

ANALISIS *TIME REPETITION* (TR) DAN *FLIP ANGLE* (FA) TERHADAP INFORMASI ANATOMI PADA PEMERIKSAAN 3D TOF MRA *BRAIN* DENGAN MRI 1.5 TESLA

ANALYSIS *TIME REPETITION* (TR) AND *FLIP ANGLE* (FA) TO ANATOMICAL INFORMATION ON 3D TOF *BRAIN* MRA EXAMINATION WITH MRI 1.5 TESLA

Rasyid¹⁾, Emi Murniati²⁾, Muhamad Marno Alamsyah³⁾
^{1,2,3)} Health Polytechnics of Semarang-Indonesia
 e-mail: rasyid.lihawa@yahoo.com

ABSTRACT

Background: In brain MR angiography examination, there are many clinical situations where the radiologist want to optimal suppression of stationary nuclei. So stationary nuclei and flowing nuclei will produce a good contrast. One of the most commonly used method brain MR angiography is a 3D TOF because it can show the blood vessels by hyperintens with more hypointens of background. Parameters TR and flip angle is one of the parameters that will determine a stationary nuclei experiencing well suppression and the flowing nuclei will still generate a signal that more hyperintens. The purpose of this study is to determine the influence of time repetition and flip angle of the anatomical information of 3D TOF brain MRA examination, and also to determine value the time repetition and flip angle best to display anatomical information of 3D TOF brain MRA examination.

Methods: This research is an experimental approach to the pre-experimental research design and post-test only research design. This research was conducted in Bintaro Premier Hospital. The data in the form of 54 3D TOF brain MRA images of 6 volunteers with nine variations time repetitions and flip angle. Assessment anatomical information performed by the two respondents. The data analysis by testing the influence is multiple linear regression to determine the value of time repetition and flip angle optimal use Friedman mean rank test.

Result: The result showed that there is the influence of time repetition and flip angle of the anatomical information on 3D TOF brain MRA examination with a significance value $p < 0.001$ ($p < 0.05$). The time repetition 30 ms and flip angle 30° is an optimal value for anatomical information showing 3D TOF brain MRA examination. Application of time repetition 30 ms and flip angle 30° can be properly saturate or suppression the stationary nuclei so that is displays excellent contrast between the nuclei.

Conclusion: There are influence of time repetition and flip angle to anatomical information of 3D TOF brain MRA examination with a significance value of $p < 0.001$ ($p < 0.05$). The time repetition 30 ms and a flip angle of 30° is an optimal value for anatomical information showing 3D TOF brain MRA examination.

Keywords: Repetition time, flip angle, 3D TOF MRA examination of the brain, stationary nuclei and flowing nuclei

PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Angiography adalah pemeriksaan Radiografi yang bertujuan untuk memperlihatkan atau mengevaluasi pembuluh darah dengan menggunakan modalitas MRI.

Dalam pemeriksaan MR *angiografi* ada banyak metode yang dapat digunakan. Hal ini dilakukan karena seiring dengan perkembangan kelainan – kelainan yang ada pada pembuluh darah terutama pada daerah otak baik itu berupa *aneurisma* atau *stenosis* dan yang lainnya. Metode-metode tersebut adalah *digital subtraction on MR angiography* (DS – MRA), *time of flight MR angiography* (TOF – MRA), *phase contrast MR angiography* (PC – MRA) dan *contrast enhanced MRA* (CE – MRA) (Westbrook, 2011).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Time Of Flight* (TOF), dimana teknik TOF ini menggunakan variasi dari akuisisi *incoherent gradient echo* yang dikombinasikan dengan *gradient moment rephasing* untuk menghasilkan sinyal tinggi (*high signal*) dalam nukleus *flowing* (aliran pembuluh darah). Kontras vaskular dimaksimalkan dengan meningkatkan sinyal *flowing* nukleus dan mensupresi sinyal dari nukleus *stationer* (Westbrook, 2011).

Metode TOF, *time repetition* dan *flip angle* dipilih sehingga nukleus *stationer* tersaturasi sementara *flowing* nukleus pada kejadian *inflow effect* (*flow entry fenomena*) magnetisasi akan tetap *fresh* dan menghasilkan *high signal* pada pembuluh darah. Penggunaan *time repetition* dan *flip angle* yang sesuai pada metode TOF akan menghasilkan citra pembuluh *hyperintens* dan nukleus *stationer* yg *hypointens* karena tersaturasi dan kontras yang baik diantara kedua nukleus tersebut. Namun, jika *time repetition* (TR) terlalu singkat maka *flowing* nukleus akan susah untuk *recovery* ke longitudinal magnetisasi yang menyebabkan *flowing* nukleus akan ikut tersupresi bersama nukleus *stationer*. Jika TR yang digunakan terlalu panjang juga akan berakibat buruk terhadap kejelasan citra, karena dengan TR yang panjang maka nukleus *stationer* akan mendapatkan waktunya untuk *recovery* ke longitudinal. (Lombardi, 2004)

Menurut mukherjee (2007) penggunaan TR yang singkat memungkinkan waktu yang sangat terbatas untuk *recovery* magnetisasi longitudinal sebelum pulsa eksitasi berikutnya. Dengan menggunakan *flip angle* yang besar untuk eksitasi, akan sangat sedikit magnetisasi *transversal* untuk menghasilkan sinyal. Disisi lain, penggunaan RF pulsa dengan

flip angle yang besar akan menghasilkan supresi atau penekanan yang lebih baik pada jaringan *stasioner* dan sinyal yang lebih besar dari pembuluh darah. Maka, TR dan *flip angle* harus tepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari *time repetition* (TR) dan *flip angle* (FA) terhadap informasi anatomi pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain*. selain itu bertujuan untuk mengetahui nilai dari *time repetition* (TR) dan *flip angle* (FA) yang optimal untuk pemeriksaan 3D TOF MRA *brain*.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan rancangan penelitian pre eksperimen dan menggunakan desain penelitian *post test only*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh setelah dilakukan perubahan nilai – nilai TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain* dengan MRI 1.5 Tesla.

Enam (6) orang sukarelawan pemeriksaan 3D TOF MRA *brain* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Premier Bintaro sebagai sampel penelitian. Populasi penelitian adalah pemeriksaan MRA *brain* yang menggunakan 3D TOF di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Premier Bintaro selama satu bulan Oktober 2016 kemudian dihitung dengan teknik *sampling* menggunakan rumus sloven (Notoatmodjo, 2010). Responden atau *Reviewer* yang memberikan penilaian terhadap citra variasi TR dan *flip angle* pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain* adalah 1 (satu) orang Dokter spesialis Radiologi dan 1 orang Radiolog sebagai parameter konsistensi subjektifitas *Reviewer*.

Prosedur dalam penelitian ini adalah Sukarelawan diberi *informed consent* tentang maksud dan tujuan penelitian serta diberi penjelasan tentang prosedur pemeriksaan, serta diyakinkan bahwa penelitian ini tidak berbahaya bagi mereka. Pembuatan citra MRA *brain* diawali dengan membuat 3 *plane localizer*. Dilakukan pembuatan citra MRA *brain* dengan sekuens 3D TOF GRE. Setiap sukarelawan dilakukan *scanning* dengan 9 variasi TR dan *flip angle* yaitu ; FA 20° – TR 30, FA 20° – TR 40, FA 20° – TR 50, FA 25° – TR 30, FA 25° – TR 40, FA 25° – TR 50, FA 30° – TR 30, FA 30° – TR 40, FA 30° – TR 50. Citra hasil penelitian tersebut disimpan dalam CD dengan format DICOM tanpa ada keterangan identitas apapun, hanya diberikan kode serial citra. Dua orang Dokter spesialis Radiologi yang berpengalaman di bidang MRI 1.5 T khususnya pemeriksaan MRA *brain* dimohon untuk mencermati citra dari masing – masing citra. Penilaian kualitatif berupa menilai kontras citra secara umum, *internal carotid arteri*, *anterior cerebral arteri*, *middle cerebral arteri*, *posterior cerebral arteri*, *vertebral arteri*, *basilar arteri*, serta memilih citra terbaik dari 9 variasi TR dan *flip angle* tersebut. Penilaian Dokter spesialis Radiologi dilakukan dengan memberikan skor 1, 2, dan 3 pada kuisioner yang telah disediakan. Pertanyaan tentang kejelasan citra diberikan Skor 3 berarti “sangat jelas” diberikan apabila anatomi MRA *brain* yang diamati batas – batas antara pembuluh darah dan organ sekitar terlihat sangat jelas kemudian pembuluh darah terlihat sangat terang, Skor 2 berarti “cukup jelas” diberikan apabila

anatomi MRA *brain* yang diamati batas – batas antara pembuluh darah dan organ sekitar terlihat cukup jelas kemudian pembuluh darah terlihat cukup terang, Skor 1 berarti “tidak jelas” diberikan apabila anatomi MRA *brain* yang diamati batas – batas antara pembuluh darah dan organ sekitar terlihat tidak jelas kemudian pembuluh darah terlihat tidak terang.

Data dari hasil skor penilaian *Reviewer* merupakan data ordinal, data ini dikonversi menjadi data rasio menggunakan *methode successive interval* (MSI) agar bisa dilakukan uji regresi linier berganda. Kemudian data diolah dan dianalisa secara statistika dengan menggunakan *software* SPSS 17.0. uji regresi linier dilakukan bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh, kuat dan besar pengaruh. Untuk menentukan nilai TR dan *flip angle* yang optimal dilakukan uji *friedman rank test*.

HASIL

Penelitian dilakukan terhadap 6 (enam) sukarelawan berjenis kelamin laki – laki dan perempuan, rentang usia 20 – 23 tahun.

Tabel 1. Karakteristik sukarelawan berdasarkan jenis kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah	Persentase
Laki – Laki	4	66,7%
Perempuan	2	33,7%
Total	6	100%

Tabel 2. Hasil uji *kappa* pada dua *Reviewer*

Variasi <i>flip angle</i> (FA) dan <i>time repetition</i> (TR)	<i>Kappa value</i>	<i>Approx sig</i>
FA 20 dan TR 30	0,829	0,000
FA 20 dan TR 40	0,832	0,000
FA 20 dan TR 50	0,833	0,000
FA 25 dan TR 30	0,816	0,000
FA 25 dan TR 40	0,906	0,000
FA 25 dan TR 50	0,850	0,000
FA 30 dan TR 30	0,842	0,000
FA 30 dan TR 40	0,888	0,000
FA 30 dan TR 50	0,857	0,000

Dari ke enam sukarelawan tersebut diperoleh informasi anatomi 3D TOF MRA *brain*. setiap sukarelawan dilakukan 9 variasi dan menghasilkan 54 citra yang dapat menampakkan anatomi *internal carotid arteri*, *anterior cerebral arteri*, *middle cerebral arteri*, *posterior cerebral arteri*, *vertebral arteri*, dan *basilar arteri*.

Sebelum dilakukan uji statistik untuk mengetahui pengaruh TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi pemeriksaan 3D TOF MRA *brain*, dilakukan pengujian *kappa* untuk mengetahui kesesuaian atau kesamaan persepsi *Reviewer* dalam penilaian kuisioner. Hasil pengujian *kappa* terhadap 2 responden seperti yang ada pada tabel 2.

Berdasarkan hasil uji *kappa* dapat dilihat *value kappa* pada keseluruhan lebih dari 0,8, hasil ini menunjukkan bahwa ada kesesuaian atau persamaan persepsi antara kedua *reviewer*

dalam menilai informasi anatomi pemeriksaan 3D TOF MRA pada keseluruhan variasi TR dan *flip angle*.

Selanjutnya untuk uji pengaruh menggunakan uji regresi linier berganda. Uji regresi dilakukan dua tahap, yang pertama untuk mengetahui pengaruh TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi 3D TOF MRA brain secara keseluruhan dan yang kedua uji regresi dilakukan pada setiap organ anatomi MRA brain.

Tabel 3. Hasil uji regresi secara keseluruhan

R	Adjusted R square	Sig
0,862	0,732	< 0,001

Uji statistik regresi menghasilkan nilai signifikansi *p value* < 0,05 yang berarti ada pengaruh signifikan pada pemberian variasi nilai TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi pada pemeriksaan 3D TOF MRA brain. Nilai *adjusted R square* bermakna 73,2 % informasi anatomi pemeriksaan 3D TOF MRA brain dipengaruhi oleh TR dan *flip angle* dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. nilai R menunjukkan koefisien korelasi yang sangat kuat antara TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi.

Untuk mengetahui nilai TR dan *flip angle* yang mempunyai informasi anatomi paling optimal secara keseluruhan menggunakan uji *friedman mean rank test*.

Tabel 4. Hasil uji *friedman mean rank test* keseluruhan

Variasi	Mean rank
FA20_TR30	4.58
FA20_TR40	2.46
FA20_TR50	2.64
FA25_TR30	6.08
FA25_TR40	5.44
FA25_TR50	4.51
FA30_TR30	8.01
FA30_TR40	5.83
FA30_TR50	5.43

Berdasarkan *mean rank* yang dihasilkan variasi TR 30 ms dan *flip angle* 30° memperoleh nilai terbesar yaitu 8,01 dibanding dengan yang lainnya, maka dapat dinyatakan variasi TR 30 ms dan *flip angle* 30° lebih optimal memberikan citra anatomi 3D TOF MRA brain.

Uji regresi linier berganda setiap kriteria anatomi dilakukan untuk mengetahui pengaruh setiap kriteria dalam sebuah citra. Hasil uji regresi linier berganda setiap kriteria anatomi dapat dilihat pada tabel 5.

Terdapat hubungan yang sedang dan signifikan antara TR dan *flip angle* terhadap *internal carotid arteri*. Ada pengaruh yang signifikan variasi TR dan *flip angle* terhadap *internal carotid arteri* dan 22 % *internal carotid arteri* dipengaruhi TR dan *flip angle* sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Tabel 5 hasil uji regresi linier berganda setiap kriteria anatomi

Informasi Anatomi	R	Adjusted R square	Sig
<i>Internal carotid arteri</i>	0,499	0,220	0,000
<i>Anterior cerebral arteri</i>	0,738	0,527	0,000
<i>Middle cerebral arteri</i>	0,643	0,391	0,000
<i>Posterior cerebral arteri</i>	0,854	0,719	0,000
<i>Vertebral arteri</i>	0,726	0,509	0,000
<i>Basilar arteri</i>	0,706	0,479	0,000

Tabel 6. Hasil uji *friedman mean rank test* per organ

Variasi FA dan TR	Informasi anatomi					
	ICA	ACA	MCA	PCA	VA	BA
FA 20 DAN TR 30	4,67	5,50	5,00	3,33	4,25	4,75
FA 20 DAN TR 40	3,17	2,33	1,92	2,00	3,17	2,17
FA 20 DAN TR 50	3,17	1,67	2,83	2,00	3,17	3,00
FA 25 DAN TR 30	5,42	5,67	6,50	6,08	6,33	6,50
FA 25 DAN TR 40	6,17	5,67	5,08	6,08	4,25	5,42
FA 25 DAN TR 50	4,67	5,08	4,33	4,67	4,25	4,08
FA 30 DAN TR 30	7,67	8,42	7,17	8,67	8,42	7,75
FA 30 DAN TR 40	4,67	5,00	6,42	6,08	6,33	6,50
FA 30 DAN TR 50	5,42	5,67	5,75	6,08	4,83	4,83

Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara TR dan *flip angle* terhadap *anterior cerebral arteri*. Ada pengaruh yang signifikan variasi TR dan *flip angle* terhadap *anterior cerebral arteri* dan 52,7 % *anterior cerebral arteri* dipengaruhi TR dan *flip angle* sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara TR dan *flip angle* terhadap *middle cerebral arteri*. Ada pengaruh yang signifikan variasi TR dan *flip angle* terhadap *middle cerebral arteri* dan 39,1 % *middle cerebral arteri* dipengaruhi TR dan *flip angle* sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Terdapat hubungan yang sangat kuat dan signifikan antara TR dan *flip angle* terhadap *posterior cerebral arteri*. Ada pengaruh yang signifikan variasi TR dan *flip angle* terhadap *posterior cerebral arteri* dan 71,9 % *posterior cerebral arteri* dipengaruhi TR dan *flip angle* sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara TR dan *flip angle* terhadap *vertebral arteri*. Ada pengaruh yang signifikan variasi TR dan *flip angle* terhadap *vertebral arteri* dan 50,9 % *vertebral arteri* dipengaruhi TR dan *flip angle* sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan antara TR dan *flip angle* terhadap *basilar arteri*. Ada pengaruh yang signifikan variasi TR dan *flip angle* terhadap *basilar arteri*

dan 47,9 % *basilar arteri* dipengaruhi TR dan *flip angle* sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Untuk mengetahui nilai TR dan *flip angle* yang mempunyai informasi anatomi paling optimal setiap organ menggunakan uji *friedman mean rank test*.

Berdasarkan hasil uji *friedman mean rank test* dihasilkan variasi TR 30 ms dan *flip angle* 30° memperoleh nilai terbesar, maka dapat dinyatakan variasi tersebut lebih optimal memberikan citra anatomi 3D TOF MRA *brain*.

DISKUSI

Pemilihan TR dan *flip angle* menjadi salah satu parameter yang dapat mempengaruhi agar citra optimal pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain*. Ada dua nukleus dengan sifat berbeda yang akan menjadi pengaruh pemilihan TR dan *flip angle* yaitu nukleus *stasioner* dan nukleus *flowing*. Pemilihan nilai TR dan *flip angle* yang tepat dapat membantu Radiolog untuk menginterpretasi citra secara tepat dan akurat. Hasil uji pengaruh pada penelitian ini menunjukkan nilai *p value* < 0,001 (*p* < 0,05) yang berarti ada pengaruh TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain*. Variasi TR 30 ms dan *flip angle* 30° dinyatakan sebagai variasi yang lebih optimal dalam menampilkan citra informasi anatomi 3D TOF MRA *brain*. karakteristik masing – masing variasi menimbulkan pengaruh yang signifikan secara statistik apabila ditinjau dari kemampuan semua variasi melakukan supresi terhadap nukleus *stasioner*.

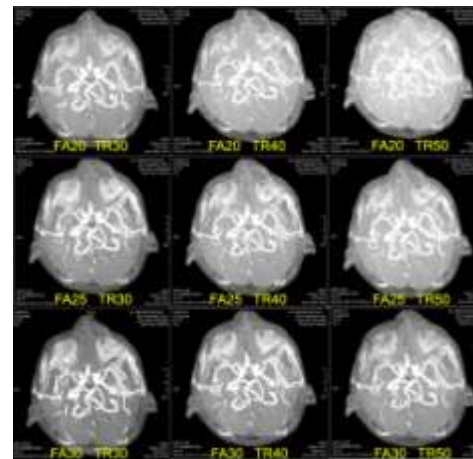
MRA berfungsi sebagai catatan fisiologi untuk aliran darah. Jika ada gangguan pada pola aliran darah seperti yang umumnya terjadi yaitu *stenosis* pada pembuluh darah, maka turbulensi dapat dicatat sebagai daerah dimana sinyal vaskular berkurang atau bahkan hilang. (Lee, 2001)

Time of flight (TOF) Salah satu sekuens yang digunakan dan dianggap efisien dalam pemeriksaan MRA. TOF menghasilkan kontras vaskular dengan memanipulasi *longitudinal* magnetisasi nukleus *stasioner*. TOF menggunakan *incoherent gradient echo* pulsa sekuens yang dikombinasikan dengan *gradient moment rephasing* untuk *enhancement* pada aliran. (Westbrook, 2011)

Metode TOF pada MRA dapat ditingkatkan dengan 2D (*slice by slice*) atau 3D (*volume*) mode akuisisi. Umumnya, TOF diakuisisi dengan 3D sehingga lebih optimal untuk mendapatkan resolusi tinggi dan untuk evaluasi pembuluh darah kecil dengan kecepatan pembuluh darah tinggi seperti pembuluh *intracranial* (*circle of willis*). (Westbrook,2011)

Pemilihan TR dan *flip angle* salah satu parameter yang dapat mempengaruhi agar citra lebih optimal. Penggunaan TR yang singkat memungkinkan waktu yang sangat terbatas untuk *recovery* ke magnetisasi *longitudinal* sebelum pulsa eksitasi berikutnya. *Flip angle* yang besar untuk eksitasi, akan sangat sedikit magnetisasi *transversal* untuk menghasilkan sinyal. Disisi lain, penggunaan pulsa radiofrekuensi dengan *flip angle* yang besar akan menghasilkan supresi yang lebih baik pada jaringan *stasioner*. (Mukherjee, 2007)

Nilai TR dan *flip angle* menjadi salah satu faktor penting untuk menghasilkan citra yang baik pada pemeriksaan MRA. Karena setiap kenaikan nilai *flip angle* maka sudut balik nukleus untuk *recovery* semakin lama kemudian ketika diberikan TR yang singkat maka nukleus *stasioner* akan menerima pulsa RF yang berulang sehingga akan tersupresi dan tidak menghasilkan sinyal maka citra yang dihasilkan akan *hypointens*. Oleh karena itu ketajaman atau kontras antara pembuluh darah dengan organ sekitar akan sangat baik ketika nukleus *stasioner* tersupresi dengan baik juga.



Gambar 1. Citra 3D TOF MRA *brain* dengan 9 (sembilan) variasi TR dan *flip angle*

Ketika TR yang digunakan lebih panjang maka nukleus *stasioner* akan mendapatkan waktunya untuk *recovery* lalu menghasilkan sinyal. Begitu pun ketika *flip angle* yang digunakan lebih kecil maka akan lebih mudah nukleus untuk *recovery* ke *longitudinal* dan menghasilkan sinyal. Jika nukleus *stasioner* menghasilkan sinyal maka akan berakibat buruk terhadap kontras gambaran.

Hal ini yang menjadikan nilai TR yang singkat dan *flip angle* besar lebih unggul dibanding dengan variasi yang lainnya. TR adalah pemberian pulsa RF satu ke pemberian RF berikutnya ketika waktu pemberian pulsa tersebut dipersingkat maka nukleus *stasioner* tidak cukup waktu untuk *recovery* menghasilkan sinyal sehingga akan tersupres. *Flip angle* adalah ukuran sudut yang menentukan seberapa banyak magnetisasi *longitudinal* yang dirubah menjadi *transversal*. Ketika *flip angle* yang gunakan lebih besar maka suatu nukleus untuk *recovery* semakin lama kemudian diberikan TR yang singkat, maka nukleus tersebut akan tersupresi.

SIMPULAN

Ada pengaruh TR dan *flip angle* terhadap informasi anatomi pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain* dengan *p value* <0,001 (*p* <0,05). Nilai TR dan *flip angle* yang mempunyai informasi anatomi lebih optimal pada pemeriksaan 3D TOF MRA *brain* yaitu TR 30 ms dan *flip angle* 30°. Direkomendasikan penggunaan TR 30 ms dan *flip*

angle 30° sebagai parameter untuk pemeriksaan 3D TOF MRA *brain*.

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, W, Scot. 2009. Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine, Fourth Edition, Volume One. Lippincott and Wilkins a Wolters Kluwer Bussiner : Philadelphia.
- Brown, Mark A. Semelka, Richard C. 2010. MRI: Basic Principles and Applications, third Edition. Wiley-Blackwell : Amerika Serikat.
- Carr, C James. Carroll, J Timothy. 2012. Magnetic Resonance Angiography, Principles and Application. Springer : New York Dordrecht London.
- Kartawiguna, Daniel. 2015. Tomografi Resonansi Magnetik Inti. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Lombardi, Massimo. Bartolozzi, Carlo. 2004. MRI Of The Heart And Vessels. Springer : Verlay Italia, Milan.
- Mukherjee, Debabrata. Rajagopalan, Sanjay. 2007. CT and MR Angiography Of The Peripheral Circulation, Practical Approach With Clinical Protocol. Informa : United Kingdom.
- Notoatmojo, Soekidjo. 2010. Metodologi Penelitian Kesehatan. Rineka Citra : Jakarta.
- Pearce, C Evelyn. 2002. Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Ramlho Joana, Castillo Mauricio. 2014. Vascular Imaging of the Central Nervous System: Physical Principles, Clinical Applications, and Emerging Technique. John Wiley and Sons : Hoboken.
- Schneider G, Prince. M. R, Meaney J.F.M, and Ho V.B. 2005. Magnetic Resonance Angiography, Technique Indication and Practical Application. Springer : Milan, Berlin, Heidelberg, New York.
- Syaifuddin. 2006. Anatomi Fisiologi Untuk Mahasiswa Keperawatan. EGC. Jakarta.
- Westbrook, Catherine. 2008. Handbook Of MRI Technique Third Edition. Wiley Blackwell Science Ltd.
- Westbrook Catherine, Kaut Caroline. 2011. MRI In Practice 4th Edition. Wiley Blackwell Science Ltd.
- Woodward, peggy and william, W. amison. 1997. MRI Optimization, a hand on approach. McGraw-Hill, Co. : USA.
- Woodward, Peggy. 2001. MRI for technologist. McGraw-hill, Inc : USA.