

**KORELASI ANTARA PARAMETER RADIOLOGI TORAKOLUMBAL
PRE-OPERATIF UNTUK MEMPREDIKSI STATUS NEUROLOGI PADA
PASIEEN DENGAN CEDERA TRAUMATIK PADA TORAKOLUMBAL DI
RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO**

*CORRELATION BETWEEN PRE-OPERATIVE RADIOLOGIC PARAMETER
THORACOLUMBAR TO PREDICT NEUROLOGIC STATUS IN TRAUMATIC
THORACOLUMBAR SPINE INJURIES PATIENT AT WAHIDIN
SUDIROHUSODO HOSPITAL*



Oleh:

RHEZA SETIAWAN BUDIHARTO

Pembimbing:

DR. dr. Karya Triko Biakto, MARS, Sp.OT (K) Spine

dr. M. Ruksal Saleh, Ph.D, Sp.OT (K)

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**KORELASI ANTARA PARAMETER RADIOLOGI TORAKOLUMBAL
PRE-OPERATIF UNTUK MEMPREDIKSI STATUS NEUROLOGI PADA
PASIEN DENGAN CEDERA TRAUMATIK PADA TORAKOLUMBAL DI
RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO**

*CORRELATION BETWEEN PRE-OPERATIVE RADIOLOGIC PARAMETER
THORACOLUMBAR TO PREDICT NEUROLOGIC STATUS IN TRAUMATIC
THORACOLUMBAR SPINE INJURIES PATIENT AT WAHIDIN
SUDIROHUSODO HOSPITAL*

RHEZA SETIAWAN BUDIHARTO



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1
(Sp.1) PROGRAM STUDI ORTOPEDI DAN
TRAUMATOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDINMAKASSAR**

2023

**CORRELATION BETWEEN PRE-OPERATIVE RADIOLOGIC
PARAMETER THORACOLUMBAR TO PREDICT NEUROLOGIC
STATUS IN TRAUMATIC THORACOLUMBAL SPINE INJURIES
PATIENT AT WAHIDIN SUDIROHUSODO HOSPITAL**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Spesialis

Program Studi Spesialis-1

Pendidikan Dokter Spesialis Ortopedi dan Traumatologi

Disusun dan diajukan oleh

RHEZA SETIAWAN BUDIHARTO

kepada

**KONSENTRASI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

KARYA AKHIR

**CORRELATION BETWEEN PRE-OPERATIVE RADIOLOGIC
PARAMETER THORACOLUMBAR TO PREDICT NEUROLOGIC
STATUS IN TRAUMATIC THORACOLUMBAL SPINE INJURIES
PATIENT AT WAHIDIN SUDIROHUSODO HOSPITAL**

Disusun dan diajukan oleh :

RHEZA SETIAWAN BUDIHARTO

Nomor Pokok : C145182004

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Ortopedi
dan Traumatologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 05 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui ,

Komisi Penasihat

Ketua

DR. Dr. Karya Triko Biakto, MARS, Sp.OT(K)Spine

Pembimbing Utama

Anggota

dr. M. Ruksal Saleh, Ph.D, Sp.OT(K)

Pembimbing Anggota

**Ketua Program Studi
Ortopedi dan Traumatologi**

**dr. Muhammad Andry Usman, Ph.D, Sp.OT (K)
NIP. 19750404 200812 1 001**

**Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin**



**Prof. DR. dr. Haerani Rasyid, Sp.PD, KGH, Sp.GK, M.Kes
NIP. 19680530 199603 2 001**

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rheza Setiawan Budiharto
NIM : C145182004
Program Studi : Ilmu Ortopedi dan Traumatologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Karya akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan karya akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Agustus 2022

Yang menyatakan,



Rheza Setiawan Budiharto

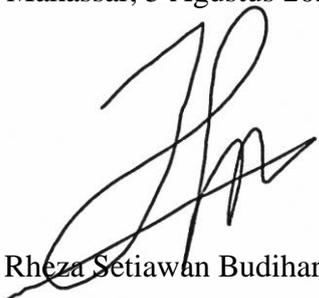
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia, rahmat kesehatan, dan keselamatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penelitian ini tepat waktu. Secara khusus, penulis ingin berterima kasih yang sebesar – besarnya kepada DR. dr. Karya Triko Biakto, MARS, Sp.OT (K) Spine dan dr. M. Ruksal Saleh, Ph.D, Sp.OT (K) yang telah membimbing dari awal penentuan judul, proposal, hingga pembacaan karya akhir. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada orangtua dan keluarga penulis, dosen, dan teman-teman sejawat yang telah mendukung dalam penulisan penelitian ini.

Adapun, penulisan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pencapaian pembelajaran dalam Program Pendidikan Spesialis 1 Bidang Ilmu Ortopedi dan Traumatologi serta memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan penelitian ini masih memiliki kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap agar penelitian ini memberi manfaat kepada semua orang.

Makassar, 5 Agustus 2022



Rheza Setiawan Budiharto

ABSTRAK

KORELASI PARAMETER RADIOLOGI PRA-OPERASI THORAKOLUMBAR UNTUK MEMREDIKSI RETROPULSI KANAL DAN STATUS NEUROLOGIS PADA PASIEN CEDERA TULANG BELAKANG THORAKOLUMBAR DI RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO MAKASSAR

Latar belakang: Hampir 90% dari cedera tulang belakang melibatkan daerah thoracolumbar. Sekitar 50% fraktur thoracolumbar tidak stabil, menyebabkan deformitas anatomi dan cedera yang parah. Sebanyak 20-40% pasien dengan fraktur thoracolumbar mengalami defisit neurologis berupa paraplegia akibat trauma pada segmen T11 hingga L2. Pemeriksaan awal biasanya dilakukan dengan foto radiografi konvensional, diikuti dengan pemeriksaan *computed tomography* (CT). Namun, penggunaan CT dan MRI masih terbatas karena ketersediannya yang rendah dan kontraindikasi MRI, seperti pemasangan implant logam. Oleh karena itu, sangat berguna jika kemungkinan retropulsi kanal dapat dievaluasi dari radiografi konvensional dengan tanda-tanda tidak langsung. Pemeriksaan radiografi konvensional yang lebih murah dan mudah didapatkan dibandingkan pemeriksaan CT-scan dan MRI, dapat menjadi modalitas pencitraan awal untuk menilai stenosis kanal lumbar. Ini akan membantu klinisi dalam menentukan manajemen yang tepat bagi pasien dengan cedera thoracolumbar. Oleh karena itu, para peneliti tertarik untuk meneliti korelasi antara parameter radiologi thorakolumbar pra-operasi untuk memprediksi retropulsi kanal dan status neurologis pada pasien dengan cedera trauma thorakolumbar di Rumah Sakit Umum Dr. Wahidin Sudirohusodo.

Metode: Studi *cross-sectional* ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Dr. Wahidin Sudirohusodo, yang terdiri dari semua pasien dengan cedera vertebra thorakolumbar yang menjalani pemeriksaan radiografi konvensional dan CT-scan vertebra thoraks dan lumbosacral. Data penelitian radiografi konvensional dan penilaian klinis pada setiap pasien kemudian diambil dan dianalisis melalui analisis deskriptif dan bivariat.

Hasil: Jarak Antarpedikular Rata-rata dan Jarak Antarspinous lebih rendah pada NS abnormal (41.10 dan 1.51) dibandingkan pada NS Normal (8.18 dan 1.69), tetapi perbedaan ini tidak signifikan secara statistik ($p > 0.05$). Fitur radiografik dari jarak antar pedikel dan jarak antar prosesus spinosus telah menunjukkan perbedaan pada gejala neurologis pada pasien cedera tulang belakang thorakolumbar.

Kesimpulan: Indeks interpedicular dan indeks interspinal dapat digunakan sebagai parameter untuk memprediksi perkembangan gejala dan keparahan stenosis lumbar pada pasien dengan cedera tulang belakang thorakolumbar. Namun, penelitian lebih lanjut masih perlu dilakukan pada topik ini.

Kata Kunci: *Cedera vertebra thorakolumbar; trauma tulang belakang; radiologi*

ABSTRACT

CORRELATION OF PRE-OPERATIVE RADIOLOGIC PARAMETER THORACOLUMBAR TO PREDICT CANAL RETROPULSION AND NEUROLOGIC STATUS IN TRAUMATIC THORACOLUMBAR SPINE INJURIES PATIENT IN DR. WAHIDIN SUDIROHUSODO HOSPITAL MAKASSAR

Purpose: Nearly 90% of spinal cord injuries involve the thoracolumbar region. Approximately 50% of thoracolumbar fractures are unstable, causing severe anatomical deformity and injury. As many as 20 - 40% of thoracolumbar fracture patients experience neurological deficits in the form of paraplegia due to trauma in the T11 to L2 segments. The usual initial examination is a conventional radiographic photo examination, followed by a computed tomography (CT) examination. However, the use of CT and MRI scans is still limited due to their low availability and contraindications to MRI, such as the installation of metal implants. Therefore, it would be very useful if the possibility of canal retropulsion could be evaluated from conventional radiographs by means of indirect signs. The conventional radiographic examination which is cheaper and widely available compared to CT-scan and MRI examinations, can be an initial imaging modality for assessing lumbar canal stenosis. This will assist clinicians in determining the appropriate management of patients with thoracolumbar injuries. Therefore, researchers are interested in examining the correlation between preoperative thoracolumbar radiological parameters for predicting canal retropulsion and neurological status in patients with traumatic thoracolumbar injuries at Dr. Wahidin Sudirohusodo General Hospital.

Methods: This cross-sectional study was conducted in the Dr. Wahidin Sudirohusodo General Hospital, comprises of all patients with thoracolumbar vertebrae injuries who underwent conventional radiographic examinations and CT scans of the thoracic and lumbosacral vertebrae. Data of conventional radiographic assessments and clinical assessments on each patient were then retrieved and analysed through descriptive and bivariate analysis.

Results: Mean Interpedicular Distance and Interspinous Distance are lower in Abnormal NS (41.10 and 1.51) than in Normal NS (8.18 and 1.69), but this difference is not statistically significant ($p > 0.05$). The radiographic features of both interpedicular and

interspinous distance has shown difference in neurological symptoms in the thoracolumbar vertebrae injury patients.

Conclusion: The interpedicular index, and interspinal index can be parameters used in predicting the development of symptoms and the severity of lumbar stenosis. Further studies still need to be conducted on this topic.

Keywords: *Thoracolumbar vertebrae injuries; spinal trauma; radiology*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
BAB I. Pendahuluan	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Hipotesis Penelitian	4
BAB II. Tinjauan Pustaka	5
2.1. Anatomi dan RadioanATOMI Tulang Belakang	5
2.2. Cedera Vertebra Torakolumbal	14
2.3. <i>American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale</i>	16
2.4. <i>Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)</i> ... 17	
2.4.1. Morfologi Fraktur	19
2.4.2. Integritas <i>Posterior Ligamentous Complex</i>	21
2.4.3. Status Neurologis	22
2.5. Pencitraan Fraktur Vertebra Torakolumbal	24
2.5.1. Foto Radiografi Konvensional	24
2.5.2. <i>Multidetector Computed Tomography (MDCT)</i>	28
2.5.3. <i>Magnetic Resonance Imaging (MRI)</i>	29
2.6. Penatalaksanaan	32
2.6.1. Penatalaksanaan Non-Operatif	32
2.6.2. Penatalaksanaan Operatif	32
BAB III. Kerangka Penelitian	31

3.1. Kerangka Teori	33
3.2. Kerangka Konsep	34
BAB IV. Metode Penelitian	35
4.1. Rancangan Penelitian	35
4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	35
4.3. Populasi dan Teknik Sampel	36
4.3.1 Kriteria Inklusi dan Eksklusi	37
4.3.1.1. Kriteria Inklusi	37
4.3.1.2. Kriteria Eksklusi	37
4.3.2. Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	37
4.3.3. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	38
4.4. Cara Kerja	36
4.5. Analisis Data	36
4.7. Alur Prosedur Penelitian	37
BAB V HASIL PENELITIAN	41
5.1. Karakteristik Data	41
5.2. Distribusi Data	42
5.3. Prediksi Status Neurologis, sensitivitas dan spesifitas	43
5.4. Hubungan Sudut Kyphotic, Indeks Sagital dan Canalis Lumbalis dengan gejala Neurologis	45
5.5. Hubungan Interspinosus dan interpedikel dengan Status Neurologis	46
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	47
6.1. Kesimpulan	47
6.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Hampir 90% dari cedera medula spinalis melibatkan regio torakolumbal, dengan lebih dari 50% fraktur torakolumbal terjadi di antara T11 serta L1, 25-40% di regio toraks, serta 10-14% lainnya di regio lumbosakral. Sekitar 50% dari fraktur torakolumbal tidak stabil, sehingga menyebabkan deformitas dan cedera anatomi yang parah. Sebanyak 20 - 40% pasien fraktur torakolumbal mengalami defisit neurologis berupa paraplegia akibat trauma pada segmen T11 hingga L2. (Santiago et al, 2016)

Akurasi pada klasifikasi fraktur krusial dalam menentukan manajemen yang tepat dari cedera torakolumbal. Sebelum ditemukannya sinar-X di tahun 1895, patah tulang belakang diklasifikasikan berdasarkan terdapat tidaknya kerusakan saraf. Dengan meluasnya penggunaan teknik radiografi, kemajuan besar telah dirancang dalam pemahaman mekanisme fraktur, pencitraan, dan klasifikasi. Konsep *Denis' three columns* merupakan klasifikasi yang paling populer dan banyak digunakan. Namun, sistem klasifikasi ini tidak dapat memprediksi stabilitas tulang belakang. (Santiago et al, 2016)

Dalam evaluasi cedera tulang belakang, pemeriksaan radiologis memainkan peranan penting dalam mendeteksi adanya fraktur, menilai tingkat keparahan cedera, dan membantu dalam menentukan penatalaksanaan. Pemeriksaan awal yang biasa dilakukan adalah pemeriksaan foto radiografi konvensional, diikuti dengan pemeriksaan *computed tomography* (CT). Akan tetapi, penggunaan CT Scan dan MRI masih terbatas karena ketersediaannya yang rendah dan adanya kontraindikasi terhadap MRI, seperti pemasangan implan metal. Oleh karena itu, akan sangat bermanfaat bila kemungkinan retropulsi kanal dapat

dievaluasi dari foto radiografi konvensional melalui tanda-tanda tidak langsung. (Hiyama et al, 2015)

Riset lain yang dilakukan oleh Ruiz *et.al*, melaporkan bahwa foto radiografi konvensional dapat digunakan sebagai pemeriksaan awal untuk menilai *Burst fracture* dan integritas *Posterior Ligamentous Complex* (PLC), dimana parameter yang berhubungan dengan *burst fracture* adalah *interspinosus distance*, *vertebral height loss* dan *local kyphosis*. (Ruiz et al, 2016)

Status neurologis pasien juga merupakan indikator yang krusial pada kasus trauma pada tulang belakang. *Thoracolumbar injury classification and severity score* (TLICS) mengategorikan defisit neurologis dan potensi pasien dalam proses penyembuhan. Status neurologis yang intact saat dilakukan pemeriksaan mendapat poin 0, dan jika terdapat cedera saraf atau cedera spinal cord komplit mendapat poin 2. Jika terdapat cedera saraf inkomplit serta syndrome kauda equina mendapat poin 3 karena pada pasien tipe ini, mendapat keuntungan jika pasien segera dilakukan operasi dekompresi dibanding dengan pasien dengan cedera spinal cord komplit ataupun tidak ada cedera saraf. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk meneliti tentang korelasi antara parameter radiologi torakolumbal pre-operatif untuk memprediksi status neurologis pada pasien dengan cedera traumatik pada torakolumbal di RSUP Wahidin Sudirohusodo.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat pada latar belakang dan kajian masalah sebelumnya, maka penulis menganggap bahwa penting untuk diteliti dan merumuskan permasalahan pokok dalam penelitian ini adalah **“Apakah terdapat Korelasi antara Parameter Radiologi Torakolumbal Pre-Operatif untuk Memprediksi Status Neurologis pada Pasien**

dengan Cedera Traumatik pada Torakolumbal di RSUP Wahidin Sudirohusodo”.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat adanya Korelasi antara Parameter Radiologi Torakolumbal Pre-Operatif untuk Memprediksi Status Neurologis pada Pasien dengan Cedera Traumatik pada Torakolumbal di RSUP Wahidin Sudirohusodo

Tujuan Khusus

- a. Menganalisa radiologi torakolumbal pra operative pada pasien dengan cedera torakolumbal
- b. Menganalisa status neurologis pasien dengan cedera torakolumbal
- c. Menganalisa hubungan antara radiologi torakolumbal pra operatif untuk memprediksi status neurologis pada pasien cedera torakolumbal

D. Manfaat Penelitian

Manfaat pelaksanaan penelitian ini adalah

1. Manfaat teoritis/Ilmu pengetahuan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah dan memperluas wawasan keilmuan, khususnya mengenai Korelasi antara Parameter Radiologi Torakolumbal Pre-Operatif untuk Memprediksi Status Neurologis pada Pasien dengan Cedera Traumatik pada Torakolumbal di RSUP Wahidin Sudirohusodo, serta dapat menjadi kajian bagi peneliti selanjutnya terutama bagi yang meneliti pada hal yang sama dan sesuai dengan kebutuhan praktis maupun teoritis dalam hal pengembangan ilmu pengetahuan.

2. Manfaat Klinis dan Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan dan meningkatkan ilmu pengetahuan serta keterampilan kepada seluruh stakeholder dalam penentuan diagnosis dan terapi pasien cedera torakolumbal

3. Manfaat Kebijakan

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi seluruh stakeholder dalam mengambil kebijakan untuk menentukan tindakan klinis pada pasien seperti penentuan terapi suplementasi cedera torakolumbal.

E. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah

Terdapat Korelasi antara Parameter Radiologi Torakolumbal Pre-Operatif untuk Memprediksi Status Neurologis pada Pasien dengan Cedera Traumatik pada Torakolumbal di RSUP Wahidin Sudirohusodo

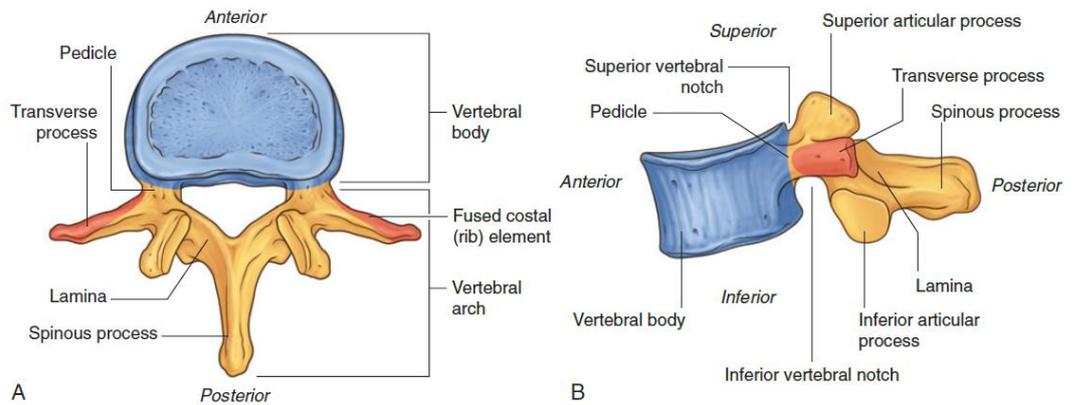
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. ANATOMI DAN RADIOANATOMI TULANG BELAKANG

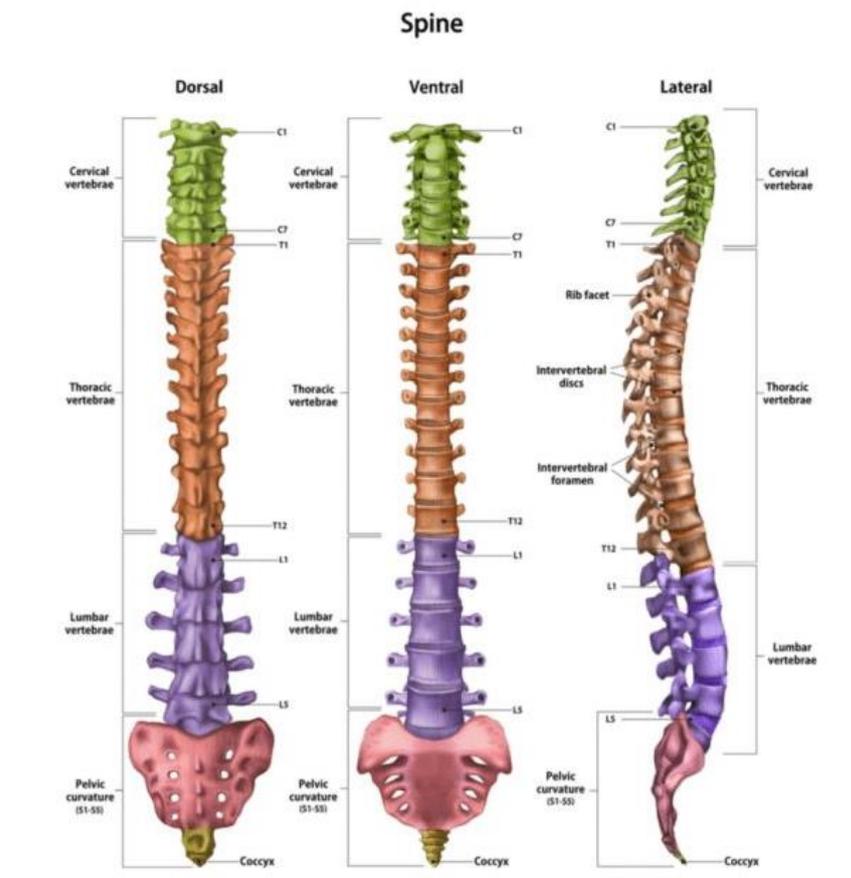
Tulang belakang terdiri dari tulang vertebra yang dihubungkan oleh diskus intervertebralis serta ligamen. Kranium, skapula, tulang pelvis, dan tulang kosta bersama membentuk rangkaian tulang pada punggung dan berfungsi sebagai tempat perlekatan otot.(Drake et al, 2020)

Typical vertebra terdiri dari badan vertebral serta arkus vertebra. Badan vertebra terletak pada bagian depan dan merupakan komponen weight-bearing utama dimana bentuk dan ukurannya bervariasi sesuai dengan segmennya; ukurannya akan semakin bertambah dari Vertebra Servikal kedua sampai Vertebra Lumbal kelima.(Osborn et al, 2020) Badan vertebra yang satu dengan badan vertebra yang berdekatan, dihubungkan dengan diskus intervertebralis dan ligamen. Sedangkan arkus vertebra terletak dibagian belakang, terdiri dari pedikel dan lamina yang membentuk aspek lateral dan belakang dari foramen vertebralis (Gambar 1). Terdapat beberapa tonjolan pada arkus vertebra yang berfungsi sebagai tempat perlekatan otot dan berartikulasi dengan tulang didekatnya, processus spinosus, merupakan tonjolan yang dibentuk dari penyatuan kedua lamina dan mengarah ke posteroinferior; processus transversus menonjol ke posterolateral yang menghubungkan pedikel dan lamina dikedua sisi; kemudian tonjolan lain dari persambungan pedikel dan lamina yaitu processus artikularis atas dan bawah, yang berartikulasi dengan processus artikularis didekatnya.(Drake et al, 2020)



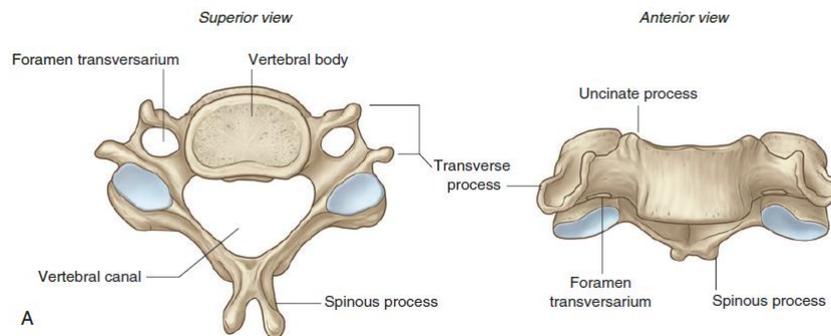
Gambar 1. Typical vertebra. A. Proyeksi superior, B. Proyeksi lateral. (Drake, 2020)

Terdapat 33 vertebra yang dibagi menjadi lima kelompok berdasarkan morfologi dan segmennya (Gambar 2):(Osborn et al, 2020)

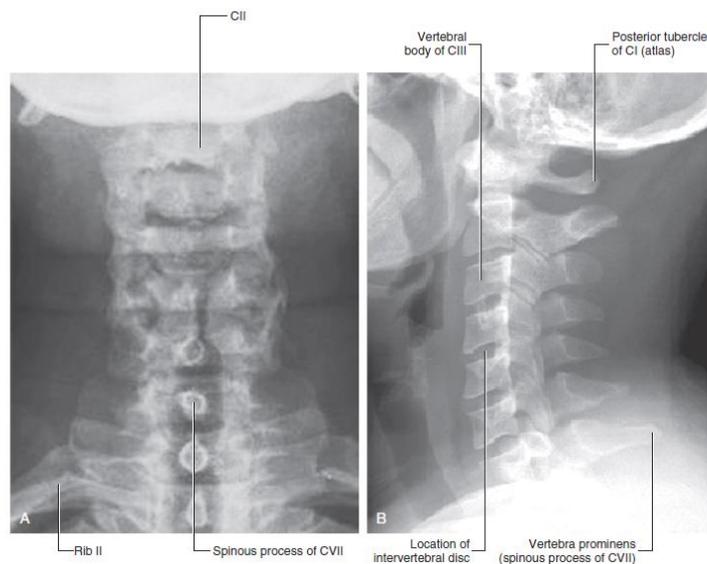


Gambar 2. Tulang belakang.

- Vertebra servikalis berjumlah 7 buah, yang terletak diantara kranium dan thoraks, memiliki ukuran yang kecil dan terdapat foramen pada setiap *processus transversus* (jalur arteri vertebralis). Badan dari vertebra servikalis pendek dan berukuran persegi, permukaan atas cekung atau konkaf (membentuk *processus uncinatus* pada bagian lateralnya), dan permukaan bawah konveks; kanal vertebra berbentuk segitiga; *processus articularis* berbentuk jajaran genjang dengan permukaan artkulasi atas dan bawah yang miring serta *processus spinosus* pendek dan bifid. Vertebra cervicalis pertama dan kedua – atlas dan axis – memiliki bentuk khusus untuk membantu dalam pergerakan kepala (Gambar 3 dan 4).

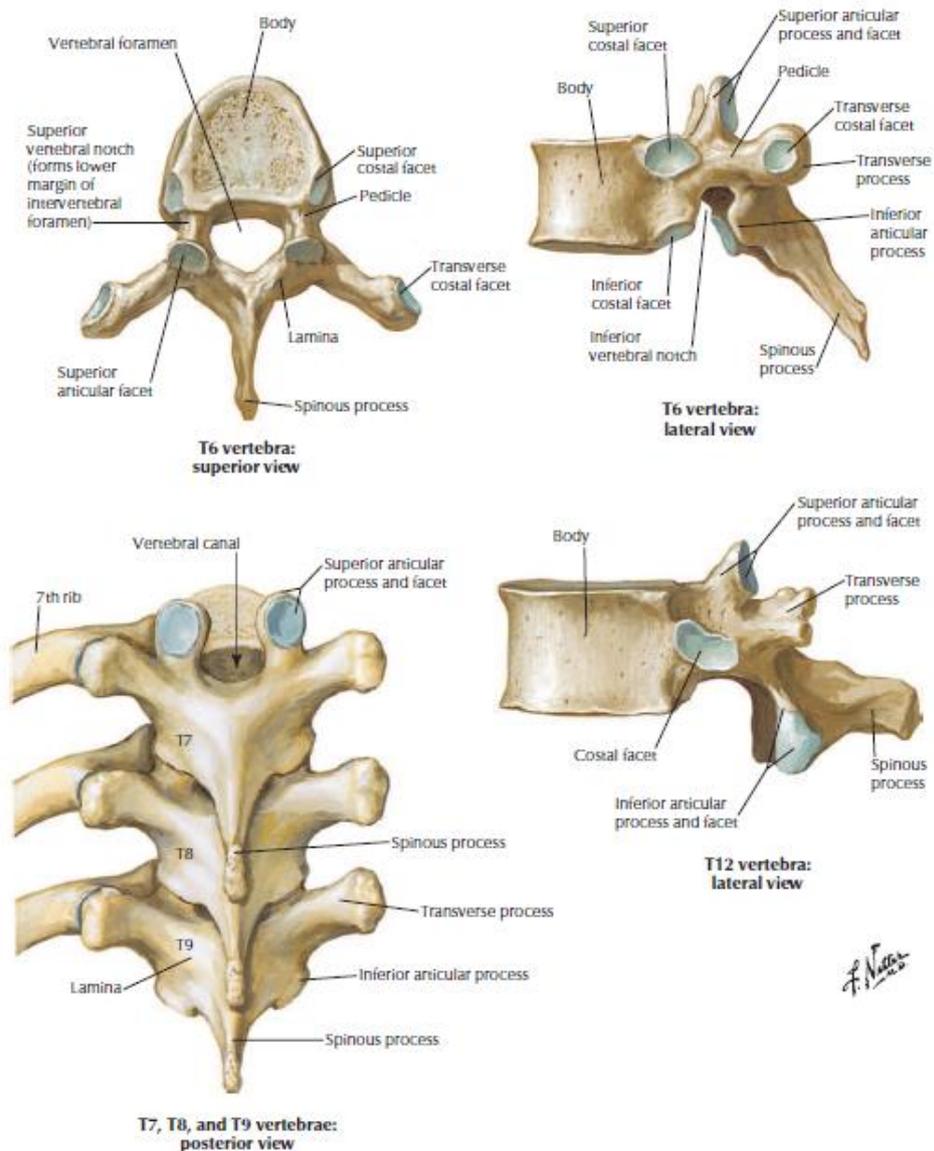


Gambar 3. Vertebra cervi **B** (Drake et al, 2020)

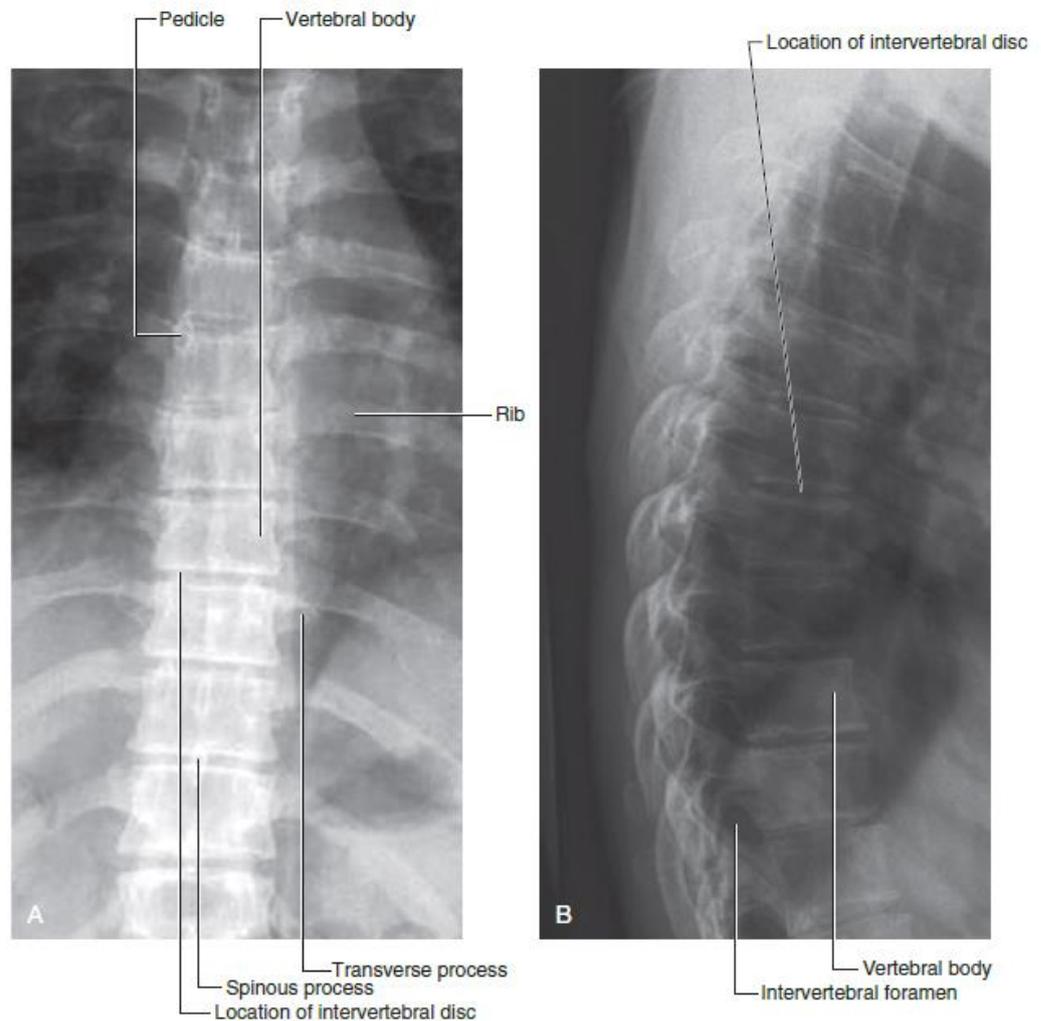


Gambar 4. Foto radiografi konvensional vertebra cervicalis. A. Proyeksi anteroposterior, B. Proyeksi lateral. (Drake et al, 2020)

- Vertebra thorakalis berjumlah 12 buah, terdapat artikulasi tulang costa pada badan vertebra dan *processus transversus*. Badan vertebra berbentuk seperti *heart-shaped* bila dicermati dari atas; Kanal vertebra berbentuk bulat; pedikel pendek, dan mengarah ke bagian posterior. *Processus articularis* bagian atas berbentuk datar, vertikal, dan mengarah ke belakang sedangkan, *processus articularis* bagian bawah mengarah ke depan serta *processus spinosus* mengarah ke *posteroinferior* (Gambar 5 dan 6).

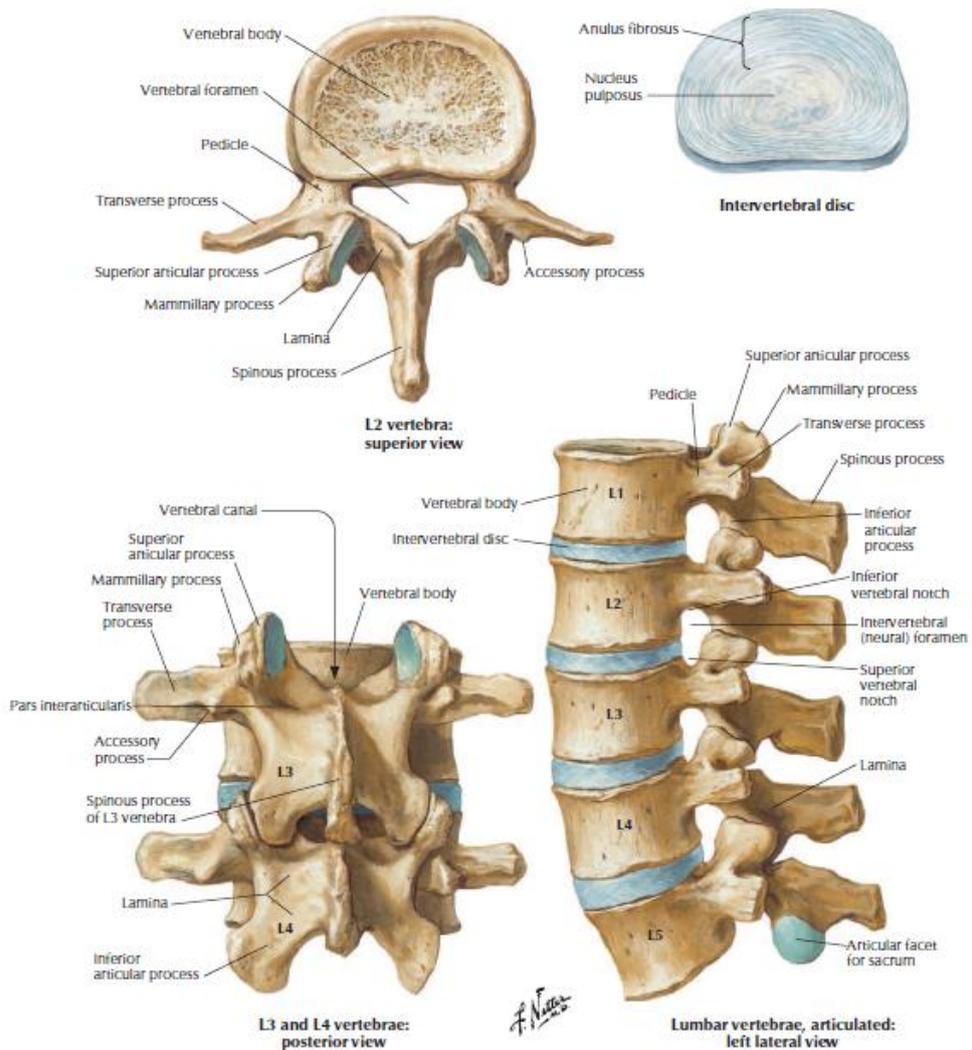


Gambar 5. Vertebra thorakalis. (Netter, 2019)

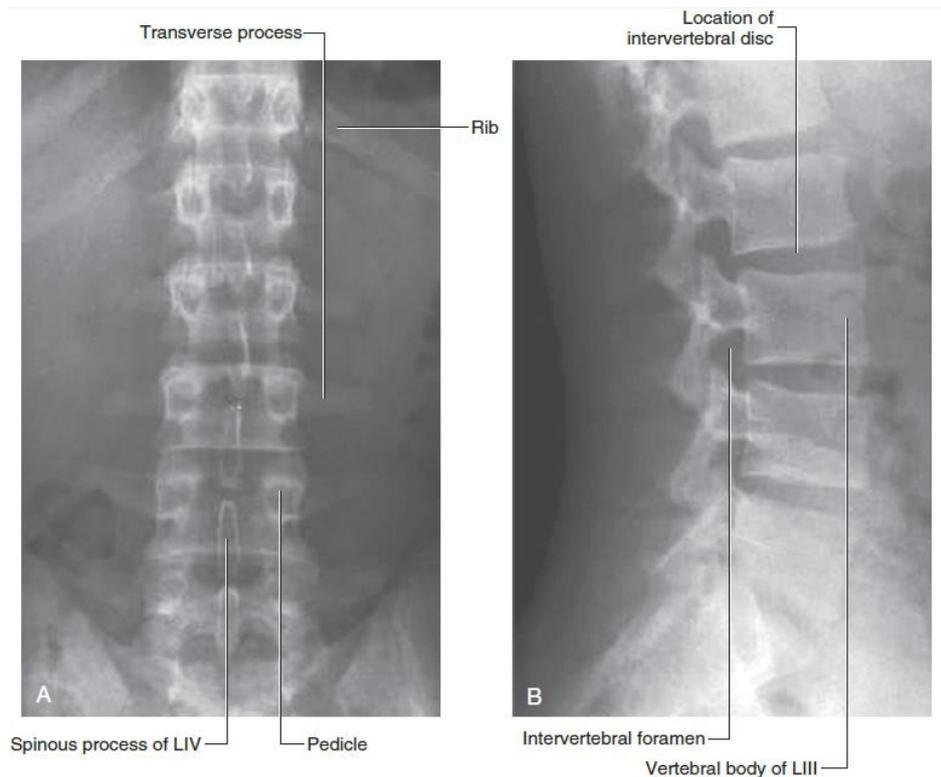


Gambar 6. Foto radiografi konvensional vertebra thorakalis. A. Proyeksi anteroposterior, B. Proyeksi lateral. (Drake et al, 2020)

- Vertebra lumbalis berjumlah 5 buah, terletak di bawah dari vertebra thorakalis, memiliki ukuran yang besar dan berfungsi sebagai tulang penyokong untuk dinding abdomen posterior. Badan vertebra lumbal berbentuk silindris serta kanal vertebra berbentuk segitiga dan berukuran lebih besar daripada vertebra thorakalis. Pedikel tebal dan mengarah ke belakang; *processus transversus* umumnya tipis dan panjang, kecuali pada vertebra Lumbal V; *processus articularis* bagian atas mengarah posteromedial, sedangkan *processus articularis* bagian bawah mengarah anterolateral. (Gambar 7 dan 8).



Gambar 7. Vertebra lumbalis. (Netter, 2019)



Gambar 8. Foto radiografi konvensional vertebra lumbalis. A. Proyeksi anteroposterior, B. Proyeksi lateral. (Drake et al, 2020)

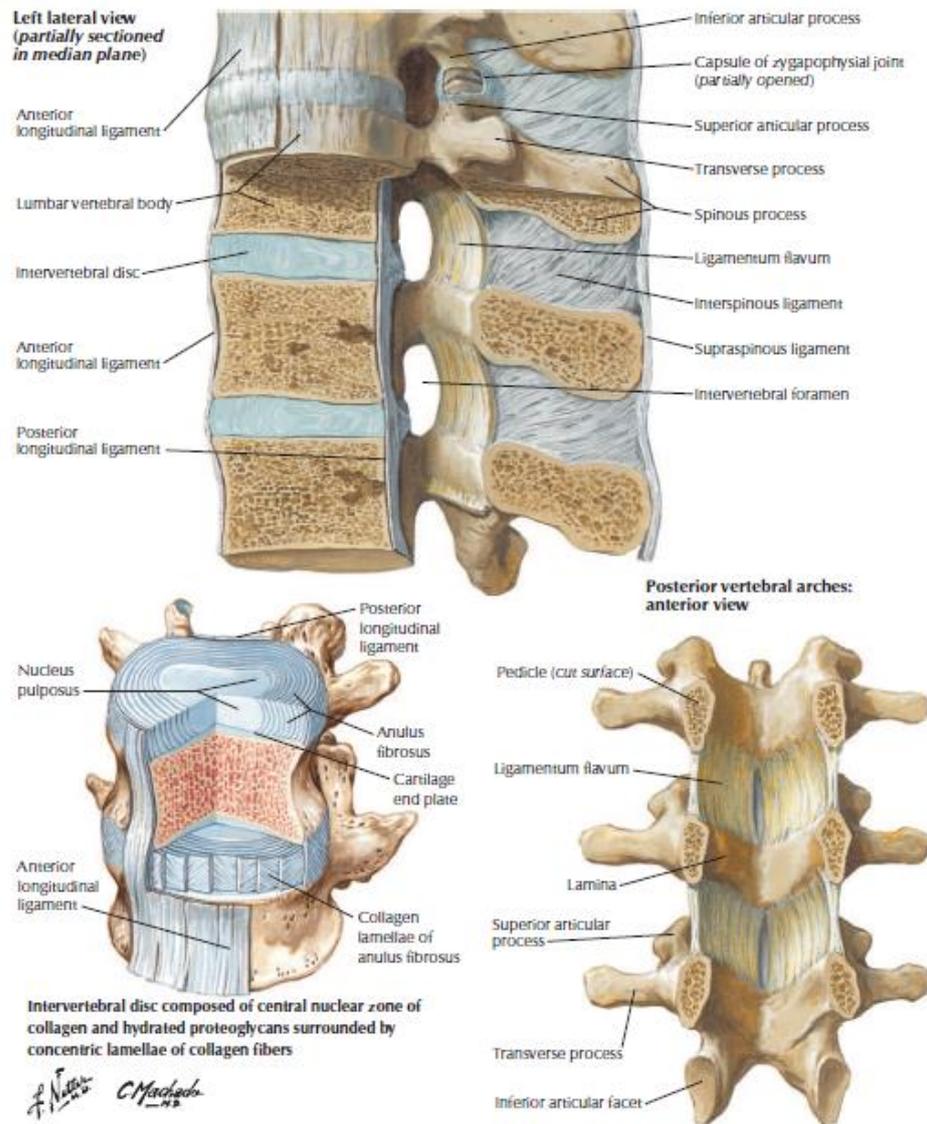
- Selanjutnya, vertebra sakralis berjumlah 5 buah yang berfusi menjadi tulang sakrum; berbentuk segitiga dengan apeks yang mengarah inferior, konkaf pada permukaan depan, konveks pada permukaan belakang, dan berartikulasi dengan tulang pelvis di kedua sisinya dan merupakan komponen dari dinding pelvis
- Dibawah tulang sakrum, terdapat sejumlah tulang, biasanya terdiri dari 4 buah vertebra coccygeus yang berfusi menjadi tulang coccyx.

Terdapat dua tipe sendi pada tulang belakang yaitu (Gambar 9): (Drake et al, 2020)

- Simfisis yang terletak diantara badan vertebra, terdiri dari selapis kartilago hialin pada badan vertebra dan diskus intervertebralis, yang terletak diantaranya. Diskus intervertebralis terdiri dari *annulus fibrosus* dibagian luar dan *nucleus pulposus* dibagian tengah.

- Sendi *synovial* terletak diantara processus articularis atas dan bawah dengan vertebra didekatnya yang disebut *facet joint*. Terdapat kapsul artikular tipis yang melekat pada bagian tepi dari facet dan membungkus setiap sendi.

Sendi diantara vertebra diperkuat dan disokong oleh sejumlah ligamen, yaitu ligamentum longitudinal depan, ligamentum longitudinal belakang, ligamentum flavum, ligamentum supraspinosus, ligamentum nuchae, dan ligamentum interspinosus (Gambar 9).(Drake et al, 2020)



Gambar 9. Discus intervertebralis dan ligamen vertebralis. (Netter, 2019)

- Ligamentum longitudinal anterior (*anterior longitudinal ligament/ ALL*) melekat pada dasar kranium di bagian atas kemudian memanjang ke bawah dan melekat pada permukaan atas sakrum. Sepanjang itu, ALL melekat pada badan vertebra dan diskus intervertebralis.
- Ligamentum longitudinal posterior (*posterior longitudinal ligament/ PLL*) terletak diantara permukaan belakang badan vertebra dan permukaan depan kanal vertebra. Seperti ALL, PLL juga melekat pada badan vertebra dan diskus intervertebralis.
- Ligamentum flavum (*flavum ligament/ FL*) merupakan struktur yang tebal dan lebar, terletak pada permukaan belakang kanal vertebradan melekat pada lamina vertebra yang satu dengan lamina vertebra lainnya, dikedua sisi.
- Ligamentum supraspinosus (*supraspinous ligament/ SSL*) merupakan ligamen yang kuat, berbentuk seperti kabel, melekat sepanjang ujung processus spinosus vertebra Cervical VII hingga sakrum.
- Ligamentum nuchae merupakan struktur seperti lembaran berbentuk segitiga pada bidang sagital median dengan basis segitiga melekat pada kranium, apex melekat pada ujung processus spinosus Vertebra Servikal VII dan sisi dalam segitiga melekat pada tuberositas belakang Vertebra Servikal I dan processus spinosus vertebra servikal lainnya.
- Ligamentum interspinosus (*interspinous ligament/ ISL*) merupakan ligamen yang lemah, berbentuk seperti lembaran, melekat diantara processus spinosus vertebra yang satu dengan vertebra lainnya, dari basis hingga apeks setiap processus spinosus, melekat ke ligamentum supraspinosus di bagian belakang dan ligamentum flavum dibagian depan.



Gambar 10. MRI T2WI irisan sagital pada *midline* menunjukkan ligamen spinal yang hipointens. (Osborn et al, 2020)

2.2. CEDERA VERTEBRA TORAKOLUMBAL

Vertebra torakolumbal mencakup vertebra torakal (T1-10), thoracolumbal junction (T11-L2) dan vertebra lumbal (L3-5). Thoracolumbal junction merupakan daerah transisi antara vertebra torakal dan lumbal, yang berperan sebagai titik tumpu dari peningkatan pergerakan dan sebagai subjek biomechanical stress dari transisi kedua segmen vertebra ini. Akibat natural stress yang terjadi pada regio ini, fraktur vertebra torakolumbal mencakup hampir 90% dari seluruh fraktur tulang belakang. Terjadinya fraktur ini memerlukan trauma high-energy dan umumnya terjadi pada laki-laki usia 20 hingga 40 tahun, Cedera ini paling sering terjadi akibat tabrakan kendaraan bermotor, jatuh dari ketinggian dan lebih jarang terjadi akibat cedera olahraga ataupun kekerasan. Pasien dengan cedera ini umumnya juga mengalami cedera kepala, dada, tulang panjang dan cedera neurologis. (Warnick et al, 2019)

Stabilitas mekanis merupakan faktor yang penting dalam penentuan penatalaksanaan pasien dengan cedera tulang belakang. Stabilitas tulang belakang yang dimaksud berupa kemampuan untuk mencegah terjadinya cedera neurologis dan progresivitas deformitas akibat physiologic loading dan pergerakan normal. Stabilitas tulang belakang bergantung pada integritas komponen tulang dan ligamen. Cedera, baik pada salah satu atau kedua komponen tersebut, akan menyebabkan ketidakstabilan tulang belakang dan memerlukan tindakan pembedahan. (Khurana et al, 2013)

Unit fungsional tulang belakang terdiri dari 2 vertebra dan jaringan lunak penghubungnya. Unit fungsional bagian anterior terdiri dari kesejajaran 2 badan vertebra, diskus intervertebralis, ALL dan PLL. Sedangkan bagian posterior terdiri dari arkus vertebra, facet joint dan elemen posterior. Bagian anterior tulang belakang berfungsi sebagai penahan axial loading, dimana badan vertebra menahan compressive loading, sedangkan diskus intervertebralis yang terdiri dari central nucleus pulposus menyerap dan mendistribusikan compressive loading secara hidrostatis dan annulus fibrosus menahan circumferential tensile stress yang dihasilkan. Motion segment dari bagian posterior tulang belakang berfungsi untuk mengarahkan pergerakan tulang belakang dimana tipe pergerakannya ditentukan oleh orientasi dari bidang facet joint. Motion segment dari bagian posterior vertebra berupa posterior ligamentous complex (PLC), yang terdiri dari ligamentum supraspinosus (SSL), ligamentum interspinosus (ISL), kapsul facet joint dan ligamentum flavum (FL), yang berperan penting dalam stabilisasi tulang belakang. Ligamentum supraspinosus dan ligamentum interspinosus memiliki kemampuan tensile yang tinggi dan membatasi pergerakan flexi dari tulang belakang. Ligamentum flavum memiliki kemampuan contractile force pada arkus vertebra ketika ligamentum flavum memanjang selama pergerakan flexi dimana contractile force ini akan menarik dan mempertahankan kesejajaran vertebra. Facet joint merupakan kelanjutan dari lamina dengan kartilago hialin pada

permukaan artikulasinya. Facet joint merupakan elemen utama dalam melawan gaya rotasi atau torsi. Pada ekstensi aktif, facet joint berfungsi sebagai titik tumpu, sehingga mengurangi tekanan pada kolumna anterior.(Khurana et al, 2013)

PLC berperan sebagai tension band dari kolumna posterior tulang belakang. Hal ini disebabkan oleh sumbu rotasi yang terletak sisi depan dari atau pada pertengahan anterior dari badan vertebra pada posisi tegak, maka terdapat keseimbangan konstan dari ligamen posterior dan otot erektor spina yang melawan pada posisi istirahat dan bergerak untuk mencegah compressive force pada badan vertebra. (Khurana et al, 2013) PLC mencegah tulang belakang dari gerakan translasi, rotasi, fleksi dan distraksi yang berlebihan, yang mana menunjukkan pentingnya peranan PLC dalam menjaga stabilitas tulang belakang.(Chen et al, 2016)

2.3. American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale

Dalam melakukan penegakkan diagnosis terutama pada kasus trauma medula spinalis, tentunya wajib didahului dengan melakukan *initial assesment and resucitation saat* sebelum melakukan serangkaian pemeriksaan penunjang yang bertujuan untuk menegakkan diagnosis ataupun mengeleminasi dari diagnosis kerja. *The American Spinal cord injury Association (ASIA) Scoring* saat ini menjadi sebuah penilaian yang sering digunakan dan merupakan standar internasional dalam melaksanakan pengkajian terhadap tingkat keparahan dan klasifikasi *spinal cord injury* (Eckert & Martin, 2017).

Penilaian melalui skoring ini diawali dengan pemeriksaan dari bagian paling distal otot ke proksimal (termasuk pemeriksaan light touch, *pin prick test*, serta *rectal toucher*) yang sesuai dengan dermatome dan idealnya selesai dalam 72 jam pasca cedera tulang belakang (Copley et al., 2020; Eckert & Martin, 2017). Nilai yang didapat berdasarkan seberapa besar sensasi yang dapat pasien rasakan di beberapa titik tubuh (sensorik) dan tes

fungsi motorik. Setelah pemeriksaan akan ditentukan penggolongan pasien sesuai dengan gangguan berdasarkan grade (kelas) yang dimulai dari grade E dimana fungsi neurologis pasien normal hingga grade A (fungsi motorik dan sensorik hilang lebih dari 3 tingkat dibawah lesi cedera (termasuk daerah dubur) (Copley et al., 2020).

STANDARD NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY

MOTOR
KEY MUSCLES

C2	R	L
C3		
C4		
C5		
C6		
C7		
C8		
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
L2		
L3		
L4		
L5		
S1		
S2		
S3		
S4-S5		

0 = total paralysis
1 = palpable or visible contraction
2 = active movement, gravity eliminated
3 = active movement, against gravity
4 = active movement, against some resistance
5 = active movement, against full resistance
NT = not testable

Hip flexors
Knee extensors
Ankle dorsiflexors
Long toe extensors
Ankle plantar flexors

Voluntary anal contraction (Yes/No)

TOTALS (MAXIMUM) (50) (50) = **MOTOR SCORE** (100)

SENSORY
KEY SENSORY POINTS

C2	R	L
C3		
C4		
C5		
C6		
C7		
C8		
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		
T9		
T10		
T11		
T12		
L1		
L2		
L3		
L4		
L5		
S1		
S2		
S3		
S4-S5		

0 = absent
1 = impaired
2 = normal
NT = not testable

Any anal sensation (Yes/No)

TOTALS (MAXIMUM) (56) (56) (56) = **PIN PRICK SCORE** (max: 112)
LIGHT TOUCH SCORE (max: 112)

NEUROLOGICAL LEVEL
The most caudal segment with normal function

SENSORY	R	L
MOTOR		

COMPLETE OR INCOMPLETE?
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-S5

ASIA IMPAIRMENT SCALE

ZONE OF PARTIAL PRESERVATION
Caudal extent of partially preserved segments

SENSORY	R	L
MOTOR		

ASIA IMPAIRMENT SCALE

A = Complete: No motor or sensory function is preserved in the sacral segments S4-S5.

B = Incomplete: Sensory but not motor function is preserved below the neurological level and includes the sacral segments S4-S5.

C = Incomplete: Motor function is preserved below the neurological level, and more than half of key muscles below the neurological level have a muscle grade less than 3.

D = Incomplete: Motor function is preserved below the neurological level, and at least half of key muscles below the neurological level have a muscle grade of 3 or more.

E = Normal: motor and sensory function are normal.

CLINICAL SYNDROMES

Central Cord

Brown-Sequard

Anterior Cord

Conus Medullaris

Cauda Equina

Tabel 1. American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale

2.4. Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)

Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)

merupakan klasifikasi paling komprehensif yang umumnya digunakan oleh ahli ortopedi dalam menentukan terapi pasien cedera thorakolumbal. TLICS berfokus pada 3 variabel utama yaitu morfologi cedera, integritas posterior ligament complex (PLC) dan status neurologis pasien. Setiap variabel ini memiliki pembagiannya masing-masing dan diberi skor sesuai dengan tingkat keparahan pada kategori tersebut (Tabel 2). (Gamanagatti et al, 2015)

Injury category	Point value
Injury morphology	
Compression	1
Burst	2
Translation or rotation	3
Distraction	4
PLC Status	
Intact	0
Injury suspected or indeterminate	2
Injured	3
Neurologic status	
Intact	0
Nerve root involvement	2
Spinal cord or conus medullaris injury	
Incomplete	2
Complete	3
Cauda equina syndrome	3

Tabel 2. Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)
(Gamanagatti et al, 2015)

Penjumlahan skor pada masing-masing kategori digunakan untuk merekomendasikan strategi penanganan yang tepat. Bila skor kurang dari 4 mengindikasikan pasien tidak memerlukan tindakan operasi; skor lebih dari 4 mengindikasikan pasien memerlukan intervensi pembedahan; skor 4 mengindikasikan pasien dapat diterapi secara pembedahan ataupun konservatif sesuai dengan pertimbangan dokter ahli ortopedi. (Warnick et al, 2019) Adapun faktor yang mengindikasikan tindakan operasi berupa *local kyphosis* yang berat atau kolaps vertebra, fraktur terbuka, obesitas yang mempersulit pemasangan korset, atau pada kasus poli trauma yang memerlukan mobilisasi segera, Sedangkan faktor yang menjadi kontraindikasi tindakan pembedahan berupa kerusakan jaringan lunak yang parah, komorbid medis dan kualitas tulang yang buruk, misalnya pada osteoporosis berat. (Santiago et al, 2016)

2.4.1. Morfologi fraktur

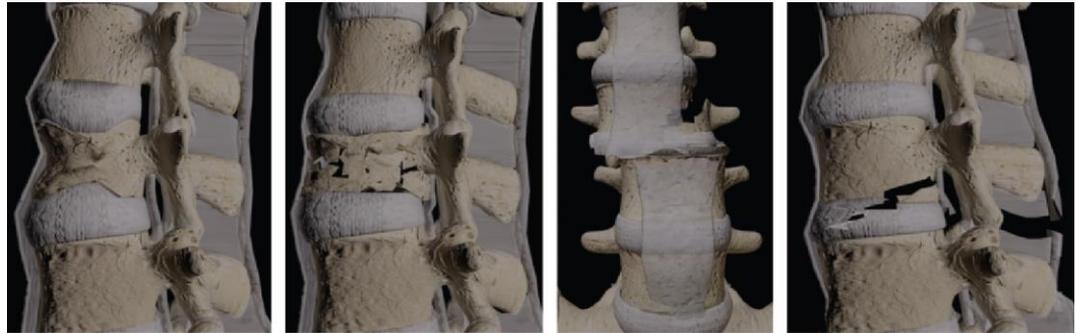
Deskripsi morfologi fraktur didapat berdasarkan temuan dari foto konvensional, *Computed Tomography (CT) scan*, atau *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* (Gambar 11).

Fraktur kompresi (1 poin) didefinisikan sebagai berkurangnya tinggi badan vertebra atau disrupsi dari *endplate* vertebra. Cedera ini biasanya disebabkan oleh *axial loading* atau fleksi lateral. Kompresi yang tidak terlalu berat hanya melibatkan aspek anterior dari badan vertebra, sedangkan dinding posterior vertebra dan *canalis spinalis* normal. Cedera dengan energi yang lebih tinggi akan mengakibatkan *burst fracture*, (Khurana et al, 2013) dimana terdapat keterlibatan aspek posterior badan vertebra dengan berbagai derajat retropulsi fragmen fraktur pada *canalis spinalis* dan kemungkinan besar mengakibatkan cedera neurologis. Secara radiologis, tampak berkurangnya *posterior vertebral height*, bertambahnya jarak interpedikular dan *posterior cortical line disruption*. (Warnick et al, 2019) Berdasarkan klasifikasi TLICS, skor untuk morfologi fraktur kompresi adalah 1 poin dan skor *burst fracture* adalah 2 poin. Fraktur kompresi dengan deformitas bidang koronal lebih dari 15° diberi skor 2 poin. (Khurana, et al, 2013)

Translation fracture (3 poin) didefinisikan sebagai *horizontal displacement* atau rotasi dari satu badan vertebra terhadap badan vertebra lainnya. Fraktur ini terjadi akibat torsi dan *shear force*, dan digambarkan dengan adanya rotasi *processus spinosus* dislokasi-fraktur *facet* unilateral atau bilateral, dan subluksasi vertebra. (Khurana et al, 2013) Cedera ini melibatkan komponen tulang dan ligamen yang mendukung stabilitas tulang belakang. Umumnya, fraktur tipe ini jarang terjadi karena memerlukan energi tinggi serta mengakibatkan defisit neurologis signifikan dan paraplegia. Secara radiologis dapat dijumpai translasi yang jelas antara badan vertebra yang satu dengan badan vertebra lainnya. (Warnick et al, 2019) Ketidakstabilan translasi anteroposterior paling baik dilihat dari foto

konvensional posisi lateral atau CT scan atau MRI irisan sagital, sedangkan ketidakstabilan mediolateral paling baik dilihat pada foto konvensional posisi anteroposterior atau CT scan irisan koronal. (Khurana et al, 2013) Pada CT scan, dislokasi facet akan memberikan gambaran “*naked facet*” pada irisan axial akibat hilangnya kedudukan normal antara dua facet.(Santiago et al, 2016)

Distraction fracture (4 poin) didefinisikan sebagai disosiasi anatomis sepanjang sumbu vertikal dan melibatkan ligamen bagian anterior dan posterior, elemen tulang bagian anterior dan posterior, atau kombinasi keduanya. (Khurana et al, 2013) Hal ini terjadi akibat cedera tipe *flexion-distraction* pada vertebra thorakolumbal yang disebabkan oleh kecelakaan kendaraan bermotor atau jatuh dari ketinggian. Umumnya, kondisi ini merupakan fraktur yang tidak stabil, yang meluas dari kolumna posterior ke kolumna media, dengan kolumna anterior bertindak sebagai porosnya, dan sering disertai dengan defisit neurologis dan cedera organ intraabdominal. Secara radiologis, pada proyeksi antero-posterior, akan terlihat *interspinous widening* akan memberikan gambaran “*empty bodies*”. Sedangkan pada proyeksi lateral akan terlihat aspek posterior vertebra dimana dijumpai adanya fraktur transversal pada pedikel dan processus transversus. Pada CT scan, tampak “*dissolving pedicle*” dimana pedikel vertebra terkesan menghilang bila dibandingkan dengan pedikel vertebra pada level lainnya. Selain itu, kebanyakan pasien umumnya juga mengalami *burst fracture* secara bersamaan.(Warnick et al, 2019)



a. b. c. d.

Gambar 11. Gambar *computed-generated 3D* menunjukkan 4 kategori morfologi fraktur berdasarkan klasifikasi TLICS: (a) fraktur kompresi (1 poin), (b) kompresi disertai *burst fracture* (2 poin), (c) *translation* atau *rotation injury* (3 poin), (d) *distraction injury* (4 poin). (Khurana et al, 2013)

2.4.2. Integritas *Posterior Ligamentous Complex* (PLC)

PLC berperan sebagai *posterior tension band* dari *columna vertebra* yang menjaga tulang belakang dari gerakan fleksi, ekstensi, translasi, dan distraksi berlebihan. Integritas PLC ini dinilai dalam TLICS. Bila terdapat disrupsi, segmen PLC yang cedera memerlukan tindakan pembedahan karena kemampuan sembuh PLC yang buruk. Tanpa pembedahan, PLC yang cedera akan mengakibatkan progresifitas kifosis dan mengakibatkan kolaps vertebra. (Khurana et al, 2013)

Integritas PLC dikategorikan sebagai *intact*, *indeterminate*, atau *injured*. Penilaian PLC dapat dilakukan dengan foto konvensional, CT scan, atau MRI. Disrupsi PLC pada foto konvensional atau CT scan menunjukkan adanya pelebaran interspinosus, fraktur avulsi dari aspek superior atau inferior dari *processus spinosus*, pelebaran *facet joint*, *empty* (“*naked*”) *facet joint*, dislokasi *facet joint*, atau translasi atau rotasi badan vertebra. (Khurana et al, 2013) Menurut *Rajasekaran et al*, adanya kifosis lebih dari 20° berkaitan dengan kemungkinan adanya ruptur PLC. (Warnick et al, 2019)

Tidak seperti CT scan, MRI memungkinkan visualisasi langsung dari PLC, dengan sensitivitas 91% dan spesifitas 100%. Oleh karena itu,

MRI merupakan pemeriksaan *gold standard* dalam mendeteksi cedera PLC. Setiap komponen PLC memerlukan analisa tersendiri. Ligamentum flavum dan ligamentum supraspinosus paling baik dinilai pada MRI T1WI atau T2WI irisan sagital berupa *low signal intensity continuous black stripes*. Ligamentum interspinosus paling baik dievaluasi dengan MRI STIR atau T2 *fat-saturated* irisan sagital. MRI T2 *fat-saturated* irisan axial untuk melihat edema atau cairan pada kapsul facet. Tanda yang paling *reliable* untuk cedera PLC adalah adanya disrupsi dari *low-signal-intensity black stripe* dari ligamentum flavum dan ligamentum supraspinosus, cairan pada kapsul facet atau edema pada processus interspinosus. MRI lebih akurat dalam mendeteksi cedera ligamentum flavum dan ligamentum supraspinosus, sehingga langsung dapat dikategorikan sebagai intak atau disrupsi, dan kurang akurat untuk mendeteksi cedera ligamen interspinosus dan kapsula facet, sehingga sering dikategorikan sebagai indeterminate karena hanya memberikan gambaran edema dan bukan disrupsi yang jelas. (Khurana et al, 2013)

PLC yang intak diberi skor 0, dan cedera ligamen yang jelas diberi nilai 3. Adanya edema terisolasi tanpa adanya disrupsi ligamen termasuk dalam kategori *indeterminate* dan diberi skor 2. (Khurana et al, 2013)

2.4.3. Status Neurologis

Status neurologis pasien merupakan indikator penting keparahan cedera tulang belakang. Sistem TLICS membagi status neurologis pasien menjadi 5 kategori berdasarkan keparahan defisit neurologis dan potensi kesembuhan pasien. Status neurologis intak pada pemeriksaan klinis diberi skor 0 poin. Cedera medula spinalis komplit atau cedera saraf tepi diberi skor 2 poin. Sindrom *cauda equina* atau cedera medula spinalis inkomplit diberi skor 3 poin karena pasien dengan tipe cedera ini akan menerima lebih banyak manfaat dari tindakan pembedahan dekompresi, dibandingkan dengan pasien dengan cedera medula spinalis komplit atau pasien yang awalnya tidak memiliki cedera neurologis. (Khurana et al, 2013)

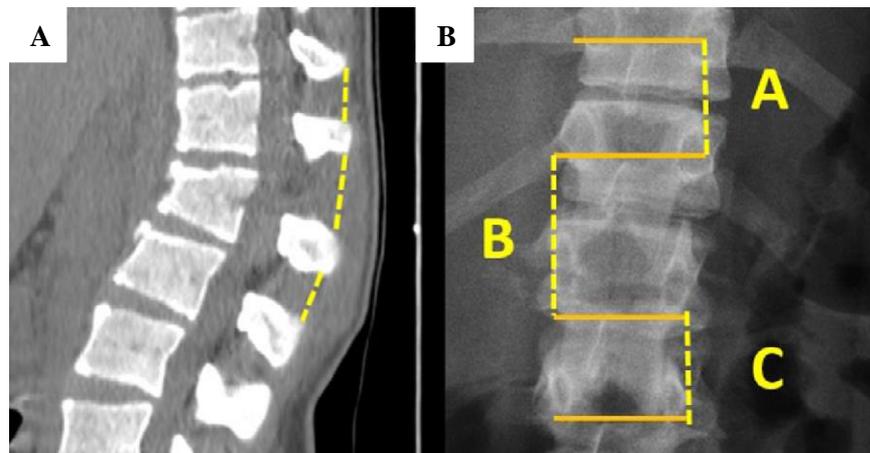
Walaupun status neurologis pasien tidak dapat secara langsung dinilai dengan pencitraan, namun cedera medulla spinalis atau cedera saraf tepi yang teridentifikasi pada MRI harus dilaporkan. Retropulsi osseous atau penyempitan kanalis spinalis dapat dibuktikan dari foto radiografi konvensional, CT scan ataupun MRI serta harus dilaporkan persentase penyempitan kanalis spinalis tersebut.(Khurana et al, 2013)

2.5. Pencitraan Fraktur Vertebra thorakolumbal

2.5.1. Foto Radiografi Konvensional

Foto radiografi konvensional proyeksi antero-posterior (AP) dan lateral merupakan modalitas pencitraan awal pada cedera tulang belakang. (Santiago et al, 2016)

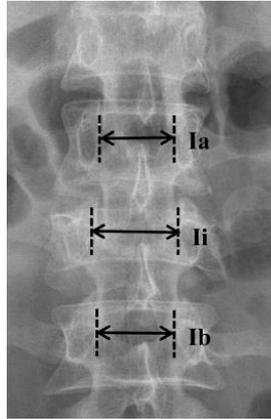
Proyeksi AP digunakan untuk menilai *interpedicular distance* yang akan melebar pada *burst fracture*, dan juga *interspinous distance* yang akan melebar pada cedera *posterior ligamentous complex (PLC)*. (Santiago et al, 2016) Menurut metode Neumann, adanya pelebaran *interspinous distance* sebanyak 20% bila dibandingkan dengan *interspinous distance* normal didekatnya, merupakan tanda adanya *unstable PLC* dan dibutuhkan tindakan pembedahan (Gambar 12). (Jacob Jr et al, 2015)



Gambar 12. Pengukuran *interspinous distance*. (A) *Multiplanar reformat (MPR)* dari *multidetector computed tomography (MDCT)* irisan sagital menunjukkan adanya pelebaran *interspinous distance* yang dicurigai sebagai ruptur *posterior ligamentous complex (PLC)*. (B) Pengukuran *interspinous distance* pada foto radiografi konvensional proyeksi AP adalah dengan mengukur jarak antara tepi atas *processus spinosus* vertebra yang fraktur dengan tepi atas *processus spinosus* vertebra yang berdekatan. Persentase pelebaran *interspinous distance* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ pelebaran} = \frac{\left(\frac{B - \frac{(A+C)}{2}}{\frac{(A+C)}{2}} \right)}{\frac{(A+C)}{2}} \times 100$$

dimana A adalah *interspinous distance* dari vertebra normal diatasnya, B adalah *interspinous distance* pada vertebra yang fraktur, dan C adalah *interspinous distance* dari vertebra normal dibawahnya.(Santiago et al, 2016)



Gambar 13. Pengukuran *interpedicle distance*

Pengukuran *interpedicle distance* (IPD) dilakukan pada foto radiografi konvensional proyeksi AP dengan cara mengukur jarak *interpedicle* pada bagian medial ke medial pada lokasi fraktur dan vertebra di atas dan dibawah lokasi fraktur dan diukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_n = \frac{I_a + I_b}{2} \quad \text{lalu hasilnya akan dimasukkan kedalam rumus } IPD = \frac{I_i - I_n}{I_n}$$

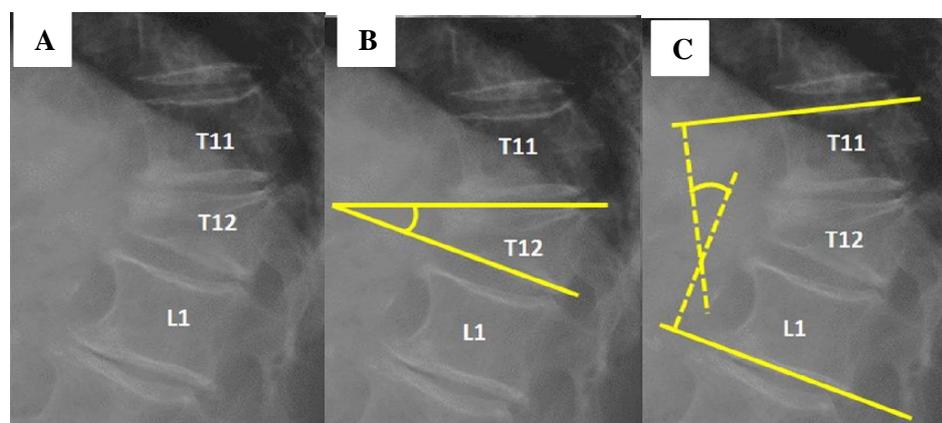
dimana I_a adalah *interpedicle distance* vertebra normal diatasnya, I_b adalah *interpedicle distance* vertebra normal dibawahnya, I_i adalah *interpedicle distance* pada lokasi fraktur

Pada proyeksi lateral, terdapat beberapa parameter yang perlu dinilai yaitu *kyphotic deformity* (*Cobb's angle* dan *local kyphosis*), *vertebral body height loss* dan *sagittal index*.

Kifosis merupakan deformitas yang paling sering terjadi pada cedera vertebra thorakolumbal dan dapat diukur dengan beberapa metode yaitu *regional kyphosis* (*Cobb's angle*), *Gardner's method*, *posterior wall angle*, *adjacent endplates method* dan *local kyphosis* (*wedge angle*). Tidak

terdapat literatur yang menyebutkan mengenai metode pengukuran yang menjadi “gold standard” ataupun “true value” yang menjadi *cut-off* untuk menilai *kyphotic deformity*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sadiqi, et al., teknik yang paling sering digunakan untuk mengukur kifosis adalah dengan *regional kyphosis (Cobb’s angle)*, disusul dengan *local kyphosis (wedge angle)*. (Sadiqi et al, 2016)

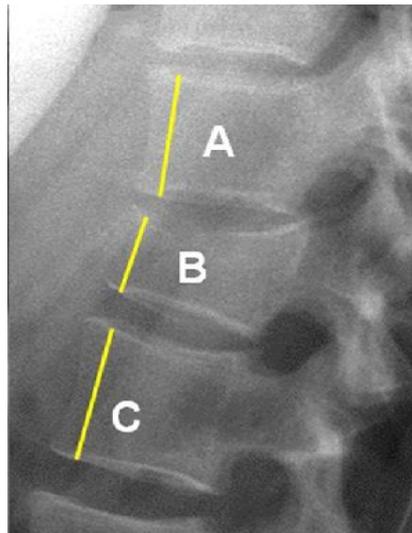
Menurut *Spine Trauma Group Study*, pengukuran *kyphotic deformity* dengan metode *regional kyphosis* direkomendasikan karena realibilitas yang lebih tinggi, diikuti oleh *local kyphosis* (Gambar 13). Akan tetapi, perlu diingat bahwa adanya *vertebral wedging* tidak selalu berarti adanya fraktur vertebra. Pada vertebra normal, terdapat *anterior wedging* pada T1 hingga L2 (terutama pada T7), *non-wedged* pada L3 dan *posterior wedging* pada L4-L5 (terutama pada L5) dengan batas maksimal 10°. (Santiago et al, 2016) Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa *kyphotic angle* antara 15°-30° berkaitan dengan instabilitas PLC. (Sadiqi et al, 2016) Pada penelitian yang dilakukan oleh Park et al, *Cobb’s angle* > 20° dan *local kyphosis* > 20° berkaitan dengan cedera PLC. (Park et al, 2005) Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Chen et al dan Yousefzadeh-Chabok et al, didapatkan *local kyphosis* > 25° lebih signifikan berkaitan dengan cedera PLC dibandingkan dengan *local kyphosis* > 20°. (Yousefzadeh-Chabok et al, 2020)



Gambar 14. Pengukuran *kyphosis deformity* pada foto radiografi konvensional. (A) *Wedge fracture* pada T12. (B) *Local kyphosis* adalah sudut yang dibentuk oleh *endplate superior*

dan *endplate* inferior dari vertebra yang fraktur. (C) *Regional kyphosis* adalah sudut yang dibentuk oleh *endplate* superior vertebra diatas vertebra yang fraktur dan *endplate* inferior vertebra dibawah vertebral yang fraktur.(Santiago et al, 2016)

Sedangkan untuk pengukuran *vertebral body height loss*, terdapat 2 metode, yaitu dengan *anterior/ middle column vertebral body compression ratio* (VBCR) dan *anterior vertebral body compression percentage* (AVBC%). Walaupun metode VCBR lebih banyak digunakan oleh para ahli, namun *Spine Trauma Group Study* merekomendasikan pengukuran *vertebra body height loss* dengan metode AVBC% (Gambar 14).(Sadiqi, et al, 2016) Menurut penelitian yang dilakukan oleh *Park et al*, adanya AVBC% lebih dari 40% berkaitan dengan adanya cedera PLC.



Gambar 15. *Anterior vertebral height*. Persentase *anterior vertebral body compression* dapat diukur dengan rumus sebagai berikut:

$$= \frac{\left(\frac{(A + C)}{2} - B \right)}{\frac{(A + C)}{2}} \times 100$$

% *anterior vertebral body compression* , dimana A adalah tinggi dari aspek anterior vertebra normal diatasnya, B adalah tinggi dari aspek anterior vertebra yang fraktur dan C adalah tinggi dari aspek anterior vertebra normal dibawahnya.(Santiago et al, 2016)

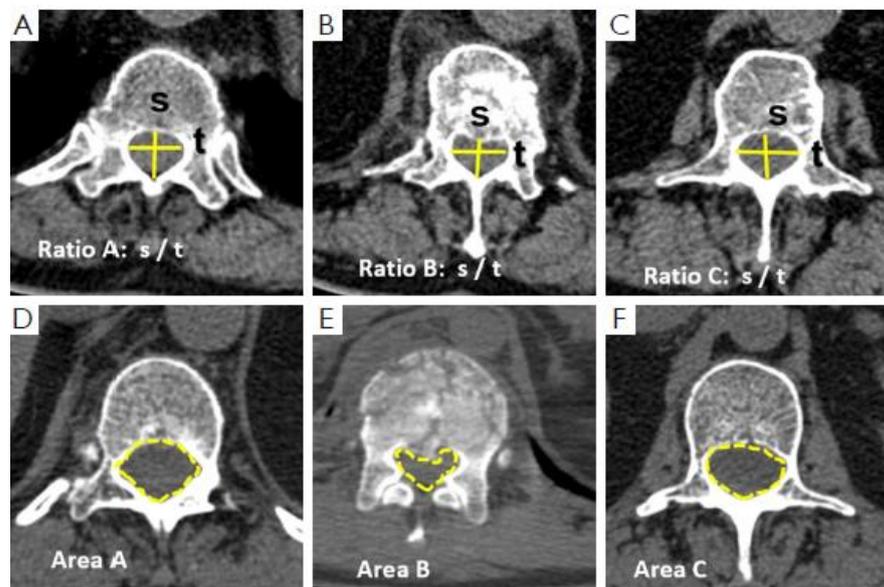
2.5.2. Multidetector computed tomography (MDCT)

Belakangan ini umumnya CT tulang belakang sudah termasuk dalam modalitas pencitraan awal di pusat kesehatan pada kasus trauma energi tinggi, tidak hanya jika terdapat nyeri punggung, namun pada semua kasus untuk mengeksklusikan adanya fraktur dan cedera thorakoabdominal lainnya. Pada pasien poli-trauma, adanya fraktur vertebra pada suatu segmen mengindikasikan perlunya CT tulang belakang secara keseluruhan, karena sekitar 20% pasien menunjukkan fraktur vertebra yang tidak berdekatan. MDCT juga diindikasikan pada trauma energi rendah dengan hasil radiografi konvensional normal, namun dengan kecurigaan klinis yang menetap. Jika dijumpai adanya fraktur pada foto radiografi konvensional maka dianjurkan untuk dilakukan CT scan tulang belakang yang mencakup dua vertebra diatas dan dibawah dari level fraktur untuk menilai instabilitas dan mengklasifikasikan fraktur secara lebih akurat, karena dapat terjadi misdiagnosis *burst fracture* sebagai fraktur kompresi anterior..(Santiago et al, 2016)

Semua pengukuran yang dilakukan pada foto radiografi konvensional juga dilakukan pada pemeriksaan MDCT. Selain itu, dilakukan pengukuran dimensi kanal dengan *sagittal-to-transverse canal diameter ratio* dan *canal total cross-sectional area* untuk menilai stenosis kanal yang dianggap sebagai parameter yang berguna untuk memprediksi cedera neurologis.(Santiago et al, 2016)

Pada fraktur-dislokasi, dilakukan pengukuran derajat translasi dari badan vertebra. Adanya translasi vertebra lebih dari 3.5 mm dianggap berkaitan dengan cedera PLC.(Santiago et al, 2016)

Seperti halnya pada foto radiografi konvensional, jaringan lunak tidak dapat dilihat secara langsung pada CT scan. Oleh karena itu, adanya cedera PLC dapat dicurigai bila dijumpai adanya temuan-temuan tertentu yang menjadi petunjuk seperti adanya pelebaran celah processus spinosus, avulsi pada tepi atas maupun bawah processus spinosus, pelebaran *facet joint*, *empty* (“*naked*”) *facet joint*, dislokasi *facet joint* dan adanya translasi atau rotasi vertebra (Gambar 16). (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)



Gambar 16. Pengukuran pada pemeriksaan MDCT. (A-C) perbandingan diameter sagital dan transverse lebih menurun dibandingkan dengan rasio vertebra normal pada sisi superior dan inferior. (D-F) area canal mengalami penurunan yang dapat diukur dengan formula berikut, dimana A adalah area canal pada normal vertebra di atasnya, B adalah area canal pada vertebra yang fraktur, dan C adalah area canal pada vertebra normal dibawahnya

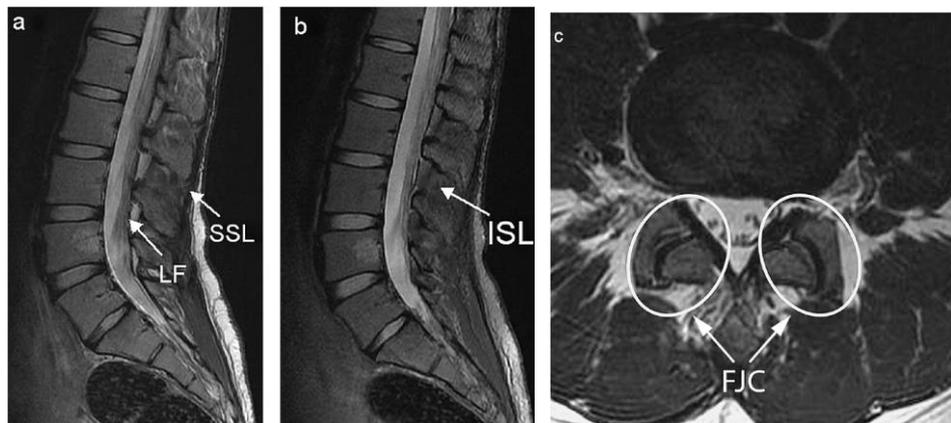
2.5.3. *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*

Walaupun status neurologis dapat dinilai secara klinis, MRI direkomendasikan untuk menentukan lokasi cedera secara tepat dan menentukan perluasan cedera. Berdasarkan sudut pandang radiologi, cedera medula spinalis dibagi menjadi tiga tingkatan pada T2WI yaitu: (I)

pendarahan medula spinalis berupa lesi hipointens dan memiliki prognosis yang buruk; (II) edema medula spinalis berupa lesi hiperintens dan memiliki prognosis yang baik; dan (III) kontusio atau pendarahan kecil yang dikelilingi oleh edema berupa lesi dengan intensitas campuran dengan prognosis intermediate. Adanya edema medula spinalis pada 1 segmen vertebra memiliki prognosis pemulihan neurologis yang lebih baik daripada edema yang melebihi 1 segmen vertebra. (Santiago et al, 2016)

MRI juga dapat menilai perluasan cedera anatomis. Adanya ruptur PLC tanpa adanya deficit neurologis mengindikasikan perlunya tindakan pembedahan. MRI diperlukan bila pemeriksaan klinis ataupun CT scan tidak dapat menentukan integritas PLC.(Santiago et al, 2016)

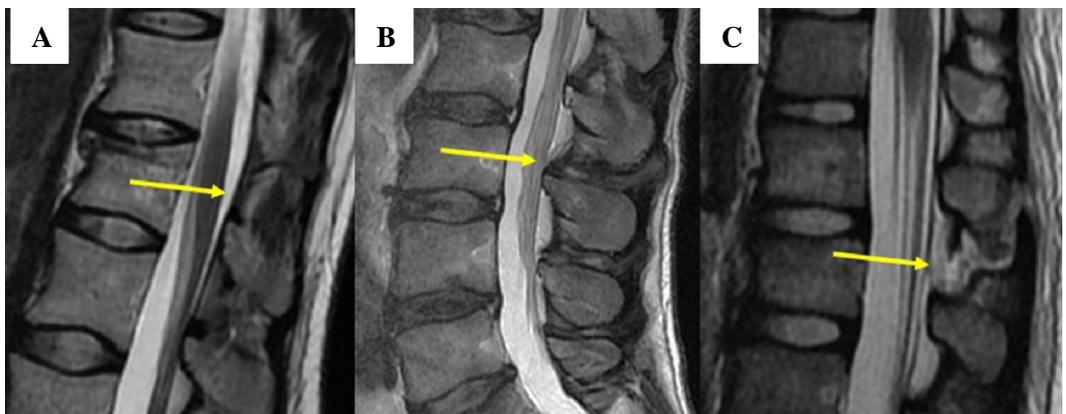
MRI merupakan modalitas gold standard dalam menilai integritas PLC dengan sensitivitasnya mencapai 90%. Pemeriksaan ini memungkinkan visualisasi jaringan lunak sekitar vertebra secara langsung. Setiap elemen PLC paling baik dinilai dengan sekuens yang berbeda. MRI T1W1 dan T2WI irisan sagital paling baik untuk menilai LF dan SSL, MRI STIR irisan sagital paling baik untuk menilai ISL, dan MRI STIR irisan axial paling baik untuk menilai facet joint capsule. (Gambar 17). (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)



Gambar 17. (a) MRI Lumbar sekuens T2WI irisan sagital menunjukkan *supraspinous ligament* (SSL) dan ligamentum flavum (LF). (b) MRI Lumbar sekuens STIR irisan sagital

menunjukkan *interspinous ligament* (ISL). (c) MRI Lumbal sekuens STIR irisan axial menunjukkan *facet joint capsule* (FCJ). (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

Ruptur ligamen diperlihatkan sebagai interupsi yang jelas dari ligamen yang normalnya tampak hipointens dan digantikan dengan lesi intensitas tinggi. (Gambar 18). MRI secara akurat menilai cedera ligamen supraspinosus dan ligamentum flavum, dan kurang akurat untuk menilai cedera ligamen interspinosus dan cedera kapsul facet. (Santiago et al, 2016)



Gambar 18. Cedera PLC. (A) PLC intak (panah); (B) cedera indeterminate; (C) cedera komplis (panah) (Santiago et al, 2016)

2.6. Penatalaksanaan

Pilihan penatalaksanaan pasien cedera vertebra thorakolumbal bervariasi dari penatalaksanaan non-pembedahan hingga instrumentasi dan fusi tulang belakang. Penatalaksanaannya bergantung pada banyak hal, stabilitas tulang belakang dan status neurologis memegang peranan utama. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

2.6.1. Penatalaksanaan non-operatif

Fraktur stabil dapat ditangani dengan penatalaksanaan non-operatif kondisi yang mencakup fraktur ini hanya berupa cedera osseous tulang belakang yang nantinya akan mengalami penyembuhan. Meskipun demikian, pemantauan ketat secara klinis dan radiologis sangat penting. Akan tetapi, bila dijumpai adanya cedera PLC maka dibutuhkan tindakan pembedahan. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

2.6.2. Penatalaksanaan operatif

Adanya cedera PLC akan mengakibatkan gangguan pada proses penyembuhan. Tanpa tindakan pembedahan, ruptur PLC dapat mengakibatkan ketidakstabilan tulang belakang, deformitas kifosis progresif, dan semakin kolapsnya fraktur vertebra. Untuk mencegah hal ini, pada fraktur tulang belakang dibutuhkan instrumentasi, ruptur PLC akan dilakukan fusi tulang belakang dan pada kompresi neurologis dilakukan tindakan dekompresi. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

Terdapat beberapa pendekatan fiksasi tulang belakang, yaitu melalui pendekatan posterior, anterior atau kombinasi keduanya baik dengan fiksasi segmen panjang atau pendek dengan atau tanpa instrumentasi pada vertebra yang fraktur. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)