

Analisis Informasi Citra Anatomi Pada MRI Lumbal T2 *Turbo Spin Echo* (TSE) Potongan *Axial* Dengan Variasi Ukuran Matriks

Naurah Zalfa Indriawan¹, Ary Kurniawati², Rasyid³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Semarang

Corresponding author: Ary Kurniawati

Email: ary.kurniawati@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: The use of matrix size is a way to increase the spatial resolution. By using a small matrix size, it will reduce the spatial resolution, on the contrary, the use of a large matrix size will cause noise in the image. At Prof. Dr. R. Soeharso Orthopedic Hospital, the use of a low matrix will cause blurry images but can reduce scan time. The purpose of this research is to find out the difference in anatomical image information and to determine the optimal image for Lumbar MRI examination of T2 TSE axial sequence pieces with variations in matrix size.

Methods: This type of research is quantitative research with an experimental approach. This research was conducted at the Radiology Installation of Orthopedic Hospital Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta. The research was conducted on 10 volunteers for Lumbar MRI examination with matrix size variations of 256 x 256, 384 x 384, and 512 x 512. Assessment of image results is carried out by giving questionnaires to respondents then for data processing is carried out with the Friedman test and Wilcoxon test.

Results: The results of the Lumbar MRI research of the T2 TSE axial sequence with variations in matrix size found that there were significant differences in all anatomy with a p value of 0.000 ($p < 0.05$). There were differences for each anatomy of the nucleus, ligament flavum, spinous process, lamina arcus vertebrae, facet joint, spinal canal, neural foramina, transverse nerve, exiting nerve, and recess lateralis between matrices with a p value of 0.000. For annulus fibrosus p value 0,05. The optimal image results on all anatomical anatomies were obtained in a matrix measuring 384 x 384 with a mean rank value of 2.45.

Conclusions: The matrix with a size of 384 x 384 can display clearly, especially the small anatomy found in the lumbar such as the facet joint, neural foramina, transverse nerve, exiting nerve, and recess lateralis.

Keyword: Lumbar, Matrix sizes, Image resolution

Pendahuluan

Magnetic Resonance Imaging (MRI) memiliki peran penting yang mampu menunjukkan gambaran jaringan lunak tubuh. MRI merupakan pencitraan yang mendukung dalam menegakkan diagnosa kondisi seseorang dikarenakan kepekaan dan fleksibilitas terhadap hampir seluruh jaringan (Brian M. Dale, Mark A. Brown and Richard C. Semelka, 2015).

Sekuen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Turbo Spin Echo* (TSE). Kelebihan dari penggunaan sekuen TSE yaitu waktu akuisisi lebih cepat dan kualitas citra meningkat. Sekuen TSE sering digunakan pada pembobotan T2. TSE digunakan sebagai protokol rutin pada pemeriksaan MRI dikarenakan penerapan matriks yang sangat halus dapat meningkatkan resolusi spasial secara signifikan (Catherine Westbrook, 2014).

Fungsi potongan *axial* pada MRI adalah untuk melihat anatomi nucleus pulposus dan *annulus fibrosus* yang terdapat pada *discus intervertebralis*.

Selain itu, pada *posterior discus intervertebralis* terdapat *subarachnoid space* yang terlihat di dalam *dural sac* (Michael E. Madden, 2013). Selain itu, potongan *axial* pembobotan T2 digunakan melihat anatomi yang meliputi *central canal*, *lateral recesses*, dan *neural foramina* (Jason Hartman, Michelle Granville and Robert E. Jacobson, 2019). MRI lumbal pada potongan *axial* dapat menambah informasi anatomi seperti tinggi dari *discus intervertebralis*, bentuk dari *thecal sac*, dan *ligamentum flavum* (Heba Ibrahim Ali and Alaa Saleh, 2015). Potongan *axial* pembobotan T2 anatomi yang tampak yaitu *facet joint*, *lamina*, serta *discus intervertebralis* yang terdiri dari *nucleus pulposus* dan dikelilingi oleh *annulus fibrosus* (John McNamee et al., 2013). Adapun anatomi lumbal yang lebih kecil yang tampak pada potongan *axial* pembobotan T2 selain *annulus fibrosus* dan *nucleus pulposus* adalah *transverse nerve*, *recessus lateralis*, dan *exiting nerve* sehingga diperlukan gambaran yang lebih detail untuk melihat anatomi

yang lebih kecil pada potongan *axial* (Suthar et al., 2015).

Resolusi adalah kemampuan mata manusia dalam membedakan satu struktur dengan struktur lainnya. Pada MRI resolusi ditentukan oleh jumlah *voxel* dan *Field of View* (FOV). Semakin tinggi resolusi sebuah citra maka semakin baik untuk melihat patologi yang berukuran kecil. Ukuran *voxel* dapat dihitung melalui pembagian antara *Field of View* (FOV) dengan ukuran matriks (Wasemm Zafar et al., 2019). Ukuran *voxel* dipengaruhi oleh *slice thickness*, FOV, dan jumlah *pixel* (Catherine Westbrook and John Talbot, 2019).

Matriks merupakan *pixel* yang terdapat di dalam citra MRI, terdiri dari kolom dan baris dalam suatu matriks. Ukuran matriks yang biasa digunakan dalam pemeriksaan MRI yaitu 256-512 (Donald McRobbie, Elizabeth A. Moore and Martin J. Graves, 2017). Matriks gambar menentukan jumlah *pixel* dalam FOV. *Pixel* yang lebih kecil akan meningkatkan resolusi spasial. Semakin besar ukuran matriks yang digunakan maka akan meningkatkan waktu *scanning*. Ukuran matriks yang kecil akan menghasilkan *voxel* yang besar serta meningkatkan *signal to noise ratio* (SNR) sedangkan matriks yang kecil dengan *voxel* kecil dan *signal to noise ratio* (SNR) yang rendah sehingga menghasilkan resolusi yang kurang baik (Catherine Westbrook and John Talbot, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan informasi citra anatomi lumbal dan untuk mengetahui ukuran matriks yang optimal pada pemeriksaan MRI Lumbal sekuen T2 TSE potongan *axial*.

Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi pada sekuen T2 TSE dengan variasi ukuran matriks potongan *axial* pada pemeriksaan MRI Lumbal. Penelitian dilakukan pada tanggal 1 April – 1 Mei 2024 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit yang memiliki modalitas MRI.

Prosedur penelitian ini diawali dengan mencari 10 volunteer untuk dilakukan pemeriksaan MRI Lumbal, setelah itu volunteer mengisi *informed consent* dan surat kesediaan menjadi sampel penelitian. Peneliti memberikan edukasi tentang dilakukannya pemeriksaan MRI Lumbal dengan mengubah salah satu parameter MRI yaitu ukuran

matriks 256 x 256, 384 x 384, dan 512 x 512. Pasien melepas benda logam sebelum masuk ke dalam ruangan MRI. Posisi pasien *supine head first* dan diberi *earphone* untuk mengurangi kebisingan.

Pengaturan protokol *scanning* dimulai dengan *localizer*, setelah itu melakukan *scanning* sekuen T2 TSE sagital, dan terakhir melakukan *scanning* sekuen T2 TSE *axial*. Parameter yang digunakan seperti TR 4000 ms, FOV 200 mm, *slice thickness* 4 mm, NEX 2, *phase resolution* 100%.

Anatomi yang dinilai meliputi *annulus fibrosus*, *nucleus*, *ligamentum flavum*, *spinosus process*, *lamina arcus vertebrae*, *facet joint*, *canalis spinalis*, *foramina neuralis*, *exiting nerve*, *transverse nerve*, dan *recessus lateralis*. Kedua responden mencermati hasil citra anatomi MRI lumbal pada potongan *axial* diskus L2-3. Rentang penilaian kuisioner adalah nilai 3 berarti “jelas” apabila citra anatomi pada MRI Lumbal yang dinilai tampak jelas dan batas antar anatomi lain tampak tegas, nilai 2 berarti “cukup jelas” apabila citra anatomi pada MRI Lumbal yang dinilai cukup jelas dengan batas antar anatomi kurang tegas, dan nilai 1 berarti “tidak jelas” apabila citra anatomi pada MRI Lumbal yang dinilai tidak tampak jelas dan batas antar anatomi tidak tegas. Penilaian dilakukan oleh dua responden, responden dalam penelitian ini adalah dokter spesialis radiologi dengan pengalaman ekspertise minimal 5 tahun.

Setelah citra dinilai oleh dokter, peneliti melakukan analisis data menggunakan *software* SPSS yang terdiri dari uji kappa untuk melihat kesepakatan antar responden, uji Friedman untuk mengetahui hipotesis mana yang diterima dan ukuran matriks yang optimal, lalu uji lanjutan wilcoxon untuk melihat signifikansi antar ukuran matriks.

Hasil dan Pembahasan

Sampel penelitian terdiri dari 10 volunteer yang bersedia dilakukan pemeriksaan MRI Lumbal dengan jumlah rentang usia 19-33 tahun sebanyak 8 *volunteer* dan rentang usia 34-48 tahun sebanyak 2 *volunteer*. *Volunteer* laki-laki sebanyak 5 dan perempuan berjumlah 5.

Tabel 1 Sampel berdasarkan rentang usia

No	Rentang usia (tahun)	Jumlah	Presentase (%)
1.	19-33	8	80%
2.	34-48	2	20%
	Total	10	100%

Sumber: Data Primer 2024

Tabel 2 Sampel berdasarkan jenis kelamin

No	Jenis kelamin	Jumlah	Presentase (%)
1.	Laki-laki	5	50%
2.	Perempuan	5	50%
	Total	10	100%

Sumber: Data Primer 2024

Penilaian informasi citra anatomi dilakukan oleh dua responden. Responden dalam penelitian ini adalah dokter spesialis radiologi. Pertama dokter spesialis radiologi berjenis kelamin laki-laki dengan pengalaman ekspertise MRI selama 13 tahun. Kedua dokter spesialis radiologi berjenis kelamin perempuan dengan pengalaman *ekspertise* MRI selama 9 tahun.

Tabel 3 Karakteristik Responden

Responden	Jenis kelamin	Pengalaman MRI	Jabatan
1	Laki-laki	13 thn	Dokter spesialis radiologi
2	Perempuan	9 thn	Dokter spesialis radiologi

Sumber: Data Primer 2024

Scan time pada pemeriksaan MRI Lumbal T2 TSE potongan *axial* dengan variasi ukuran matriks

Tabel 4 *Scan time* pemeriksaan MRI Lumbal

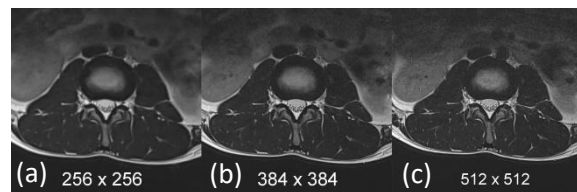
Ukuran matriks	<i>Scan time</i>
256 x 256	3:18
384 x 384	4:54
512 x 512	6:30

Sumber: Data Primer 2024

Penelitian dengan variasi ukuran matriks pada MRI Lumbal dengan potongan *axial* telah dilakukan dengan memperoleh 30 citra pada 10 *volunteer*. Seluruh citra telah dinilai oleh dua responden dan kemudian dilakukan uji statistik untuk mengetahui apakah ada perbedaan atau tidak pada informasi citra anatomi MRI Lumbal pada potongan *axial*.

Hasil citra yang ditunjukkan pada gambar 1 yang akan dinilai oleh dua responden dengan cara memberikan nilai pada lembar kuisioner yang berisi anatomi lumbal. Setelah mendapatkan nilai kuisioner lalu dilakukan uji kesepakatan responden menggunakan uji kappa untuk mengetahui tingkat kesepakatan antar responden. Menurut Sugiyono

(2015) hasil kesepakatan yang baik dicapai pada nilai lebih dari 0,6.

Gambar 1 Hasil citra MRI Lumbal potongan *axial* variasi ukuran matriks (a) 256x256 (b) 384x384 (c) 512x512

Tabel 5 Uji Kesepakatan Antar Responden

Uji Kappa	<i>Measurement Kappa</i>	<i>Approx. Sign.</i>
R1 vs R2	0,631	0,000

Sumber: Data Primer 2024

Pada tabel 5 diperoleh untuk uji kesepakatan antar responden 1 dengan responden 2 sebesar 0,631 yang berarti didapatkan hasil kesepakatan baik. Untuk uji statistika selanjutnya yaitu uji beda kejelasan informasi citra anatomi. Untuk uji yang dilakukan yaitu uji friedman dengan menggunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan pada seluruh anatomi dengan tiga variasi ukuran matriks. Data yang digunakan yaitu data dari responden satu dikarenakan responden satu memiliki pengalaman ekspertise dalam bidang MRI yang paling lama.

Tabel 6 Hasil Uji Friedman

Variasi ukuran matriks	<i>P value</i>	Keterangan
256 x 256	0,000	Ada perbedaan
384 x 384		
512 x 512		

Sumber: Data Primer 2024

Hasil uji friedman pada tabel 6 hasil *p value* yaitu 0,000 sehingga hipotesis yang diterima yaitu ada perbedaan pada informasi citra anatomi MRI Lumbal dengan sekuen T2 TSE potongan *axial* dengan variasi ukuran matriks. Setelah itu dilakukan uji perbedaan pada setiap anatomi menggunakan uji friedman. Anatomi yang akan diuji terdiri dari *annulus fibrosus*, *nucleus*, *ligamentum flavum*, *spinosus process*, *lamina arcus vertebrae*, *facet joint*, *canalis spinalis*, *foramina neuralis*, *transverse nerve*, *exiting nerve*, dan *recessus lateralis*.

Ukuran *pixel* yang kecil akan meningkatkan resolusi spasial sehingga akan meningkatkan kemampuan untuk membedakan kontras gambar dari dua struktur yang berdekatan. Matriks menunjukkan *pixel* yang ada pada FOV. Meningkatkan ukuran matriks dapat meningkatkan

resolusi spasial, akan tetapi hal tersebut dapat menurunkan nilai SNR dan membuat waktu akuisisi menjadi semakin lama (Catherine Westbrook and John Talbot, 2019).

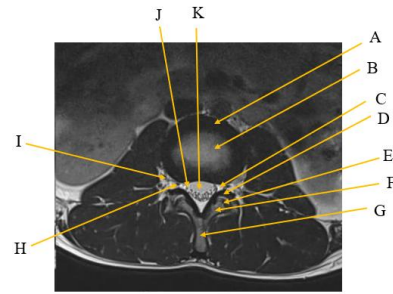
Tabel 7 Hasil Uji Friedman Setiap Anatomi MRI Lumbal

Anatomi	Ukuran matriks	Mean rank	P value	Keterangan
<i>Annulus fibrosus</i>	256 x 256	1,70	0,050	Tidak ada perbedaan
	384 x 384	2,30		
	512 x 512	2,00		
<i>Nucleus</i>	256 x 256	1,55	0,021	Ada perbedaan
	384 x 384	2,45		
	512 x 512	2,00		
<i>Ligamentum flavum</i>	256 x 256	1,25	0,001	Ada perbedaan
	384 x 384	2,45		
	512 x 512	2,30		
<i>Spinosus process</i>	256 x 256	1,60	0,030	Ada perbedaan
	384 x 384	2,50		
	512 x 512	1,90		
<i>Lamina</i>	256 x 256	1,60	0,022	Ada perbedaan
	384 x 384	2,35		
	512 x 512	2,05		
<i>Facet joint</i>	256 x 256	1,20	0,001	Ada perbedaan
	384 x 384	2,45		
	512 x 512	2,35		
<i>Canalis spinalis</i>	256 x 256	1,45	0,006	Ada perbedaan
	384 x 384	2,35		
	512 x 512	2,20		
<i>Foramina neuralis</i>	256 x 256	1,55	0,034	Ada perbedaan
	384 x 384	2,45		
	512 x 512	2,00		
<i>Transverse nerve</i>	256 x 256	1,20	0,001	Ada perbedaan
	384 x 384	2,55		
	512 x 512	2,25		
<i>Exiting nerve</i>	256 x 256	1,40	0,008	Ada perbedaan
	384 x 384	2,45		
	512 x 512	2,15		
<i>Recessus lateralis</i>	256 x 256	1,40	0,004	Ada perbedaan
	384 x 384	2,65		
	512 x 512	1,95		

Sumber: Data Primer 2024

Hasil uji friedman pada setiap citra anatomi MRI Lumbal potongan axial dengan variasi ukuran matriks memiliki *p value* kurang dari 0,05. Namun pada *annulus fibrosus* memiliki *p value* 0,05 yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari anatomi tersebut. Pada anatomi yang lain yaitu *nucleus*, *ligamentum flavum*, *spinosus process*, *lamina arcus vertebrae*, *facet joint*, *canalis spinalis*, *foramina neuralis*, *transverse nerve*, *exiting nerve*, dan *recessus lateralis*) diartikan bahwa anatomi tersebut memiliki perbedaan yang signifikan pada setiap anatomi. Setelah itu uji yang dilakukan yaitu dengan melihat nilai *mean rank* yang tertinggi untuk mengetahui ukuran matriks yang optimal yaitu pada

setiap anatomi didapatkan *mean rank* tertinggi pada ukuran matriks 384 x 384.



Keterangan:

- A. *Annulus fibrosus*
- B. *Nucleus*
- C. *Foramina neuralis*
- D. *Ligamentum flavum*
- E. *Facet joint*
- F. *Lamina arcus vertebrae*
- G. *Spinosus process*
- H. *Transverse nerve*
- I. *Exiting nerve*
- J. *Recessus lateralis*
- K. *Canalis spinalis*

Gambar 2 Anatomi MRI Lumbal potongan *axial* ukuran matriks 384 x 384

Uji lanjutan wilcoxon bertujuan untuk mengetahui seberapa signifikan perbedaan antar variasi ukuran matriks.

Tabel 8 Hasil Uji Lanjutan Wilcoxon

Variasi ukuran matriks	P value	Keterangan
256 x 256 vs 384 x 384	0,000	Ada perbedaan
256 x 256 vs 512 x 512	0,000	Ada perbedaan
384 x 384 vs 512 x 512	0,000	Ada perbedaan

Sumber: Data Primer 2024

Hasil uji lanjutan wilcoxon antara matriks 256 x 256 dengan 384 x 384, 256 x 256 dengan 512 x 512, dan 384 x 384 dengan 512 x 512 didapatkan *p value* 0,000 (<0,05). Dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variasi ukuran matriks tersebut.

Uji statistika yang digunakan untuk melihat ukuran matriks yang optimal pada pemeriksaan MRI Lumbal yaitu uji friedman pada nilai *mean rank* yang tertinggi.

Tabel 9 Hasil Ukuran Matriks Optimal

Variasi ukuran matriks	Mean rank
256 x 256	1,42
384 x 384	2,45
512 x 512	2,13

Sumber: Data Primer 2024

Pada tabel 9 didapatkan hasil ukuran matriks yang optimal dapat dilihat dari nilai *mean rank* yang tertinggi yaitu 2,45 pada ukuran matriks 384 x 384.

Berdasarkan tabel 6 hasil uji friedman pada seluruh anatomi menunjukkan adanya perbedaan pada variasi ukuran matriks dengan nilai *p value* 0,000 (<0,05).

Untuk pemeriksaan MRI Lumbal potongan axial sekuen T2 TSE dengan variasi ukuran matriks ada perbedaan, dikarenakan rentang yang digunakan peneliti antar variasi matriks cukup jauh sehingga didapatkan perbedaan yang signifikan pada anatomi yang dinilai. Rentang dari setiap ukuran matriks yang diteliti yaitu 128 dengan ukuran matriks 256 x 256, 384 x 384, dan 512 x 512. Selain pada rentang yang digunakan, ukuran matriks memengaruhi spasial resolusi dikarenakan semakin besar ukuran matriks maka akan menambah *scan time* dan menurunkan SNR sehingga dengan adanya perbedaan ukuran matriks maka akan ada perbedaan.

Resolusi adalah kemampuan mata manusia dalam membedakan satu struktur dengan struktur lainnya. Pada MRI resolusi ditentukan oleh jumlah *voxel* dan *Field of View* (FOV) (Wasemm Zafar *et al.*, 2019). Resolusi tinggi dapat dicapai dengan mengurangi FOV atau meningkatkan matriks begitupun sebaliknya. Meningkatkan matriks akan meningkatkan resolusi citra namun menghasilkan *scan time* yang lama dan menurunkan SNR. Resolusi tinggi dapat dicapai dengan mengurangi FOV atau meningkatkan matriks begitupun sebaliknya Elmaoğlu and Çelik (2012). Meningkatkan matriks akan meningkatkan resolusi citra namun menghasilkan *scan time* yang lama dan menurunkan SNR (Wasemm Zafar *et al.*, 2019).

Ukuran matriks 384 x 384 cukup untuk menampilkan anatomi pada pemeriksaan MRI Lumbal. Berdasarkan hasil diskusi dengan radiolog untuk ukuran matriks 256 x 256 cukup jelas untuk menampilkan anatomi yang besar seperti *annulus fibrosus*, *nucleus*, *spinosus process*, *lamina arcus vertebrae*, *ligamentum flavum*, dan *canalis spinalis*. Berbeda jika untuk melihat anatomi yang lebih kecil seperti *facet joint*, *foramina neuralis*, *transverse nerve*, *exiting nerve*, dan *recessus lateralis*. Anatomi yang lebih kecil membutuhkan gambaran yang lebih jelas dibanding dengan anatomi yang

berukuran besar sehingga diperlukan ukuran matriks yang besar agar dapat meningkatkan resolusi citra. Untuk ukuran matriks 512 x 512 menampilkan dengan jelas anatomi pada MRI Lumbal namun semakin besar ukuran matriks maka citra yang dihasilkan kualitas citra akan menurun sehingga noise akan meningkat yang akan memengaruhi kejelasan informasi citra anatomi. Dengan matriks berukuran 512 x 512 akan berpengaruh terhadap *scan time* yang makin lama yaitu 6 menit 30 detik maka pasien juga akan sering merasa tidak nyaman sehingga dapat menimbulkan *motion artefact*.

Simpulan

Terdapat perbedaan informasi citra anatomi MRI Lumbal antara variasi ukuran matriks 256 x 256, 384 x 384, dan 512 x 512. Hasil uji friedman keseluruhan anatomi dengan nilai *p value* sebesar 0,000. Untuk hasil uji friedman tiap anatomi yaitu *nucleus*, *ligamentum flavum*, *spinosus process*, *lamina arcus vertebrae*, *facet joint*, *canalis spinalis*, *foramina neuralis*, *transverse nerve*, *exiting nerve*, dan *recessus lateralis* menghasilkan *p value* <0,05. Pada *annulus fibrosus* menghasilkan *p value* 0,05. Untuk variasi ukuran matriks terdapat perbedaan yang signifikan dilihat pada hasil uji lanjutan wilcoxon dengan *p value* 0,000.

Ukuran matriks yang dapat memberikan informasi citra anatomi yang optimal yaitu ukuran 384 x 384 dapat dilihat pada uji friedman dengan nilai *mean rank* yang tertinggi yaitu sebesar 2,45.

Daftar Pustaka

- Brian M. Dale, Mark A. Brown and Richard C. Semelka (2015) MRI Basic Principles and Applications. Fifth Edition. UK: John Willey & Sons.
- Catherine Westbrook (2014) Handbook of MRI Technique. Fourth Edition. UK: John Willey & Sons.
- Catherine Westbrook and John Talbot (2019) MRI in Practice. Fifth Edition. UK: John Willey & Sons.
- Dominik Weishaupt, Victor D. Koechli and Borut Marincek (2008) *How Does MRI Work?: An Introduction To The Physics And Function Of Magnetic Resonance Imaging*. Second edition. Berlin: Springer.
- Donald McRobbie, Elizabeth A. Moore and Martin J. Graves (2017) MRI from Picture to Proton. Third Edition. UK: Cambridge University Press.
- Elmaoğlu, M. and Çelik, A. (2012) *MRI handbook: MR physics, patient positioning, and protocols*, MRI Handbook: MR Physics, Patient Positioning, and Protocols. Springer US. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1096-6>.

- Heba Ibrahim Ali and Alaa Saleh (2015) 'Lumbar spine MRI axial loading in patients with degenerative spine pathologies: Its impact on the Radiological findings and treatment decision ', *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 46, pp. 1065–1069.
- Jason Hartman, Michelle Granville and Robert E. Jacobson (2019) 'Radiologic Evaluation Of Lumbar Spinal Stenosis: The Integration Of Sagittal And Axial Views In Decision Making For Minimally Invasive Surgical Procedures', *Cureus*, p. e4268. Available at: <https://doi.org/10.7759/cureus.4268>.
- John McNamee, Peter Flynn, Suzanne O'Leary, Mark Love and Barry Kelly (2013) 'Imaging in Cauda Equina Syndrome – A Pictorial Review', *The Ulster Medical Society*, 82(2).
- Michael E. Madden (2013) *Introduction to Sectional Anatomy*. Third Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Pokhraj Sutar, Rupal Patel, Chetan Mehta and Narrotam Patel (2015) 'MRI Evaluation of Lumbar Disc Degeneration Disease', *Orthopaedic Surgery Publications*, 9, pp. 04–09. Available at: <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/11927.5761>.
- Wasemm Zafar, Ahmed Masood, Basit Iqbal and Sohail Murad (2019) 'Resolution, SNR, Signal Averaging and Scan Time in MRI Formetastatic Lesion in Spien. A Case Report', *Journal of Radiology and Medical Imaging*, 2, pp. 1–4.