

PERBANDINGAN CITRA MRI *PEDIS SEQUENCE PROTON DENSITY FAT SATURATED* DAN *STIR (SHORT TAU INVERSION RECOVERY)* POTONGAN SAGITAL

Endah Wahyudiarti¹, Guntur Winarno², Shinta Gunawati³, Legia Prananto⁴, Nursama Heru⁵

¹*RSUD Chasbullah Abdulmadjid Kota Bekasi*

^{2,3,4,5}*Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Indonesia*

Corresponding author: Endah Wahyudiarti

e-mail: e.wahyudiarti18@gmail.com

ABSTRACT

Background: The differences in fat suppression MR images between Proton Density Fat Saturated sequence with STIR sequence in MRI pedis sagittal view. This research aims to analyze the differences of SNR, CNR, and the details MR images.

Methods: Secondary data were using by non-probability sampling technique with 10 purposive sampling of pedis MR images Proton Density Fat Saturated *sequence* and STIR sequence sagittal view in DICOM were done by using imageJ software. The instrument of this research consisted of a worksheet and questionnaire.

Result: This research showed SNR *p value/sig* $0,000 < 0,05$ and CNR *p value/sig* $0,575 > 0,05$. In Proton Density Fat Saturated sequence sagittal view the detail of ekstra-articular fluids value is 1,76, tendon Achilles value is 2,88, joint space value is 2,86 and bone marrow value is 2,04, contrast resolution value is 2,418, noise ratio value is 2,32. Pedis MR images of STIR sequence sagittal view the details of ekstra-articular fluids value is 2,92, tendon Achilles value is 3,28, joint space value is 2,84 and bone marrow value is 3,4, contrast resolution value is 3,022 and noise ratio value is 2,44.

Conclusion: There is a significant difference of SNR value, no significant differences in CNR value and value of MRI pedis sequence Proton Density Fat Saturated sagittal detail is clear enough to show tendon achiles, bone marrow, joint space and not clear to show ekstra-articular fluids. STIR nice to show tendon achiles and bone marrow and clear enough to show ekstra-articular fluids and joint space.

Keyword : *MRI pedis, Fat Suppresion, Proton Density Fat Saturated sequence, STIR sequence*

Pendahuluan

MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) merupakan salah satu alat penunjang kesehatan di bidang radiologi yang bersifat *non-invasif* yaitu dengan memanfaatkan *atom hydrogen* yang berada di dalam tubuh manusia menggunakan medan magnet,

gelombang radio dan komputer untuk menghasilkan irisan anatomi tubuh secara *multiplanar* dengan kontras resolusi yang sangat baik antara berbagai jaringan lunak tubuh sehingga sangat berguna dalam pencitraan *kardiovaskular, muskuloskeletal, neurologis* dan *onkologis* serta dalam mendeteksi *abnormalitas* berupa tumor atau

penyempitan jalur jaringan lunak (Brown, Mark A.; Dale, Brian M.; Semelka 2015; Elmaoğlu and Çelik 2012). Dalam evaluasi kualitas gambar, parameter pengukuran kualitas objektif diperlukan agar kualitas gambar dapat dihitung dengan baik sesuai standar algoritma yang telah ditetapkan. Tiga karakteristik yang menentukan kualitas citra yaitu: *Signal-to-noise ratio* (SNR), *Contrast-to-noise ratio* (CNR) dan Spatial Resolusi (Westbrook, Roth, and Talbot 2011). Spatial resolution merupakan kemampuan untuk membedakan antara dua titik secara terpisah dan jelas, berfungsi untuk melihat ketajaman pada gambar dalam mengidentifikasi obyek yang kecil. SNR yaitu perbandingan antara besarnya amplitudo sinyal dengan amplitudo noise yang mana nilai SNR tersebut digunakan sebagai kriteria untuk menentukan kualitas citra. CNR adalah perbedaan SNR antara organ yang saling berdekatan. CNR yang baik dapat menunjukkan perbedaan daerah yang patologis dan daerah sehat (Arifah, Kartikasari, and Murniati 2017). SNR dan CNR dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kekuatan medan magnet, densitas *proton*, *time repetition* (TR), *time echo* (TE), *flip angle*, *tipe coil*, dan *voxel volume* (Westbrook and Talbot 2019).

Jaringan lemak mengandung sejumlah proton hidrogen yang menunjukkan sinyal tinggi pada pencitraan *T1* dan *T2 weighted*. Sinyal tinggi pada jaringan adiposa tak hanya menutupi sinyal jaringan lain tetapi juga dapat menghasilkan artefak *chemical shift*. *Sequence fat suppression* dapat menekan sinyal jaringan adiposa sehingga dapat mengurangi artefak *chemical shift* dan dapat meningkatkan visualisasi kontras citra MRI. Oleh karena itu, *sequence fat suppression* dibutuhkan untuk mendiagnosa kelainan *muskuloskeletal* (Wu et al. 2012; Yang et al. 2015).

Di dalam telapak kaki terdapat otot, ligamen, tulang, saraf, yang dibungkus kulit. Jaringan adiposa tersebar di berbagai bagian dalam tubuh manusia (Gray 2016).

Proton Density Fat Saturated weighted biasa digunakan pada persendian *ekstremitas*, keuntungannya adalah baik untuk mendeteksi *fraktur okultisme* pada *ekstremitas* khususnya pada trauma tulang, ligamen, tendon dan tulang rawan sendi. Teknik penekanan pada

lemak membutuhkan instrumen MR dengan kekuatan magnet yang tinggi (stabil)(Abdulla, Sarah. Clarke 2018; Lee 2016; Wu et al. 2012). *Short Tau Inversion Recovery* (STIR) adalah salah satu teknik *fat-suppression* yang merupakan bagian *inversion recovery*, digunakan untuk mengurangi sinyal lemak sehingga untuk kelainan *bone marrow* dan kelainan organ yang dikelilingi oleh lemak dapat teridentifikasi dengan baik. (Brown, Mark A.; Dale, Brian M.; Semelka 2015; Westbrook, Roth, and Talbot 2011). STIR memiliki keuntungan tidak sensitif terhadap medan magnet inhomogen (dapat digunakan untuk medan magnet rendah), dapat digunakan untuk pemeriksaan dengan *field of view* besar (misalnya *spine*), baik untuk diagnosa *bone marrow edema*, baik untuk memperlihatkan *spinal cord injury*, *fraktur* dan *osteoporosis*, penekanan lemak yang homogen pada pasien yang menggunakan *metalimplant*, nilai *specific absorption rate* (SAR) tinggi, memproduksi *signal fat suppression* yang seragam (dapat menekan lemak pada semua jaringan), *insensitivity* tinggi terhadap *Bo inhomogeneity* (Dalto et al. 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan nilai SNR, CNR dan detail citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan STIR potongan *sagital*.

Metode penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analitik kuantitatif dan *retrospective*. Populasi dari penelitian ini adalah seluruh pasien MRI *pedis* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Medistra pada bulan Januari 2019-Desember 2020. Sampel dalam penelitian ini adalah 10 sampel *Purposive Sampling*. Kriteria inklusi partisipan dalam penelitian ini adalah pasien dewasa, usia diatas 18 tahun dan kriteria eksklusi partisipan dalam penelitian ini adalah pasien usia dewasa dengan kelainan bawaan (*Anomali konginetal*).

Hasil

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Medistra. Data yang

didapat telah melakukan standar operational prosedur pemeriksaan MRI *pedis*.

Pesawat MRI yang digunakan merk GE HDXt superkonduktor dengan kuat medan magnet 1,5 Tesla dan menggunakan *quadfoot coil*.

Sampel yang digunakan berjumlah 10 *purposive sampling MRI pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dan 10 *purposive sampling MRI pedis STIR* potongan *sagital* disimpan dalam bentuk DICOM dan dilakukan analisis penghitungan nilai individual *pixel* dan nilai mean-nya dengan *software image*.



Gambar 1. (A) Citra MRI *pedis sequence STIR* Potongan *Sagital*. (B) Citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital*

1. Perhitungan secara kuantitatif.

Penghitungan menggunakan *software Image J* pada 10 titik citra *Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dan citra *STIR* potongan *sagital*, titik 1 sampai dengan titik 9 diletakan pada tulang pedis dan titik 10 diletakan pada soft tissue pedis. 10 titik ROI pada objek *pedis* yaitu 1/3 *distal* tulang *cruris*, tulang *talus*, tulang *Head of talus*, tulang *calcaneus*, tulang *navicular*, tulang *cuneiforme*, tulang *metacarpal*, tulang *phalang distal*, tulang *phalang medial*, *soft tissue pedis*. Dari penghitungan 10 titik ROI dengan *software imageJ* didapatkan nilai mean objek (sinyal), nilai standar deviasi objek(*noise*) dan standar deviasi *background(noise background)*. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* dan *Contras to Noise Ratio (CNR)*.

Tabel 1. Nilai Mean(sinyal) per ROI objek

Sequence	Titik ROI	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6	Sampel 7	Sampel 8	Sampel 9	Sampel 10
PROTON DENSITY FAT SATURATED POTONGAN SAGITAL	ROI1	3103,00	547,22	2533,00	2315,33	534,56	2701,11	2549,33	3252,11	534,44	2970,22
	ROI2	1709,33	777,67	1975,44	1731,78	719,22	1891,33	2275,33	2370,78	877,56	2300,67
	ROI3	897,33	2139,00	1325,00	563,11	1576,89	1109,56	1882,11	1371,78	1060,78	1947,89
	ROI4	753,33	1924,00	2176,11	876,33	2012,33	534,89	760,00	732,89	2510,56	1584,33
	ROI5	712,11	2769,56	639,22	437,44	2254,33	520,89	1121,33	617,22	1940,33	1612,67
	ROI6	658,67	1674,89	471,33	495,22	2130,78	521,00	648,67	618,22	1742,00	1403,56
	ROI7	839,44	2307,11	977,67	922,00	1392,00	816,67	810,56	1224,56	1416,11	864,33
	ROI8	2001,22	2167,67	1949,00	2178,22	2184,67	2650,11	1956,89	1691,78	2920,56	895,22
	ROI9	1754,00	2046,44	2786,78	2559,78	1510,44	3001,44	2454,00	1751,67	1813,44	961,00
	ROI10	890,22	1038,67	937,22	924,56	890,56	929,44	836,67	952,11	914,78	806,89
STIR POTONGAN SAGITAL	ROI1	281,22	552,56	158,89	143,44	312,67	177,56	215,00	281,33	177,89	286,89
	ROI2	251,89	262,11	186,89	182,22	238,33	174,11	196,00	290,00	155,44	283,33
	ROI3	254,11	428,00	245,44	181,44	195,56	127,22	238,67	274,44	135,33	243,00
	ROI4	221,00	228,44	247,44	199,22	221,33	260,89	232,67	206,44	114,56	223,56
	ROI5	128,78	275,11	187,78	168,67	191,22	136,78	135,78	233,67	432,44	249,22
	ROI6	188,22	128,22	143,22	215,56	225,33	197,44	154,00	239,44	142,33	302,00
	ROI7	171,00	287,56	345,11	114,78	89,56	59,56	280,78	199,33	80,89	367,78
	ROI8	175,44	417,78	457,67	239,89	266,56	373,56	280,00	262,67	209,67	355,22
	ROI9	170,22	213,56	339,11	237,67	218,11	416,56	526,78	197,78	149,56	317,67
	ROI10	308,78	324,44	368,78	301,11	289,78	308,56	288,78	322,56	341,22	316,22

Data mean, standar deviasi objek dan standar deviasi background di buat rata-rata nilai dan dimasukan kedalam rumus pengitungangan untuk mendapatkan nilai SNR dan CNR dapat dilihat pada **tabel 2**.

$$SNR = \frac{\text{signal objek}}{\text{noise objek}}$$

$$CNR = \frac{SNR1 - SNR2}{\text{noise background}}$$

Tabel 2. Nilai Mean objek, standar deviasi objek, standar deviasi *background*, SNR dan CNR

Sampel	Rata-rata	Rata-rata	Rata-rata	Rata-rata	Rata-rata	Rata-rata	SNR	SNR	CNR	CNR
	Mean PDFS	Mean STIR	stdevPDFS	stdevSTIR	<i>background</i>	<i>background</i>	PDFS	STIR	PDFS	STIR
					PDFS	stir				
1	2.104,0	2.587,445	522,878	242,628	167,995	59,155	29	7,9	0,75	0,17
2	1.662,9	2.220,332	525,222	23,087	9,399	56,515	25	5,9	0,29	0,53
3	1.387,3	2.323,221	624,103	329,627	80,485	492,825	28	8,1	0,76	1,71
4	1.386,5	2.155,555	367,522	255,634	625,675	619,575	17,6	4,8	3,82	3,55
5	1.262,5	2.139,445	337,466	407,554	85,625	5,028	31,8	6,7	1,04	1,09
6	1.036,4	1.935,776	514,518	443,556	39,775	34,335	26,4	6,9	1,86	8,6
7	1.157,0	1.996,335	384,022	27,861	62,425	461,375	16,4	3,8	16,4	3,8
8	2.059,5	3.038,446	774,085	426,288	5,633	503,475	26,7	7,6	2,74	11,57
9	2.063,9	2.787,002	940,547	522,983	733,375	446,425	19,6	6,1	11,16	0,93
10	912,1	3.170,223	221,682	177,617	510,725	590,825	32,9	9,5	7,95	0,36

a. Uji Normalitas

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh memiliki distribusi normal atau tidak dan untuk menentukan uji statistik yang tepat.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas SNR

Sequence	p value/sig	Makna
Poton Density Fat Saturated potongan sagital	0,408	Normal
STIR potongan sagital	0,991	Normal

Berdasarkan tabel 3 diperoleh nilai p value/signifikansi SNR pada MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated potongan sagital* dan *sequence STIR potongan sagital* > 0.05, dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Selanjutnya analisis statistik dengan menggunakan uji statistik *Paired T-Test*.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas CNR

Sequence	p value/sig	Makna
SNR Poton Density Fat Saturated potongan sagital	0,015	Tidak Berdistribusi Normal
SNR STIR potongan sagital	0,008	Tidak Berdistribusi Normal

Berdasarkan tabel 4, diperoleh nilai p value/signifikansi CNR pada citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated potongan sagital* dengan *sequence STIR potongan sagital* < 0.05, disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal. Selanjutnya analisis statistik dengan menggunakan uji statistik *Wilcoxon*.

b. Uji Statistik

Uji *Paired Sample T-Test* adalah pengujian yang digunakan untuk data berdistribusi normal. Uji *wilcoxon* merupakan uji nonparametris untuk data yang berdistribusi tidak normal.

Hipotesis :

Ho : Tidak Ada perbedaan citra MRI *pedis* antara *sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan citra *sequence STIR potongan Sagital*.

Ha : Ada perbedaan citra MRI *pedis* antara *sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan citra *sequence STIR potongan Sagital*.

Kriteria Uji ($\alpha : 5\%$) :

Tolak : Ho jika p – value < α

Terima : Ho jika p – value > α

Tabel 5. Uji statistik SNR Paired *T-Test* Sampel

Sequence	p value/sig
Poton Density Fat Saturated potongan sagital - STIR potongan sagital	0,000

Berdasarkan table 5, nilai SNR pada *sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan *sequence STIR* potongan *sagital* memiliki *p value/sig* 0,000 <0.05 artinya ada perbedaan yang signifikan.

Tabel 6. Uji statistik Wilcoxon nilai CNR

Sequence	<i>p value/sig</i>
<i>Poton Density Fat Saturated</i> potongan <i>sagital</i> - <i>STIR</i> potongan <i>sagital</i>	0,575

Berdasarkan tabel 6, nilai CNR pada *sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan *sequence STIR* potongan *sagital* memiliki *p value/sig* 0,575 >0.05 artinya tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

2. Penghitungan secara kualitatif

Analisa kualitatif dilakukan dengan menggunakan kuisioner yang diberikan kepada 5 orang dokter spesialis radiologi untuk menilai detail citra MRI *pedis* (Cairan *ekstra* artikular, *tendon achiles*, tulang sendi, *bone marrow*), kontras resolusi (perbedaan intensitas pada tulang-tulang *pedis*, pada *soft tissue pedis* dan antara tulang-tulang *pedis* dengan *soft tissue pedis*) dan *noise ratio* dari citra MRI *pedis*. Setiap kuisioner terdapat tiga lampiran pertanyaan dengan rentang nilai 1 – 4.

Tabel 9 Rata-rata Nilai Kuisioner Citra MRI *Pedis Sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dan *STIR* potongan *sagital*

Penilaian Informasi Citra	PDFS	STIR
Cairan <i>ekstra</i> artikular	1,76	2,92
<i>Tendon Achilles</i>	2,88	3,28
Ruang Sendi	2,86	2,84
<i>Bone marrow</i>	2,04	3,4
Kontras resolusi citra MRI <i>pedis</i>	2,418	3,022
Noise Ratio citra MRI <i>pedis</i>	2,32	2,44

Pembahasan

1. Berdasarkan hasil analisa ImageJ dan perhitungan statistik didapatkan hasil penghitungan kuantitatif SNR didapatkan nilai *p value/sig* bernilai 0,000 <0.05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan citra *sequence STIR* potongan *sagital* yang signifikan. Diketahui dari hasil penghitungan *software imageJ* pada tabel 1 nilai mean per ROI objek, terdapat dua nilai intensitas pada tulang *pedis* yaitu nilai intensitas tinggi tulang *pedis* yaitu 890,222-3252,111, nilai intensitas rendah tulang *pedis* yaitu 437,444-890,222. Nilai intensitas *soft tissue pedis* yaitu: 806,889-1038,667. Perbedaan yang signifikan terdapat pada nilai intensitas tinggi dari tulang *pedis* pada citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital*. Nilai intensitas tinggi (*hiperintens*) dari tulang *pedis* menyebabkan akumulasi nilai mean objek menjadi tinggi. Sehingga menyebabkan nilai SNR menjadi tinggi. Nilai SNR didapatkan dari akumulasi nilai mean objek dibagi nilai standar deviasi objek. Sedangkan pada *sequence STIR* tidak terdapat citra dengan intensitas tinggi pada tulang *pedis*. Nilai intensitas tulang pada citra MRI *pedis sequence STIR* yang dihasilkan *software imageJ* yaitu: 59,556-552,556. Perbedaan intensitas citra MRI *pedis* pada gambar 1 tampak pada *sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dikarenakan adanya kegagalan pulsa *fat saturated* menekan sinyal lemak. Menurut Dr. Sarah Abdulla dan Dr. Christopher Clarke dalam buku *FRCR Physics Notes: 2018*, sekuen *fat saturated* memanfaatkan frekuensi lamor yang berbeda dari lemak dan air dengan menerapkan pulsa RF maksimal untuk meniadakan sinyal lemak. Jika frekuensi puncak dari lemak sedikit berbeda disebabkan oleh geometri anatomi kontur yang berubah cepat (Contoh: pergelangan kaki dan kaki) atau *magnetic field gradient* menyimpang maka pulsa RF akan mengalami kegagalan dalam proses penekanan lemak sehingga sinyal lemak ada dapat ditekan (*supression*) dengan baik dan ada yang tidak dapat ditekan (*supression*) dengan baik oleh pulsa *fat*

saturation. Oleh sebab itu, terdapat intensitas pada citra MRI *pedis* yang tidak sesuai dengan intensitas citra yang seharusnya terbentuk pada MRI *pedis*.

Area yang mengandung jaringan adiposa tampak gelap atau intensitas rendah (*hipointens*) dalam citra MRI *Proton Density Fat Saturated*. Tampilan citra MRI *Proton Density Fat Saturated* dan STIR adalah sebagai berikut :

Bone marrow : Gelap/ *hipointens*
Otot : Abu-abu/ *isointens*
Fat : Gelap/ *hipointens*
Fluid : Terang/ *hiperintens*
Darah : Gelap/ *hipointens*
Tulang : Gelap/ *hipointens*
Udara : Gelap/ *hipointens*

Dengan penambahan pulsa *fat saturated* pada *sequence Proton density*, *patologis* tampak terang/ *hiperintens*(*Proton Density Fat Saturated*.MRI Master.pdf n.d.; *Proton Density Fat Saturated* dan STIR.MRI Master.pdf n.d.).

2. Berdasarkan tabel 6, diperoleh hasil uji statistik yang memiliki *p value/sig* bernilai 0,575 >0.05, artinya nilai CNR pada *sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan *sequence* STIR potongan *sagital* tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan perbedaan kontras dan *noise* antara citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan *sequence* STIR potongan *sagital* tidak jauh berbeda.

3. Menurut penilaian subjektif 5 orang responden dokter radiologi terhadap citra MRI *pedis* :

a. *Sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* detail citra MRI *pedis* pertama adalah *tendon achilles* dengan nilai 2,88, kedua adalah ruang sendi dengan nilai 2,86, ketiga adalah *bone marrow* dengan nilai 2,04 dan terakhir adalah cairan ekstra artikular dengan nilai 1,76, kontras resolusi citra MRI *pedis* cukup jelas dengan nilai 2,418 dan *noise ratio* cukup jelas dengan nilai 2,32.

b. *Sequence* STIR potongan *sagital* detail citra MRI *pedis* pertama adalah *bone marrow* dengan nilai 3,4, kedua adalah *tendon achilles* dengan nilai 3,28, ketiga adalah cairan ekstra artikular dengan nilai 2,92 dan terakhir ruang sendi dengan nilai 2,84, kontras resolusi citra

MRI *pedis* baik dengan nilai 3,022 dan *noise ratio* cukup jelas dengan nilai 2,44.

Kesimpulan

1. Terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai SNR citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan *sequence* STIR potongan *sagital*, nilai *p value/sig* SNR adalah $0,000 < \alpha$.
2. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai CNR citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* dengan *sequence* STIR potongan *sagital*, nilai *p value/sig* CNR adalah $0,522 > \alpha$.
3. Detail citra MRI *pedis sequence Proton Density Fat Saturated* cukup jelas untuk menilai *tendon achilles*, ruang sendi dan *bone marrow* serta kurang jelas untuk menilai cairan ekstra artikular. *Sequence* STIR potongan *sagital* jelas sampai sangat jelas untuk menilai *bone marrow* dan *tendon achilles* serta cukup jelas untuk menilai ruang sendi dan cairan ekstra artikular. *Sequence Proton Density Fat Saturated* potongan *sagital* memiliki kontras resolusi citra MRI *pedis* cukup baik dan *noise ratio* yang cukup baik. *Sequence* STIR potongan *sagital* memiliki kontras resolusi yang baik dan *noise ratio* yang cukup baik.

Daftar Pustaka

- Abdulla, Sarah. Clarke, Christopher. 2018. "FRCR Physics Notes."
- Arifah, Ahda Nur, Yeti Kartikasari, and Emi Murniati. 2017. "Comparative Analysis of the Value of Signal To Noise Ratio (Snr) At Mri Ankle Joint Examination Using Quad Knee Coil and Flex/Multipurpose Coil." *JImeD* 3(1): 220–24.
https://www.researchgate.net/publication/328389266_Analisis_Perbandingan_Nilai_Signal_to_Noise_Ratio_SNR_pada_Pemeriksaan_MRI_Ankle_Joint_dengan_Menggunakan_Quad_Knee_Coil_dan_Flex_Multipurpose_Coil.
- Brown, Mark A.; Dale, Brian M.; Semelka, Richard C. 2015. *MRI : Basic Principles and Applications*. Wiley-Blackwell.

- Dalto, Vitor Faeda et al. 2020. "Comparison between Stir and T2-Weighted Spair Sequences in the Evaluation of Inflammatory Sacroiliitis: Diagnostic Performance and Signal-to-Noise Ratio." *Radiologia Brasileira* 53(4): 223–28.
- Elmaoğlu, Muhammed, and Azim Çelik. 2012. MRI Handbook *MRI Handbook*.
- Gray. 2016. *GRAY'S Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice*. ed. Susan Stranding.
- Lee, se won. 2016. "Musculoskeletal Injuries and Conditions." : 383–401.
- "Proton Density Fat Saturated.MRI Master.Pdf."
- "Proton Density Fat Saturated Dan STIR.MRI Master.Pdf."
- Westbrook, Catherine, Carolyn Kaut Roth, and John Talbot. 2011. *MRI in Practice*. 4th ed. Wiley-Blackwell.
- Westbrook, Catherine, and John Talbot. 2019. *MRI in Practice*. 5th ed. Wiley-Blackwell.
- Wu, Jing, Ling-Quan Lu, Jian-Ping Gu, and Xin-Dao Yin. 2012. "The Application of Fat-Suppression MR Pulse Sequence in theDiagnosis of Bone-Joint Disease." *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology* 01(03): 88–94.
- Yang, Guang et al. 2015. "Fat-Suppresion Techniques for 3-T MR Imaging of The Muculoskeletal System." 344(6188): 1173–78.