE		

Hasil dari setiap penilaian terhadap informasi citra dianalisis dengan melihat nilai *mean rank* dan analisis tabulasi silang (*crosstabulation*) untuk mengetahui informasi citra yang lebih baik antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE.

Tabel 6. Hasil *mean rank* uji Wilcoxon informasi citra per kriteria antara sekuens T2 TSE dan GRE

Kriteria	Sekuens	Mean Rank
<i>spinal cord</i>	TSE	0,00
	GRE	4,00
CSF	TSE	0,00
	GRE	5,00
<i>neural foramen</i>	TSE	0,00
	GRE	4,50
<i>intraforaminal structure</i>	TSE	0,00
	GRE	4,00
<i>corpus vertebrae</i>	TSE	0,00
	GRE	3,50
Discus	TSE	0,00
	GRE	5,50
<i>facet joint</i>	TSE	2,67
	GRE	2,00
Artefak	TSE	0,00
	GRE	4,50

Sedangkan pada analisis uji tabulasi silang (*crosstabulation*) didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil uji tabulasi silang informasi citra per kriteria antara sekuens T2 TSE dan GRE

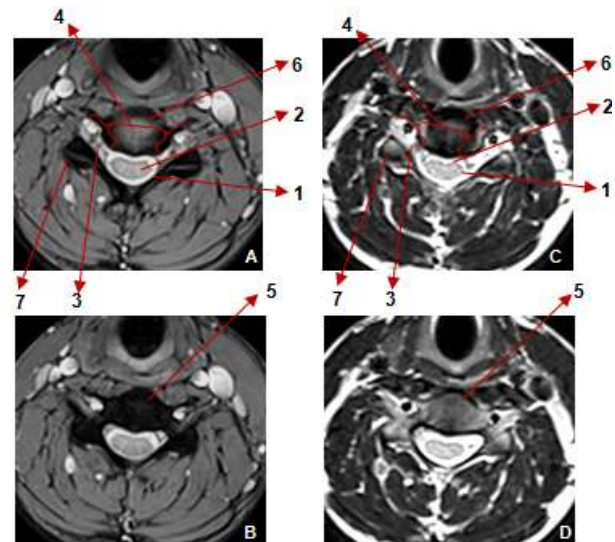
Kriteria	Sekuens	Persentase Nilai			Jumlah
		3	2	1	
<i>spinal cord</i>	TSE	10%	40%	0%	50%
	GRE	45%	5%	0%	50%
CSF	TSE	10%	25%	15%	50%
	GRE	45%	5%	0%	50%
<i>neural foramen</i>	TSE	10%	30%	10%	50%
	GRE	45%	5%	0%	50%
<i>intraforaminal structure</i>	TSE	0%	30%	20%	50%
	GRE	40%	10%	0%	50%
<i>corpus vert</i>	TSE	10%	40%	0%	50%
	GRE	40%	10%	0%	50%
Discus	TSE	0%	30%	20%	50%
	GRE	40%	10%	0%	50%
<i>facet joint</i>	TSE	15%	30%	5%	50%
	GRE	10%	25%	15%	50%
Artefak	TSE	10%	40%	0%	50%
	GRE	50%	0%	0%	50%

Pada tabel 6 berikut ini adalah informasi citra yang lebih baik secara keseluruhan antara pembobotan T2 Sekuens TSE dan GRE

Tabel 6. Hasil *mean rank* uji Wilcoxon informasi citra secara keseluruhan antara T2 TSE dan GRE

Sekuens	Mean Rank
TSE	0,00
GRE	5,50

Pada gambar 1 berikut ini merupakan hasil salah satu sampel volutir antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE.



Keterangan:

1. *spinal cord*
2. CSF
3. *neural foramen*
4. *intraforaminal structure*
5. *Corpus vertebrae*
6. *discus*
7. *Facet joint*

Gambar 1. Citra MRI vert. servikal setinggi C4/5, T2* GRE slice ke-8 (A) dan ke-9 (B); T2 TSE slice ke-8 (C) dan ke-9 (D)

DISKUSI

Hasil uji Cohen's Kappa menunjukkan bahwa tingkat kesepakatan pada sekuens T2 TSE sebesar 0,731. Sedangkan pada sekuens T2* GRE sebesar 0,77. Menurut Sim dan Wraight (2005), suatu ukuran kesepakatan antara dua penilai dalam mengklasifikasikan beberapa subyek ke dalam satu dari dua kategori dikatakan mufakat (obyektif) jika nilai Cohen's Kappa dalam rentang ≤ 0 (tidak ada kesepakatan), 0,01-0,2 (kesepakatan buruk), 0,21-0,40 (kesepakatan kurang baik), 0,41-0,60 (kesepakatan cukup baik), 0,61-0,80 (kesepakatan substansial) dan 0,81-1,00 (kesepakatan sempurna). Berdasarkan hasil uji Cohen's Kappa tersebut maka dapat diketahui bahwa hasil penilaian dari tiga responden adalah obyektif.

Berdasarkan hasil uji statistik Wilcoxon menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan untuk kriteria *spinal cord*, CSF, *neural foramen*, *intraforaminal structure*, *corpus vertebrae*, *discus* dan artefak pada potongan *axial* T2 TSE dan T2* GRE sedangkan pada kriteria anatomi *facet joint* tidak ada perbedaan yang signifikan antara T2 TSE dan T2* GRE pemeriksaan MRI vertebra servikal *axial* dengan penggunaan *flow compensation*. Pada uji Wilcoxon informasi citra secara keseluruhan menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada informasi citra untuk kriteria secara keseluruhan dengan *p-value* 0.005 ($p < 0.05$) pada potongan *axial* T2 TSE dan T2* GRE pemeriksaan MRI vertebra servikal dengan penggunaan *flow compensation*.

Perbedaan tersebut disebabkan karena masing-masing sekuens memiliki karakteristik parameter yang berbeda, seperti *time repetition* (TR), *time echo* (TE) dan *scan time* untuk mendapatkan citra yang baik pada setiap sekuens.

Pada T2 TSE citra potongan *axial* pada MRI vertebra servikal memiliki kontras yang lebih tinggi daripada T2* GRE. Akan tetapi waktu akuisisinya lebih lama dari pada T2* GRE. Pada T2 TSE menggunakan *echo train length* (ETL) sebanyak 22, ETL digunakan untuk mereduksi *scan time* dan pengisian *K space* lebih cepat. Sedangkan pada sekuens T2* GRE menggunakan *flip angle* sebesar 20° , sehingga *scan time* pendek dan lebih cepat melakukan transversal *decay* dibandingkan dengan sekuens T2 TSE.

Menurut Westbrook dkk (2011) bahwa pada TSE penggunaan ETL antara 12-30 sehingga *K space* akan terisi penuh lebih cepat dan dengan terpenuhinya *K space* dapat meningkatkan kualitas gambar pada T2. Pada sekuens T2 GRE, *flip angle* yang digunakan antara 5° - 20° , sehingga *rephase* lebih cepat dari pada RF 180° dan TE lebih pendek dari pada sekuens SE dan TR dapat dikurangi. Sekuens TSE memiliki kualitas citra yang baik, namun insensitif terhadap aliran. Sedangkan sekuens GRE memiliki *signal to noise ratio* (SNR) yang rendah namun sensitif terhadap adanya aliran pada organ.

Informasi citra yang lebih baik MRI vertebra servikal potongan *axial* dengan penggunaan *flow compensation* antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE. Dari segi nilai prosentase uji tabulasi silang dan nilai *mean rank* uji Wilcoxon, pada anatomi *spinal cord* sekuens T2* GRE lebih unggul dibandingkan dengan T2 TSE. Hal tersebut dikarenakan faktor perbedaan waktu yang mengontrol T2 yaitu *time echo* (TE) pada T2* GRE lebih pendek dari pada T2 TSE sehingga kekontrasan *spinal cord* optimal. Sedangkan kontras *spinal cord* T2 TSE lebih tampak hiperintense.

Menurut White dkk (2011), *spinal cord* merupakan struktur anatomi yang bergerak dan berukuran kecil. Pada MRI untuk mendeteksi patologi berhubungan dengan spasial resolusi dan kontras yang optimal. Penggunaan TE pada sekuens T2 TSE lebih panjang jika dibandingkan T2* GRE. TE panjang pada sekuens T2 TSE tampak hiperintense dan dapat menimbulkan artefak dari *phase encoding* (gambaran distorsi) dari efek aliran CSF. Sedangkan T2* GRE memiliki TE pendek sehingga meminimalkan *phase error*, mengurangi distorsi pada gambaran aliran CSF. Faktor ini menunjukkan bahwa pada citra MRI vertebra servikal *axial* T2* GRE dapat menampakkan patologi *spinal cord* lebih baik dari pada menggunakan T2 TSE.

Pada kriteria anatomi CSF, hasil nilai *mean rank* uji Wilcoxon dan nilai prosentase uji tabulasi silang pada T2* GRE lebih baik dibandingkan T2 TSE. Hal tersebut disebabkan perbedaan tingkat sensitifitas masing-masing sekuens terhadap aliran CSF. Sekuens GRE lebih sensitif terhadap aliran menyebabkan penangkapan sinyal lebih baik, sehingga kontras dan detail jaringan jelas dan tidak rentan timbul artefak.

Menurut Westbrook dkk (2011), sekuens GRE sangat sensitif terhadap aliran, dan sekuens TSE memiliki problem kecepatan untuk melihat CSF pada potongan *axial* di daerah servikal sehingga mengakibatkan tidak tegasnya batas antara pola dari *spinal cord* karena aliran dari CSF yang masuk ke ruang *subarachnoid*. Hal ini dapat menyebabkan

berkurangnya kontras dan detail dari jaringan dan kelainan menjadi tidak jelas, serta tampak seperti ada kelainan.

Sekuens GRE sangat baik untuk mengevaluasi CSF terutama untuk melihat impresi pada ruang *subarachnoid posterior* (Stark dan William, 1988). pada T2* GRE, CSF memiliki sinyal yang tinggi dan akan tampak hiperintensitas sehingga dapat membantu proses patologi *delineate epidural*, misalnya *fragmen disk osteophytes* (Melhem dkk, 2001).

Pada anatomi *neural foramen* dan *intraforaminal structure*, nilai prosentase uji tabulasi silang dan *mean rank* uji Wilcoxon, T2* GRE lebih tinggi dibandingkan T2 TSE karena *neural foramen* nya tampak intermediet sehingga dapat dibedakan dengan lemak dan CSF, sedangkan pada T2 TSE tampak lebih hiperintense sehingga sulit untuk membedakan dengan lemak yang intensitas sinyalnya juga hiperintense. Selain itu, T2* GRE *foraminal structure* lebih jelas dan detail. Hal tersebut sesuai dengan teori menurut Stark dan William (1988), bahwa pada T2* GRE *neural foramen* tampak intermediet dan pada T2 TSE *neural foramen* tampak lebih hiperintense dibandingkan dengan GRE.

Neural foramen terpampang secara oblik, sehingga pada citra bidang orthogonal sulit tervisualisasi dengan baik. T2* GRE lebih baik dari pada T2 TSE dalam menampakkan *neural foramen* dan strukturnya (Meindl dkk, 2011). Menurut Khanna dkk (2002), GRE merupakan sekuens yang baik untuk mengevaluasi *neural foramen* dan mampu menggunakan *slice thickness* yang tipis.

Berdasarkan nilai prosentase uji tabulasi silang dan nilai *mean rank* uji Wilcoxon pada anatomi *corpus vertebrae* menunjukkan bahwa T2* GRE lebih tinggi daripada T2 TSE. Intensitas *corpus vertebrae* pada T2* GRE lebih tampak hipointense dibandingkan dengan intensitas cairan, sehingga lebih mudah dibedakan. Sedangkan pada T2 TSE, *corpus vertebrae* lebih tampak hiperintense. Menurut Westbrook dkk (2011), semakin panjang TE yang digunakan maka intensitas tulang pada T2* GRE lebih hipointense. Pada TSE, penggunaan TE panjang memaksimalkan T2 relaksasi.

Dari segi nilai prosentase tabulasi silang dan *mean rank* uji Wilcoxon, anatomi *discus* sekuens T2* GRE lebih baik dari pada sekuens T2 TSE. Intensitas sinyal *discus* baik pada T2 TSE maupun T2* GRE tampak hiperintense. Informasi citra anatomi pada *discus* lebih unggul pada T2* GRE dikarenakan citra T2 TSE terkadang masih tampak artefak pada *discus*, sedangkan pada T2* GRE yang merupakan sekuens dengan *scan time* yang lebih cepat dibandingkan dengan T2 TSE, sehingga *discus* yang merupakan bagian sering terjadinya pergerakan pada kolumna vertebralis lebih tampak jelas.

Discus pada T2 TSE dan GRE tampak hiperintense (Khanna dkk, 2002). *Discus* terdiri atas *annulus fibrosus* dan *nucleus pulposus* yang bersifat gel. *Discus* merupakan penyusun sepelempat dari panjang kolumna vertebralis. *Discus* paling tebal di daerah servikal dan lumbal serta tempat banyak terjadinya gerakan di kolumna vertebralis (Snell, 2006).

Pada anatomi *facet joint*, nilai *mean rank* uji Wilcoxon dan prosentase uji tabulasi silang menunjukkan bahwa T2 TSE

lebih baik dibandingkan dengan T2* GRE Namun selisih nilai antara kedua sekuens tersebut relatif sedikit dan tidak ada beda yang signifikan dikarenakan intensitas sinyal pembobotan T2 pada kedua sekuens tersebut sama-sama hiperintense serta pada anatomi dan patologi *facet joint* lebih baik dievaluasi pada potongan sagital. Hal tersebut sesuai dengan teori menurut Lehman dkk (2013), menyatakan bahwa *facet joint* tampak hiperintensitas pada citra MRI pembobotan T2, *facet joint* potensial mengalami fraktur kompresi. Menurut Khanna dkk (2002), untuk mengevaluasi *facet joint* menggunakan potongan sagital dikarenakan anatomi *facet joint* tampak secara keseluruhan dan berurutan dari *superior* sampai *inferior*.

Berdasarkan nilai *mean rank* uji Wilcoxon dan prosentase uji tabulasi silang untuk penilaian artefak, T2* GRE lebih unggul. Pada sekuens T2* GRE tidak tampak artefak yang timbul pada citra MRI vertebra servikal potongan *axial*, sedangkan pada T2 TSE terkadang tampak artefak namun tidak mengganggu gambaran. Hal tersebut disebabkan pada T2 TSE terkadang masih tampak artefak pada citra terutama artefak *pulsa tile flow* walaupun telah digunakan teknik *flow compensation* baik terhadap T2 FSE maupun T2* GRE untuk meminimalkan timbulnya artefak tersebut. Sekuens T2* GRE yang telah diberikan teknik *flow compensation*, informasi citra MRI vertebra servikal tampak lebih baik.

Struktur yang bergerak secara random menyebabkan blur yang berkaitan dengan *noise*. Pada perlakuan *flow compensation*, sebagian gerakan yang bersifat random akan teratasi. *Noise* dan artefak dapat menimbulkan perbedaan informasi citra pada sekuens yang digunakan. Batas-batas akan tidak jelas sehingga kesulitan dalam mendiagnosa (Westbrook dkk ,2011).

CSF mengalir dari arah *cranio-caudal* saat *sistole* dan sebaliknya saat *diastole* mengalir *caudo-cranial*. Gradien yang searah dengan aliran CSF adalah *gradient slice selection* maka perubahan lobus gradien akan mengubah momen aliran CSF menjadi nol sehingga penilaian terhadap artefak akan menjadi nilai tambah menghasilkan perbedaan yang signifikan. (Goethem dan Parizel, 2007).

Artefak *pulsa tile flow* dapat juga disebabkan karena aliran yang terlalu cepat dan jenis aliran yang terlalu turbulen sehingga tidak dapat diatasi dengan *flow compensation*. Dapat pula dikombinasikan dengan presaturasi. Presaturasi diletakkan pada arah *cranial* maka artefak *pulsa tile flow* CSF dapat teratasi. Selain itu, dapat menggunakan sekuens GRE, karena memiliki *scan time* yang pendek dibandingkan dengan TSE (Reimer dan Falko, 2006).

Pada MRI vertebra servikal potongan *axial* dengan penggunaan *flow compensation* untuk melihat informasi citra secara keseluruhan lebih baik menggunakan T2* GRE karena memiliki nilai *mean rank* yang lebih tinggi dibandingkan TSE yakni sebesar 5,50. Nilai tersebut menunjukkan bahwa informasi citra pada sekuens T2* GRE lebih baik dibandingkan dengan T2 TSE. Menurut penulis, untuk melihat anatomi *spinal cord*, CSF, *neural foramen*, *intraforaminal structure*, *corpus vertebrae* dan *discus* pada pembobotan T2

lebih baik menggunakan T2* GRE, selain itu timbulnya artefak pada T2* GRE lebih minimal. Sedangkan pada anatomi *facet joint* dapat menggunakan T2 TSE maupun T2* GRE.

SIMPULAN

Ada perbedaan informasi citra MRI vertebra servikal potongan *axial* dengan penggunaan *flow compensation* antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE. Perbedaan ini dikarenakan karakteristik parameter yang berbeda antara kedua sekuens dan T2* GRE lebih sensitif terhadap aliran pada organ dibandingkan T2 TSE.

Hasil informasi citra yang lebih baik pada MRI vertebra servikal potongan *axial* dengan penggunaan *flow compensation* antara pembobotan T2 sekuens TSE dan GRE adalah sekuens T2* GRE.

DAFTAR PUSTAKA

- Bitar, Richard, General Leung, Richard Perng, Sameh Tadros, Alan R. Moody, Josee Sarrazin, Caitlin McGregor, Monique Christakis, Sean Symons, Andrew Nelson dan Timothy P. Roberts. 2006. MR Pulse Sequences : What Every Radiologist Wants to Know but Is Afraid to Ask, RSNA Volume 26, Number 2.
- Dale, M. Brian, M.A Brown dan Richard C. Semelka. 2015. MRI Basic Principle and Applications, Fifth Edition. John Wiley and Sons Inc : New Jersey.
- Cramer, Gregory D. dan Susan A. Darby. 2013. Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, and Ans, Third Edition. Mosby Elsevier Inc.
- Edelman, Robert R. 2009. Fast Spin Echo, Softways : Magnetic Resonance Technology Information Portal : Wisconsin.
- Elster, AD. 1988. Motion Artifact Suppression Technique (MAST) for Cranial MR Imaging: Superiority over Cardiac Gating for Reducing Phase-Shift Artifacts. American Society of Neuroradiology.
- Elster, AD. 2015. Explain How Flow Compensation (Gradient Moment Nulling) Software Works, Elster LLC, MRIquestions.com.
- Fieldstrength 49. 2013. CF Flow Compensation in Spine, Philip Application Tips.
- Goethem, J. Van dan Huawe L. Van Den Parizel. P.M. 2007. Spinal Imaging. Springer, Verlag: Berlin
- Hashemi, Ray Hashman, William G. Bradley dan Christopher J. Lisanti. 2010. MRI the Basics, Third Edition. Williams & Wilkins Company : USA.
- J. Appletgate, E. 1991. Sectional Anatomy Learning System. W.B Saunders Company.
- Khanna, A. Jay, John J. Carbone, Khaled M. Kebaish, David B. Cohen, Lee H. Riley III, Bruce A. Wasserman dan John P Kostuik. 2002. Magnetic Resonance Imaging of the Cervical Spine. The Journal of Bone and Joint Surgery, jbjs.org
- Kim, Dong-Hyun, Meng Gu dan Daniel M. Spielman. 2009. Gradient Moment Compensated Magnetic Resonance Spectroscopic Imaging. National Institute Health Society, Magn Reson , Med.
- Lehman, VT, C.P Wood, CH. Hunt, R.E Carter, J.B Allred, F.E Diehn, J.M Morris, J.T Wald dan K.R Thielen. 2013. Facet Joint Signal Change on MRI at Levels of Acute/Subacute Cervical Compression Fractures. American Society of Neurology.
- Mc. Robbie, Donald W, Elizabeth A. Moore, Martin J. Graves dan Martin R. Prince. 2007. MRI from Picture to Proton, Second Edition. Cambridge University Press.
- Meindl,T, S. Wirth, S. Weckbach, O. Dietrich, M. Reiser dan S.O. Schoenberg. 2009. Magnetic Resonance Imaging of The Cervical Spine: Comparison of 2D T2-Weighted Turbo Spin Echo, 2D T2*Weighted Gradient-Recalled Echo And 3D T2-Weighted Variable Flip-Angle Turbo Spin Echo Sequences. European Society of Radiology.

- Melhem, Elias R., Ryuta Itoh dan Paul J. M. Folkers. 2001. *Cervical Spine: Three-dimension Fast Spin Echo MR Imaging – Improved Recovery of Longitudinal Magnetization Driven Equilibrium Pulse*. Departement of Radiology and Radiological Sciences, Johns Hopkins Medical Institutions
- Moeller, Torsten B. M. D. 2003. *MRI Parameters and positioning*, Am caritaskrankehaus billingen/saar, New York
- Morelli, John N., Val M. Runge, Fei Ai, Ulrike Attenberger, Lan Vu, Stuart H. Schmeets, Wolfgang R. Nitz dan John E. Kirsch. 2011. *An Image-based Approach to Understanding the Physics of MR Artifacts*. radiographics.rsna.org
- Rasad, Sjahriar. 2011. *Radiologi Diagnostik, Edisi Kedua*, Gaya Baru. Balai Penerbit FKUI : Jakarta.
- Reimer, P. Parizel Paul M. dan Stichnoth Falko A. 2006. *Clinical MR Imaging, Second Edition*. Springer : New York.
- Reiser, F. Maximillan, Semmier Wolfhard dan Hricak Hedvig. 2007. *Magnetic Resonance Tomography*. Springer : Verlag Berlin.
- Sim, Julius dan Chris C. Wraight. 2005. *The Kappa Statistic in Realibity Studies: Use, Interpretation and Sample Size Requirements*. Physical Therapy, volume 85.
- Snell, S, Richard. 2006. *Anatomi Klinik Untuk Mahasiswa Kedokteran*. EGC : Jakarta.
- Stark, David D, M.D dan Bradley William G. 1988. *Magnetic Resonance Imaging*. Mosby, Westline Industrial Drive, St. Louis, Missouri
- Westbrook, Chaterine dan Carolyn Kaut Roth. 1998. *MRI in Practice, Second Edition*. Blackwell Science Ltd : United Kingdom.
- Westbrook, Catherine, Carolyn Kauth Roth, dan John Talbot. 2011. *MRI in Pratic, Fourth Edition*. Blackwell Science Ltd : United Kingdom.
- Westbrook, Catherine. 2014. *Handbook of MRI Technique, Fourth Edition*. Blackwell Science Ltd. : United Kingdom.
- White, Matthew, Yan Zhang dan Kathleen Healey. 2011. *Cervical Spinal Cord Multiple Sclerosis: Evaluation with 2D Multi-Echo Recombined Gradient Echo MR Imaging*. The Journal of Spinal Cord Medicine, USA.
- Woodward, Peggy dan Roger Freimarck. 2000. *MRI for Technologists, Second Edition*. Mc-Graw-Hill, Inc: New York, USA.