

**KORELASI ANTARA GRADING INFILTRASI LEMAK MUSCULUS
MULTIFIDUS DAN DERAJAT FACET JOINT ARTHROPATHY PADA
PASIEN DENGAN DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESIS
BERDASARKAN MRI VERTEBRA LUMBOSACRAL**

**Correlation Between Grading of Fat Infiltration in Multifidus
Muscle and Degree of Facet Joint Arthropathy in Degenerative
Spondylolisthesis Patients based on Lumbosacral MRI: A Cross-
sectional Study**



CHIN EDWARD CHANDRA

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (SP-1)
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

**KORELASI ANTARA GRADING INFILTRASI LEMAK MUSCULUS
MULTIFIDUS DAN DERAJAT FACET JOINT ARTHROPATHY PADA
PASIEN DENGAN DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESIS
BERDASARKAN MRI VERTEBRA LUMBOSACRAL**

KARYA AKHIR

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
Dokter Spesialis -1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Dianjurkan Oleh

CHIN EDWARD CHANDRA

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (SP 1)
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**KORELASI ANTARA GRADING INFILTRASI LEMAK MUSCULUS
MULTIFIDUS DAN DERAJAT FACET JOINT ARTHROPATHY PADA PASIEN
DENGAN DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESIS BERDASARKAN MRI
VERTEBRA LUMBOSACRAL**

Disusun dan diajukan oleh :

CHIN EDWARD CHANDRA

Nomor Pokok : C125202001

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi
Pendidikan Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 02 Mei 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama


dr. Dario A. Nelwan, Sp.Rad (K)

NIP.197212152008121003

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K)

NIP.195201121983121001

Ketua Program Studi


dr. Rafikah Rauf, M.Kes., Sp.Rad (K)

NIP. 19820525 200812 2 001

Dekan Fakultas


Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK

NIP. 19680530 199603 2001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : dr. Chin Edward Chandra

NIM : C125202001

Program Studi : Ilmu Radiologi

Jenjang : PPDS-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul **"KORELASI ANTARA GRADING INFILTRASI LEMAK MUSCULUS MULTIFIDUS DAN DERAJAT FACET JOINT ARTHROPATHY PADA PASIEN DENGAN DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESIS BERDASARKAN MRI VERTEBRA LUMBOSACRAL"** adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari karya saya terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 20 Juni 2024

Yang menyatakan



Dr. Chin Edward Chandra

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya ilmiah ini yang berjudul **“KORELASI ANTARA GRADING INFILTRASI LEMAK MUSCULUS MULTIFIDUS DAN DERAJAT FACET JOINT ARTHROPATHY PADA PASIEN DENGAN DEGENERATIVE SPONDYLOLISTHESIS BERDASARKAN MRI VERTEBRA LUMBOSACRAL”**. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis- 1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Saya menyadari bahwa penyusunan karya akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, sehingga dengan segala kerendahan hati, saya mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya. Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. dr. Dario A. Nelwan, Sp. Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp. Rad (K) selaku Sekertaris Komisi Penasehat
3. dr. Andriany Qanitha, M.Sc, Ph.D selaku Anggota Komisi Penasehat
4. Dr. dr. Karya Triko Biakto, M.Kes., Sp. OT (K) Spine , MARS selaku Anggota Komisi Penasehat
5. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K)., M.Med.Ed selaku Anggota Komisi Penasehat

Atas segala arahan, bimbingan, dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian, hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini. Serta ucapan terima kasih atas segala arahan, nasehat dan bimbingan yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Departemen Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan saya kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK Unhas, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK Unhas dan Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang

telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.

2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Rafikah Rauf, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Nur Amelia Bachtiar, MPH, Sp.Rad selaku Sekretaris Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Alia Amalia, Sp.Rad selaku Kepala Instalasi Radiologi RSPTN Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RSUP Dr.Wahidin Sudirohusodo, Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K), Prof. Dr.dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K), dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr.Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Rosdiana, M.Kes, Sp.Rad (K), dr.Sri Muliati, Sp.Rad, Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad (K), dr. Erlin Sjahril,Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopoli, M.Kes, Sp.Rad (K), dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Besse Arfiana, Sp.Rad (K), dr. M. Abduh, Sp.Rad, dr. Taufiqulhidayat, Sp.Rad, dr. Zatriani, M.Kes, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK UNHAS atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.
3. Direksi beserta seluruh staf RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami dalam menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS dan Radiografer Bagian Radiologi RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerjasamanya.
5. Terima kasih sebesar-besarnya kepada istri saya, dr. Natalia, anak saya, Gabriel Faith Chandra dan Orang tua saya yang saya sangat cintai, atas segala cinta, pengorbanan, pengertian, dorongan semangat serta doa tulus yang selama ini telah mengiringi perjalanan saya dalam menempuh Pendidikan spesialis.
6. Teman PPDS terbaik angkatan Januari 2021 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan materi, motivasi dan

dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.

7. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya. Saya ucapkan banyak terima kasih.

Melalui kesempatan ini pula perkenankan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya baik disengaja maupun tidak kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini. Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya.

Makassar, 20 Juni 2024

Dr. Chin Edward Chandra

ABSTRAK

CHIN EDWARD CHANDRA. Hubungan antara Grading Infiltrasi Lemak *Musculus Multifidus* dan Derajat *Facet Joint Arthropathy* pada Pasien dengan *Degenerative Spondylolisthesis* Berdasarkan MRI *Vertebra Lumbosacral* (bimbing oleh Dario A. Nelwan, Muhammad Ilyas, Andriany Qanitha, Karya Triko Blakto, dan Sri Asriyani).

Penyebab yang mungkin berkontribusi terhadap terjadinya *degenerative spondylolisthesis* adalah *osteoarthritis facet joint* dan stabilisasi otot yang tidak memadai. *Sendi facet* dan *musculus multitous* dipersaraf oleh cabang medial ramus dorsal saraf segmental. Penelitian ini bertujuan meneliti hubungan antara *grading infiltrasi lemak musculus multifidus* dan derajat *facet joint arthropathy* pada pasien dengan *degenerative spondylolisthesis* berdasarkan MRI *vertebra lumbosacral*. Desain penelitian yang digunakan ialah observasi cross-sectional yang menggunakan data sekunder untuk mengetahui korelasi *grading infiltrasi lemak musculus multifidus* dan derajat *facet joint arthropathy* pada pasien dengan *degenerative spondylolisthesis* berdasarkan *non-weight bearing MRI vertebra lumbosacral*. Data diperoleh di Instalasi Radiologi Rumah Sakit dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar dari bulan Januari 2022 hingga sampel terpenuhi. Sampel sebanyak 100 *non-weight bearing MRI vertebra lumbosacral* pasien *degenerative spondylolisthesis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase sampel berdasarkan *infiltrasi lemak musculus multifidus lumbal* menunjukkan jumlah terbanyak pada grade 2 (33%). Persentase sampel berdasarkan *facet joint arthropathy* menunjukkan jumlah terbanyak pada derajat 2 (45%). Karakteristik data jenis kelamin dan usia memiliki hubungan yang bermakna dengan *infiltrasi lemak musculus multifidus lumbal* ($p < 0.05$), sedangkan karakteristik data jenis kelamin dan level spinal memiliki hubungan dengan *facet joint arthropathy* ($p < 0.05$). Terdapat korelasi positif yang kuat ($p < 0.05$, $r = 0.641$) antara *grading musculus multifidus* dan derajat *facet joint arthropathy* pada pasien dengan *degenerative spondylolisthesis*. Dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang kuat positif dan signifikan antara *grading musculus multifidus* dan derajat *facet joint arthropathy* pada pasien dengan *degeneratif spondylolisthesis*.

Kata kunci: *degenerative spondylolisthesis*, *infiltrasi lemak musculus multifidus*, *facet joint arthropathy*, *MRI lumbosacral*



ABSTRACT

CHIN EDWARD CHANDRA. *Correlation between Grading of Fat Infiltration in Multifidus Muscle and Degree of Facet Joint Arthropathy in Degenerative Spondylolisthesis Patients based on Lumbosacral MRI: A Cross-Sectional Study* (supervised by Dario A. Nelwan, Muhammad Ilyas, Andriany Qanitha, Karya Triko Biakto, dan Sri Asriyani)

The risk factors of the degenerative spondylolisthesis are facet joint arthropathy and inadequate muscle stabilization. The facet joint and musculus multifidus are innervated by the medial branch of the dorsal ramus of the segmental nerve. Hereby, the relationship between the grading of the musculus multifidus fat infiltration and degree of facet joint arthropathy will be examined in the patients with the degenerative spondylolisthesis based on the MRI of the lumbosacral vertebrae. The research used the cross-sectional observational research design using the secondary data to determine the correlation between the musculus multifidus fat infiltration grading and the degree of the facet joint arthropathy in the patients with the degenerative spondylolisthesis based on the Non-Weight Bearing MRI of the lumbosacral vertebrae. The research used all data in the Radiology Installation of Wahidin Sudirohusodo Hospital, Makassar from January 2022 until the samples were fulfilled. The research result indicates that there are 100 samples of the Non-Weight Bearing MRI vertebra lumbosacral degenerative spondylolisthesis patients. The highest percentage of the lumbar musculus multifidus fat infiltration is grade 2 (33%). The highest percentage of the samples of the facet joint arthropathy is grade 2 (45%). The data characteristics of the gender and age have the significant relationship with the fatty infiltration of the lumbar musculus multifidus ($p < 0.05$), while the data characteristics of the gender and spinal level have the relationship with the facet joint arthropathy ($p < 0.05$). there is the strong positive correlation ($p < 0.05$, $r = 0.641$) between the grading musculus multifidus and the degree of the facet joint arthropathy in the patients with the degenerative spondylolisthesis. It can be concluded that there is the strong positive and significant correlation between the grading musculus multifidus and the degree of the facet joint arthropathy in the patients with the degenerative spondylolisthesis.

Key words: degenerative spondylolisthesis, fat infiltration of musculus multifidus, facet joint arthropathy, lumbosacral MRI



Daftar Isi

BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1. Tujuan Umum	4
1.3.2. Tujuan Khusus.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
a. Manfaat Pengembangan Ilmu	5
b. Manfaat Aplikasi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Anatomi.....	6
2.1.1. Anatomi Facet joint	6
2.1.2. Anatomi dan Fungsi Musculus Multifidus	13
2.2. Degenerative Spondylolisthesis	14
2.2.1. Definisi	14
2.2.2. Patogenesis	15
2.2.3. Natural History	17
2.2.4. Klasifikasi.....	18
2.3. Facet Joint Arthropathy	23
2.3.1. Definisi	23
2.3.2. Insidens dan Epidemiologi.....	25
2.3.3. Patofisiologi	25
2.3.4. Klasifikasi.....	27
2.3.5. Pemeriksaan Radiologi	29
2.4. Infiltrasi Lemak Musculus Multifidus Lumbalis.....	31
2.4.1. Pendahuluan	31
2.4.2. Function Spinal Unit.....	31
2.4.3. Fungsi Musculus Multifidus.....	32
2.4.4. Struktur dan Fungsi Skeletal Muscle Musculus Paraspinal.....	33
2.4.5. Patofisiologi	36
2.4.6. Klasifikasi.....	38
2.5. Hubungan Infiltrasi Lemak Musculus Multifidus dan Facet Joint Arthropathy pada Degenerative Spondylolisthesis berdasarkan MRI Vertebra Lumbosacral	39
BAB III KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP	41
3.1. Kerangka Teori	41
3.2. Kerangka Konsep.....	42

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	43
4.1. Desain penelitian.....	43
4.2. Tempat dan waktu penelitian.....	43
4.3. Populasi penelitian.....	43
4.4. Sampel dan Cara pengambilan Sampel.....	43
4.5. Perkiraan Besar Sampel	44
4.6. Kriteria inklusi dan eksklusi	44
4.6.1. Kriteria Inklusi.....	44
4.6.2. Kriteria Eksklusi.....	45
4.7. Identifikasi dan Klasifikasi Variable	45
4.7.1. Identifikasi Variabel	45
4.7.2. Klasifikasi Variabel	45
4.8. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	46
4.9. Cara Kerja	49
4.9.1. Alat dan bahan	49
4.9.2. Prosedur Penelitian	49
4.10. Analisis data	49
4.10.1. Analisis univariat	49
4.10.2. Analisis bivariat	50
4.11. Alur Penelitian	51
BAB V HASIL DAN ANALISA DATA	52
BAB VI PEMBAHASAN	65
6.1. Pembahasan Hasil Penelitian	65
6.2. Keterbatasan Penelitian.....	70
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	71
7.1. Kesimpulan penelitian	71
7.2. Saran Penelitian	71
Daftar Pustaka.....	73

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Sistem klasifikasi untuk spondilolistesis	20
Tabel 4.1	Klasifikasi r-value	50
Tabel 5.1	Distribusi Karakteristik data sampel penelitian	53
Tabel 5.2	Distribusi sampel penelitian berdasarkan grading degenerative spondylolisthesis.....	54
Tabel 5.3	Distribusi sampel penelitian berdasarkan infiltrasi lemak musculus multifidus lumbal	55
Tabel 5.4	Distribusi sampel penelitian berdasarkan <i>facet joint</i> arthropathy	56
Tabel 5.5	Faktor-faktor yang yang berhubungan dengan grading musculus multifidus	58
Tabel 5.6	Faktor-faktor yang yang berhubungan dengan derajat <i>facet</i> <i>joint arthropathy</i>	61
Tabel 5.7	Korelasi antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat <i>facet joint arthropathy</i> pada pasien dengan <i>spondylolisthesis degenerative</i>	63

Daftar Grafik

Grafik 5.1	Grafik distribusi grading degenerative spondylolisthesis.....	55
Grafik 5.2	Grafik distribusi grading musculus multifidus	56
Grafik 5.3	Grafik distribusi derajat facet joint arthropathy	57

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Potongan melintang sendi facet setinggi L2/3.....	6
Gambar 2.2	Animasi anatomi sendi Facet.....	8
Gambar 2.3	Representasi skematis dari ramus dorsalis lumbalis dan cabang-cabangnya.....	12
Gambar 2.4	Anatomi dari otot-otot instrinsik punggung.....	13
Gambar 2.5	Skema metode penilaian spondylolisthesis.....	19
Gambar 2.6	Skema spondylolisthesis degenerative.....	21
Gambar 2.7	MRI Spondylolisthesis degeneratif.....	22
Gambar 2.8	Facet joint normal dan facet joint osteoarthritis lanjut.....	24
Gambar 2.9	Gambaran facet joint osteoarthritis pada lumbal.....	30
Gambar 2.10	Gambaran facet joint osteoarthritis pada stadium lanjut.....	30
Gambar 2.11	Gambaran skematis anatomi otot paraspinal	35
Gambar 2.12	Mekanisme molekuler pada cedera multifidus	36
Gambar 2.13	Kondisi yang mendukung penumpukan lemak (kuning) di otot dan tulang	37
Gambar 2.14	Klasifikasi Goutallier untuk infiltrasi lemak pada musculus multifidus lumbalis	38
Gambar 5.1	Korelasi grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis	64

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

CV	: Corpus Vertebra
PLC	: <i>Posterior Ligament Complex</i>
DS	: <i>Degenerative Spondylolisthesis</i>
MIS	: <i>Minimal Invasive Surgery</i>
SCR	: <i>Spinal Canal Ratio</i>
CSA	: <i>Cross Sectional Area</i>
FSU	: <i>Functional Spinal Unit</i>
IAR	: <i>Instantaneous Axis of Rotation</i>
PCSA	: <i>Physiologic Cross Sectional Area</i>
ECM	: <i>Extracellular Matrix</i>
FAP	: <i>Fibro Adipogenic Progenitor</i>
IL	: Interleukin
TNF	: <i>Tumor Necrotic Factor</i>
DMD	: <i>Duchene Muscle Dytrophy</i>
MF	: Multifidus
ES	: Erector Spinae
DLS	: <i>Degenerative Lumbar Spondylolisthesis</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Degenerative spondylolisthesis merupakan kelainan yang disebabkan oleh bergesernya satu corpus vertebra dengan satu diatas atau dibawahnya dikarenakan perubahan degenerative. Pada radiografi polos, sering ditemukan spondylolisthesis pada CV L4 terhadap CV L5 dan ada juga beberapa pada CV L5 terhadap CV S1 dan CV L3 terhadap CV L4.(Y. X. J. Wang et al., 2017)

Perubahan degenerative pada discus intervertebralis merupakan factor yang sangat penting dalam menilai fungsi tulang belakang pada usia lanjut. Umumnya perubahan degenerative muncul pada usia diatas 50 tahun baik dari otot dan tulang yang berperan dalamnya.(Barreras, 2006)

Rasio pria dan Wanita dalam terjadinya degenerative spondylolisthesis adalah 1:5-6. Degenerative spondylolisthesis jarang ditemukan pada usia dibawah 50 tahun. Pergeseran corpus vertebra terbatas pada 30% dari lebar corpus vertebra yang terlibat. Terjadinya degenerative spondylolisthesis sangat berhubungan dengan meningkatnya usia pada wanita ataupun pria.(E. T. Lee et al., 2021) Kehamilan, kelemahan sendi yang menyeluruh dan peningkatan BMI juga menjadi factor predisposisi terjadinya degenerative spondylolisthesis.(*Section 15 Chapter 1: Degenerative Spondylolisthesis – Pathogenesis, Natural History and Classifications: Wheelless' Textbook of Orthopaedics*, n.d.)

Penyebab utama yang mungkin berkontribusi terhadap terjadinya degenerative spondylolisthesis adalah: degenerasi diskus yang menyebabkan ketidakstabilan segmental; osteoarthritis facet joint; kegagalan komponen stabilisasi ligamen, dan stabilisasi otot yang tidak memadai.(Akkawi & Zmerly, 2021)

Musculus paralumbar berfungsi sebagai penopang dan penjaga stabilitas tulang belakang. Musculus multifidus merupakan musculus yang

paling medial pada paraspinal vertebra lumbal, yang dipersarafi oleh cabang medial ramus dorsal saraf segmental. Dalam decade terakhir, banyak studi yang meneliti interaksi musculus paraspinal dengan menurunnya kekuatan isometric dari lumbar spine, *low back pain*, herniasi discus, *polyradiculopathy*, dan *degenerative lumbar spondylolisthesis*. Stabilitas tulang belakang merupakan factor penting untuk menentukan dalam mengevaluasi dan tatalaksana pada pasien dengan *degenerative lumbar spondylolisthesis*. Evaluasi musculus paraspinal dapat menjadi penting karena musculus ini secara langsung mempengaruhi stabilitas segmental dan mengontrol lumbar spine yang melekat langsung pada column vertebra lumbal.

Selain musculus paralumbar, Sendi facet juga berperan penting terhadap stabilitas vertebra lumbal. Facet joint merupakan artikulasi arkus posterior vertebra. Facet joint adalah bagian penting dari kolom posterior dan memberikan stabilitas struktural pada kolom vertebral. Sendi ini dikelilingi oleh kapsul fibrosa dan menghubungkan permukaan artikular superior dan interior vertebra.

Arthrosis facet atau penyakit facet degeneratif adalah bentuk patologi facet yang paling sering terjadi. Penyakit ini terutama menyerang populasi lansia, terjadi pada hampir setiap orang setelah usia 60 tahun dan dalam tingkat yang berbeda-beda mempengaruhi sebagian besar orang dewasa, menunjukkan bahwa arthrosis facet memiliki peran besar dalam nyeri leher dan nyeri punggung pada populasi lansia.

Degenerative spondylolisthesis adalah perpindahan satu vertebra relatif terhadap vertebra lainnya pada potongan sagital. Dalam banyak kasus, hal ini berhubungan dengan arthrosis sendi facet dan kegagalan segmen gerak. Listhesis terjadi sebagai akibat subluksasi sendi facet, terkait dengan hilangnya tulang rawan dan remodeling artikular yang penting dan progresif.

Orientasi sendi pada potongan sagital dapat mengurangi jumlah penahan anterior yang dapat disuplai oleh sendi facet ke kolom vertebral hanya karena lebih sedikit penahan tulang pada bidang sagital. Kurangnya penahan ini dapat mengakibatkan subluksasi anterior vertebra superior pada segmen gerak. Oleh karena itu, spondylolisthesis paling sering terjadi pada

L4–L5, tingkat yang sama yang paling sering terkena arthrosis. (Goethem JWM et al., 2014)

Persarafan facet joint lumbal berasal dari cabang medial rami dorsal lumbal, atau, seperti yang juga diketahui merupakan cabang posterior saraf vertebra lumbal. Saraf vertebra dibagi menjadi empat cabang yang berbeda, setelah keluar dari foramen intervertebralis masing-masing; communicating branches, meningeal branches, ramus ventral, dan yang lebih kecil lagi ramus dorsal. Pada level L1-L4, Ramus dorsal berpisah pada pada spinal nerve yang biasanya pada facet angle kanan. ramus dorsal kemudian melintasi foramen vertebra, yang kemudian membentuk jalur dorsal dan cauda. Ramus dorsal merupakan titik yang ditemui pada formen yang dibentuk oleh batas superior dari processus transversus yang berdekatan dan batas inferior dari facet joint lumbal pada masing-masing level. Aspek terakhir dari ramus dorsalis ini terletak di bagian musculus intertransversal medial. Selain itu, cabang tengah juga menampilkan banyak anastomosis dengan cabang-cabang lainnya, sehingga membentuk pleksus saraf yang kompleks. Cabang medial ada di sana bercabang menjadi tiga yang berbeda cabang; cabang otot, artikular dan kulit, mempersarafi facet joint lumbal, musculus multifidus serta ligamen supra et intervertebralis. Dengan hal tersebut, menjadi teori dasar adanya hubungan antara fact joint dengan musculus multifidus. (Kapetanakis & Gkantsinikoudis, 2021) Dengan ini, kami akan meneliti hubungan antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint athropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis berdasarkan MRI Vertebra Lumbosacral , khususnya pada RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui “Apakah terdapat korelasi antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis berdasarkan MRI Vertebra Lumbosacral di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar?”.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis berdasarkan MRI Vertebra Lumbosacral di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar

1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui gambaran karakteristik dasar pasien dengan degenerative spondylolisthesis
- b. Untuk mengetahui sebaran grading degenerative spondylolisthesis pada populasi pasien di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar
- c. Untuk mengetahui gambaran atau distribusi grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat *facet joint arthropathy* pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis
- d. Untuk mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis
- e. Untuk mengetahui korelasi antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis

1.4. Hipotesis Penelitian

- Hipotesis Kerja : Terdapat korelasi antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis berdasarkan MRI vertebra lumbosacral

1.5. Manfaat Penelitian

a. Manfaat Pengembangan Ilmu

Memberikan informasi ilmiah tentang penggunaan MRI Vertebra Lumbosacral mengenai korelasi grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis

b. Manfaat Aplikasi

- i. Dalam bidang akademik, hasil penelitian dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai korelasi infiltrasi lemak musculus multifidus dan facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis
- ii. Dalam bidang pelayanan Kesehatan, hasil penelitian dapat membantu klinisi dalam menentukan diagnosis, terapi dan prognosis berpedoman pada gambaran MRI vertebra lumbosacral pasien dengan degenerative spondylolisthesis berdasarkan temuan infiltrasi lemak dan facet joint arthropathy
- iii. Dapat digunakan sebagai data untuk penelitian-penelitian selanjutnya mengenai hubungan antara musculus multifidus dan facet joint arthropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis

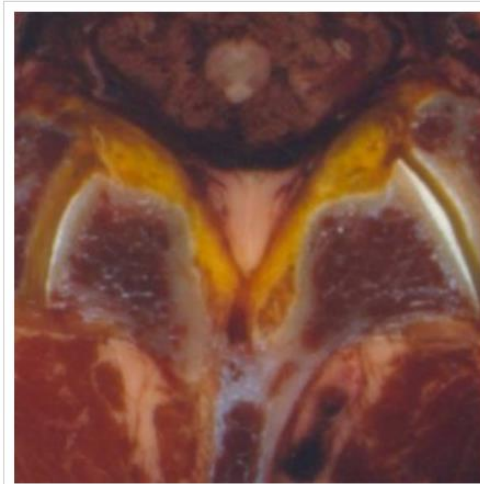
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Anatomi

2.1.1. Anatomi Facet joint

Sendi facet terdiri dari prosesus artikularis inferior dan superior, yaitu tonjolan tulang yang muncul secara vertikal dari pertemuan pedikel dan lamina di belakang proses transversal. Prosesus artikular menyatu seluruhnya ke dalam lamina di daerah lumbal, sehingga beban yang mengalir dari aspek artikular superior ke inferior berdifusi ke dalam lamina. Orientasi trabekula yang khas terlihat berjalan miring dari prosesus superior ke bawah hingga endplate inferior dan dari prosesus inferior ke atas hingga endplate superior pada bidang sagital. Selain itu, orientasi trabekula terutama tegak lurus terhadap permukaan artikular pada bidang transversal telah diketahui pada prosesus superior. (Section 2. Chapter 10: *Function and Dysfunction of the Facet Joint: Wheelless' Textbook of Orthopaedics*, n.d.)



Gambar 2.1. Potongan melintang sendi facet setinggi L2/3. SP: proses artikular superior L3, IP: proses artikular inferior L2, LF: ligamen flavum, C: kapsul. (Section 2. Chapter 10: *Function and Dysfunction of the Facet Joint: Wheelless' Textbook of Orthopaedics*, n.d.)

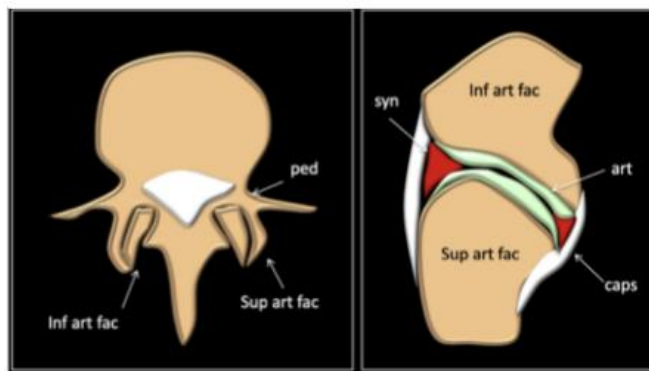
Kartilago artikular yang menutupi proses artikular superior dan inferior masing-masing menghadap ke arah posteromedial dan anterolateral. Namun, dilaporkan bahwa kartilago artikular tidak meluas sampai ke ujung prosesus, sehingga terkadang membuat kontur kartilago artikular menjadi sulit diidentifikasi. Kartilago yang mengartikulasikan dalam prosesus tersebut tampaknya cocok untuk menyalurkan gaya pada bidang transversal yang sejajar dengan endplate, daripada mentransmisikan gaya vertikal yang diterapkan pada elemen posterior tulang belakang dengan mempertimbangkan orientasi dan distribusinya. Namun, Hadley melaporkan bahwa Kartilago artikular melampaui batas kontak tulang, yang memperbesar ruang sendi hingga ke permukaan posterior proses artikular.

Definisi anatomi dari istilah "segi" adalah permukaan anatomi berbatas datar dan halus. Karena permukaan artikular pada proses artikular superior dan inferior umumnya digambarkan sebagai cekung dan cembung, dan secara efektif tidak datar, istilah "sendi facet" mungkin tidak mewakili dengan baik karakteristik geometris sendi zygapophysial. Sambungan faset pada bidang transversal mendekati bentuk "C" atau "J". Meskipun telah dilaporkan bahwa sekitar 80% sendi facet berbentuk melengkung dan 20% datar pada tulang belakang lumbal atas, angka-angka ini berkebalikan pada tulang belakang lumbal bawah. Hadley menunjukkan adanya permukaan artikular cekung pada faset inferior dan permukaan artikular cembung pada faset superior pada bidang sagital, yang merupakan kelengkungan berlawanan pada bidang transversal dan bertentangan dengan geometri permukaan sendi faset yang dianggap umum. Suatu permukaan yang melengkung terbalik dalam dua arah tegak lurus, yaitu satu cekung dan satu lagi cembung, digambarkan sebagai bentuk "pelana", yang secara matematis digambarkan sebagai paraboloid hiperbolik. Faktanya, Steindler mengklasifikasikan sendi facet lumbal sebagai sendi pelana dalam bukunya.

Seperti halnya sendi sinovial besar lainnya, sendi facet memiliki kapsul. Kapsul terdiri dari lapisan luar yang terbuat dari kumpulan serat

kolagen paralel yang padat dan lapisan dalam dari serat elastis bergelombang yang arahnya tidak beraturan. Bundel paralel telah digambarkan sebagai “ligamen penguatan transversal” yang kokoh oleh Putz. Sebuah studi baru-baru ini mengenai struktur kapsul lumbal yang terperinci menunjukkan tiga pita serat di lapisan luar kapsul sendi; serabut lengkung superior, serabut lari horizontal tengah, dan serabut lengkung inferior. Serabut melengkung superior membentuk “pita seperti kubah” yang melintasi bagian superior dan superior-posterior sendi. Serabut horizontal tengah umumnya berjalan horizontal tetapi mungkin juga sedikit miring ke bawah dari medial ke lateral. Serabut melengkung inferior membentuk “pita seperti tempat tidur gantung” yang melintasi bagian inferior dan posterior-inferior dari sendi facet.

Kapsul ini melekat bukan pada tepi sendi tetapi dipantulkan ke permukaan luar prosesus artikular karena tulang rawan artikular melampaui permukaan posterior prosesus artikular. Kapsul dan ruang sendi memanjang dengan jarak yang bervariasi dari tepi sepanjang proses artikular superior atau inferior. Penempelan kapsul pada jarak tertentu dari tepi permukaan sendi menyebabkan efek “wrap-around” kapsul, yang dapat menimbulkan gaya tekan dan tekanan di dalam kapsul, sehingga dapat terbentuk fibrokartilago di dalam kapsul.



Gambar 2.2. Animasi anatomi sendi Facet. (Section 2. Chapter 10: Function and Dysfunction of the Facet Joint : *Wheeless' Textbook of Orthopaedics*, n.d.)

Sebuah studi tentang ketebalan kapsul faset lumbal melaporkan variasi ketebalan regional; Tebalnya 2,0 mm di daerah posterior, tebalnya 2,4 mm di daerah superior dan inferior, sedangkan

tebalnya 3,2 mm di daerah anterior. Variasi regional dari ketebalan kapsul juga dicatat dalam penelitian¹⁰ di atas dengan lapisan dalam di bagian inferior lebih tebal dibandingkan lapisan dalam di bagian superior dan tengah sendi. Namun temuan ini hanya bersifat kualitatif.

Pengetahuan yang tepat tentang geometri anatomi permukaan sendi facet dan struktur kapsuler merupakan masukan penting untuk studi biomekanik yang berupaya menjelaskan fungsi normal dan disfungsi yang menyebabkan osteoarthritis sendi facet dan gangguan tulang belakang.

Sendi facet adalah sendi berlapis sinovial simetris dengan kapsul fibrosa yang menghubungkan aspek artikular vertebra. Sisi superior vertebra bawah berartikulasi dengan sisi inferior vertebra di atasnya.

Sendi facet terletak di antara pedikel dan lamina vertebra yang sama dan membentuk pilar artikular yang berfungsi memberikan stabilitas struktural pada kolom vertebra secara keseluruhan. Unit fungsional kolom vertebral terdiri dari dua badan vertebra yang berdekatan, sebuah diskus intervertebralis dan dua sendi facet. Satuan ini disebut segmen gerak.

Bagian posterior segmen gerak tulang belakang memandu pergerakan tulang belakang, dengan jenis gerakan ditentukan oleh bidang artikulasi faset. Orientasi koronal dari sendi facet toraks meminimalkan ekstensi tetapi memungkinkan rotasi, sedangkan orientasi miring sagital dari sendi facet lumbal meminimalkan rotasi. Bagian posterior segmen gerak mengandung *posterior ligament complex* (PLC), yang memainkan peran penting dalam menstabilkan. PLC terdiri dari ligamen supraspinosa, ligamen interspinosa, kapsul faset artikular, dan ligamen flavum. (Almeer et al., 2020)

Persarafan sendi facet lumbal berasal dari cabang medial rami dorsal lumbal, atau, sebagaimana juga dikenal, cabang posterior saraf tulang belakang lumbal. Selama bertahun-tahun, kepentingan klinis dari struktur ini tidak diketahui secara memadai. Oleh karena itu,

deskripsi yang tepat tentang anatomi mereka tidak terdapat bahkan dalam atlas anatomi yang sudah mapan.

Bogduk dkk. adalah orang pertama yang memberikan analisis menyeluruh tentang cabang posterior anatomi saraf tulang belakang lumbal pada tahun 1982. Saraf tulang belakang dibagi menjadi empat cabang berbeda, setelah keluar dari foramen intervertebralis masing-masing; cabang *communicating*, cabang meningeal, ramus ventral dan yang lebih kecil ramus dorsalis. Pada level L1 – L4, ramus dorsalis dipisahkan dari saraf tulang belakang pada sudut yang kira-kira siku-siku. Mereka kemudian melintasi foramen spinalis, melewati jalur dorsal dan cauda. Ramus dorsalis dari titik tersebut terlihat pada formasi yang dibentuk oleh batas superior dari prosesus transversus dan batas inferior dari masing-masing sendi facet lumbal. Aspek terakhir ramus dorsalis ini terletak di bagian medial otot intertransversal.

Ramus dorsalis bercabang dua, sekitar 5–10 mm distal dari foramen tersebut di atas, menjadi cabang medial dan lateral, membentuk sudut 30 derajat.

Pembagian ini ditemui pada tepi superior prosesus transversus yang mendasarinya. Terdapat banyak cabang yang berkomunikasi antara cabang lateral yang berdekatan, cabang medial dan rami dorsal.

Komposisi serabut saraf pada kedua cabangnya, mengandung serabut sensorik dan motorik. Percabangan ramus dorsalis juga mempunyai arti penting secara regional; cabang lateral mempersarafi jaringan di lateral sendi facet lumbal sedangkan cabang medial memberikan persarafan pada struktur yang terletak di medial garis sendi facet lumbal.

Setelah kemunculannya, cabang medial melintasi batas superior dari proses transversal yang mendasarinya, proksimal dari asalnya. Kemudian melewati antara dasar processus articularis superior dan prosesus transversus yang berdekatan, melintasi bagian dorsal ligamen intertransversal. Cabang medial berada di lokus ini disertai dengan cabang posterior arteri lumbalis, melekat pada

periosteum yang berdekatan melalui jaringan ikat. Lebih jauh lagi, ia mempunyai saluran medial yang lewat di bawah ligamen mamilo-asesorius ke dalam saluran fibro-osseous. Cabang medial dari rami dorsalis L1–L4 terdapat di bagian posterolateral kanal ini, lebih dekat ke inferior dibandingkan superior. Cabang medial kemudian mengikuti jalur medial dan kaudal menuju lamina vertebra, kemudian menunjukkan jalur yang dalam ke jaringan adiposa musculus multifidus.

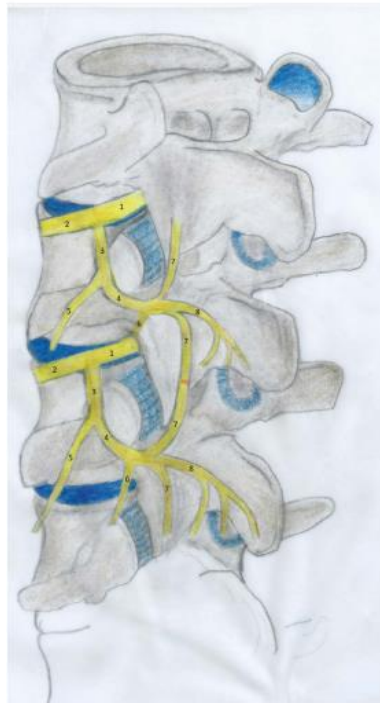
Cabang medial di sana bercabang menjadi tiga cabang berbeda; cabang musculus, artikular, dan kulit, yang mempersarafi sendi facet lumbal, musculus multifidus, dan ligamen supra dan interspinous.

Jalur anatomi dan distribusi cabang medial mungkin memiliki variabilitas yang cukup besar, sehingga menyulitkan deskripsi tepat waktu dari persarafan sendi facet lumbal. Bogduk dkk. dinyatakan dalam makalah mereka bahwa cabang medial memberikan persarafan ke sendi facet lumbal pada tingkat masing-masing dan satu tingkat secara kaudal dengan cabang menurun. Pernyataan ini secara umum divalidasi dari sebagian besar makalah yang diterbitkan kemudian. Namun, ada data literatur yang mendukung bahwa persarafan sendi facet lumbal mungkin lebih kompleks, dengan munculnya cabang-cabang batang simpatis dan ganglion tulang belakang yang berdekatan juga ikut berpartisipasi.

Shuang et al, dalam studi kadaver mereka, menyimpulkan bahwa persarafan sendi facet lumbal tertentu disediakan oleh cabang medial dari dua ramus dorsalis yang berdekatan. Cabang medial ramus dorsalis lumbal menunjukkan bagian terminal yang menurun, yang dapat mencapai 1-3 level intervertebralis. Cabang medial ramus dorsalis kranial cenderung menunjukkan jalur menurun yang lebih pendek dibandingkan dengan cabang kaudal. Lebih jauh lagi, telah dijelaskan bahwa cabang artikular dari cabang medial juga diturunkan sebelum masuk ke kanal fibro-osseous. Cabang-cabang ini memberikan persarafan regional ke bagian lateral dan inferior sendi

facet lumbal, sedangkan cabang artikular yang terpisah secara terminal menyuplai aspek superior dan medial facet joint lumbal.

Segmen tulang belakang L5 memiliki karakteristik anatomi khusus dalam hal distribusi saraf. Pertama, ramus dorsalis menghadirkan jalur yang lebih panjang dibandingkan ramus ventral, naik pada penggalan antara permukaan superior sakral ala dan dasar S1 processus articularis superior. Perolat dkk. meninjau literatur yang ada tentang sindrom sendi facet, mengutip data tentang anatomi sendi facet lumbal. Dinyatakan bahwa L5 ramus dorsalis bercabang dua menjadi cabang medial dan *communicating*, tanpa adanya cabang lateral. Namun, tesis ini tidak diterima secara universal. Cabang medial L5 ramus dorsalis kemudian berjalan ke arah kaudal, sehingga menimbulkan cabang *communicating* ke S1 ramus dorsalis.(Kapetanakis & Gkantsinikoudis, 2021)

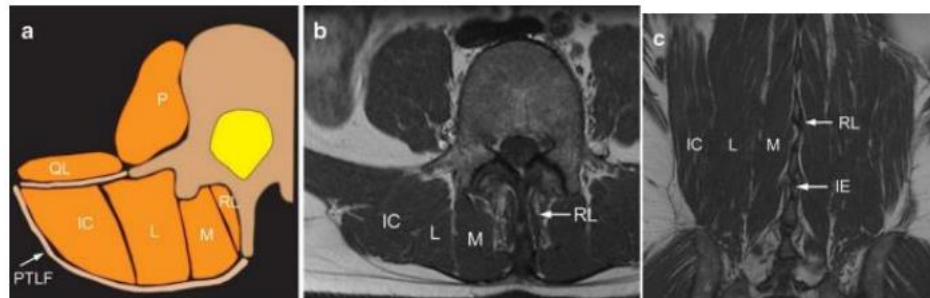


Gambar 2.3. Representasi skematis dari ramus dorsalis lumbalis dan cabang-cabangnya; 1. saraf tulang belakang lumbalis; 2. ramus ventral, 3. ramus dorsalis; 4. cabang medial ramus dorsalis; 5. cabang lateral ramus dorsalis; 6. cabang muskularis dari cabang medial ramus dorsalis; 7. cabang artikularis dari cabang medial ramus dorsalis; 8. cabang kulit dari cabang medial ramus dorsalis.(Kapetanakis & Gkantsinikoudis, 2021)

2.1.2. Anatomi dan Fungsi Musculus Multifidus

Multifidus adalah otot punggung internal bagian dalam. Terdiri dari multiple bundle otot dan mengisi lekukan pada kedua sisi prosesus spinosus. Otot ini paling dekat dengan tulang belakang dan memiliki area perlekatan terbesar dari otot-otot paraspinal lainnya. Multifidus lumbal dilapisi oleh pembungkus otot yang dibentuk oleh lapisan superfisial dan media dari fascia torakolumbal. Otot longissimus, prosesus spinosus dan lamina berada di sisi luar, sisi medial dan ventral dari multifidus.(X. Wang et al., 2021)

Otot multifidus berasal dari sacrum posterior superior spina iliaca, prosesus mastoid dari lumbal spinal, prosesus transversus dari vertebra torakal, dan prosesus artikularis dari C4-C7. Otot ini melekat ke semua prosesus spinosus dari upper vertebra.(X. Wang et al., 2021)



Gambar 2.4. Anatomi dari otot-otot instrinsik punggung. (a) Ilustrasi gambar potongan axial pada level L3, (b,c) potongan axial dan coronal MRI T1WI. Lapisan superfisial adalah otot erector spinae yang dibentuk oleh longissimus (L) dan iliocostal (IC). Lapisan dalam terdiri atas otot multifidus (M), otot interpalialis (IE) dan rotator lumborum (RL).(X. Wang et al., 2021)

Multifidus lumbal dipersarafi oleh dorsal root dari nervus lumbalis, yang merupakan cabang dari nervus spinalis dan melewati tulang menuju sisi medial otot intertransversarii, dan dibagi menjadi cabang medial dan lateral. Cabang medial berjalan ke bawah dan belakang pada sisi lateral dari vertebra, melewati bone fiber tube, mencapai sisi dorsal lamina dan kemudian memasuki otot multifidus.(X. Wang et al., 2021)

Pada otot-otot paravertebral, multifidus adalah sumber primer yang mempertahankan stabilisasi lumbal. Otot multifidus superfisial mencegah dislokasi rotasi korpus vertebra, dan mempertahankan

posisi lordotik lumbal. Otot multifidus dalam menurunkan pergerakan antara segmen lumbal.(Bierry et al., 2008)

2.2. Degenerative Spondylolisthesis

2.2.1. Definisi

Spondylolisthesis berasal dari kata Yunani *spondylos* yang berarti tulang belakang dan *olisthesis* yang berarti bergeser ke depan. Ada banyak mekanisme yang dapat menyebabkan spondylolisthesis, dan Marchetti dan Bar tlozzi telah menjelaskan sistem klasifikasinya. Tujuan dari tinjauan naratif ini adalah untuk fokus pada *degeneratif spondylolisthesis* (DS). DS adalah suatu kondisi yang menyebabkan tergelincirnya salah satu badan vertebra ke atas yang di bawahnya karena perubahan degeneratif, dengan lengkungan saraf yang utuh, mengakibatkan stenosis tulang belakang dan manifestasi khas dari klaudikasio neurogenik, dengan atau tanpa nyeri punggung bawah. Prevalensi DS telah ditunjukkan dalam analisis sistematis sebagai sangat spesifik berdasarkan usia dan gender. Rasio antara perempuan dan laki-laki adalah 6:1, yang tampaknya umum terjadi pada orang yang berusia di atas 50 tahun. Kobayashi dkk. melaporkan prevalensi DS sebesar 2,1% pada pria dan 8,1% pada wanita dan Wang et al. menunjukkan prevalensi 19,1% pada laki-laki dan 25,0% pada wanita.(Akkawi & Zmerly, 2021)

Kebanyakan kasus DS adalah L4-L5 atau kurang biasanya L5-S1 atau L3-L4. DS jarang melebihi Grade II. Penyebab lokal utama yang mungkin berkontribusi terhadap pembentukan DS adalah: degenerasi diskus yang menyebabkan ketidakstabilan segmental; radang sendi pada sendi facet; kegagalan komponen penstabil ligamen, dan stabilisasi otot yang tidak memadai.(Akkawi & Zmerly, 2021)

Banyak penelitian dalam literatur menunjukkan bahwa manajemen bedah meningkatkan rasa sakit dan kualitas hidup pada pasien yang terkena DS dengan nyeri persisten, gejala radikuler,

sindrom cauda equina dan tuntutan fungsional tinggi yang sulit disembuhkan dengan manajemen konservatif. Baru-baru ini, terdapat peningkatan minat terhadap *minimal invasive surgery* (MIS), karena banyak manfaatnya dibandingkan pendekatan terbuka tradisional seperti memperpendek durasi operasi dan mengurangi komplikasi perioperatif, sehingga memfasilitasi pemulihan dini, kembali bekerja lebih cepat, dan meningkatkan kualitas hidup. Berbeda dengan pendekatan garis tengah posterior tradisional, teknik ini menghindari kerusakan struktur ligamen otot garis tengah posterior, yang berperan dalam stabilitas tulang belakang, sehingga menghasilkan hasil klinis yang lebih baik.(Akkawi & Zmerly, 2021)

2.2.2. Patogenesis

Telah dihipotesiskan bahwa peristiwa awal dalam kaskade perkembangan spondylolisthesis degeneratif adalah degenerasi diskus, yang menyebabkan hilangnya tinggi diskus dan pengendapan segmen gerak dengan tekukan ligamentum flavum yang terjadi secara bersamaan. Hipotesisnya adalah bahwa timbulnya ketidakstabilan mikroskopik menghasilkan peningkatan gerakan translasi dan rotasi unit tulang belakang fungsional pada tahap awal degenerasi diskus dan sendi facet yang tergantung pada faktor predisposisi anatomis, dapat menyebabkan slip vertebra, baik anterolistesis maupun retrolistesis. Meskipun patogenesis spondylolisthesis degeneratif kemungkinan besar merupakan hasil dari beberapa faktor, namun tidak dapat disimpulkan dengan pasti apakah beberapa faktor tersebut merupakan penyebab atau efek dari proses degeneratif dan slip atau perubahan yang mendasarinya. Tropisme facet dengan orientasi sagital facet, misalnya, telah lama dianggap sebagai faktor penyebab perkembangan spondylolisthesis degeneratif.(Sengupta & Herkowitz, 2005)(Kong et al., 2009)

Segmen yang paling sering terkena spondilolistesis degeneratif adalah L4-L5,7,8 dan pada 66% pasien hanya terdapat keterlibatan satu level. Level L4-5 terkena 6-9 kali lebih sering dibandingkan level

lumbal lainnya, yang diduga disebabkan oleh ligamen ilio-lumbal yang kuat yang bertujuan untuk mempertahankan L5 pada posisi anatomisnya. Sudut pedicle-facet yang tinggi yang terlihat pada tingkat L4-L5 juga dapat berkontribusi, menyebabkan vertebra L4 lebih mungkin tergelincir ke depan daripada vertebra lumbal lainnya. Spondilolistesis degeneratif pada tingkat L4-L5 juga telah terbukti lebih sering terjadi pada individu dengan orientasi koronal yang lebih banyak pada facet L5-S1 dan selanjutnya terjadi lebih sering pada individu dengan sakralisasi pada segmen ini. Apa yang biasanya didefinisikan sebagai spondilolistesis degeneratif – pergeseran ke anterior (anterolistesis) - lebih sering terjadi dibandingkan pergeseran ke posterior (retrolistesis). Slip posterior dapat terlihat pada sebanyak 30% pasien dengan segala bentuk slip vertebra yang disebabkan oleh perubahan degeneratif. Seperti yang telah disebutkan, subluksasi ke anterior paling sering terjadi pada L4-L5, namun retrolistesis lebih sering terjadi pada L3-L4. (*Section 15 Chapter 1: Degenerative Spondylolisthesis – Pathogenesis, Natural History and Classifications : Wheelless' Textbook of Orthopaedics, n.d.*)

Individu dengan insiden panggul yang lebih tinggi dan lordosis lumbal yang lebih besar telah dilaporkan memiliki tekanan yang lebih besar pada tulang belakang lumbal bagian bawah, yang dapat menjelaskan insiden spondilolistesis degeneratif yang lebih tinggi yang dicatat pada subset pasien ini. Sebagai konsekuensi dari listesis dengan translasi paralel diskus dan juga sering dengan penyempitan ruang diskus, perubahan sekunder seperti pembentukan osteofit, sklerosis subkondral, artrosis sendi facet, dan hipertrofi ligamen terlihat dalam berbagai derajat pada pasien ini. Perubahan-perubahan ini, khususnya formasi tulang di berbagai lokasi, merupakan upaya alami untuk menstabilkan kembali segmen gerak. Dengan demikian, pada tahap lanjut degenerasi, segmen tulang belakang yang terkena dampak menunjukkan mobilitas yang jauh lebih sedikit daripada segmen yang berdekatan. (*Section 15 Chapter 1: Degenerative*

Spondylolisthesis – Pathogenesis, Natural History and Classifications : Wheeless' Textbook of Orthopaedics, n.d.)

Degenerasi diskus juga menghasilkan ketidakstabilan segmen pada bidang koronal. Hal ini dapat menyebabkan listesis lateral dengan lateral wedging dan angulasi pada badan vertebra, sekunder akibat degenerasi asimetris sendi facet. Ini adalah penyebab skoliosis degeneratif yang relatif sering dijumpai pada pasien dengan spondilolistesis degeneratif. (*Section 15 Chapter 1: Degenerative Spondylolisthesis – Pathogenesis, Natural History and Classifications : Wheeless' Textbook of Orthopaedics, n.d.)*

Sementara satu studi MRI hanya menemukan kecenderungan ke arah hubungan yang signifikan antara infiltrasi lemak multifidus dan kompresi akar saraf, nukleus pulposus hernia, dan jumlah diskus yang mengalami degenerasi, studi tomografi terkomputerisasi (CT) menemukan bahwa perubahan densitas pada otot paraspinal berhubungan dengan osteoarthritis sendi facet tulang belakang lumbal, spondilolistesis, dan penyempitan diskus. (Teichtahl et al., 2015)

2.2.3. Natural History

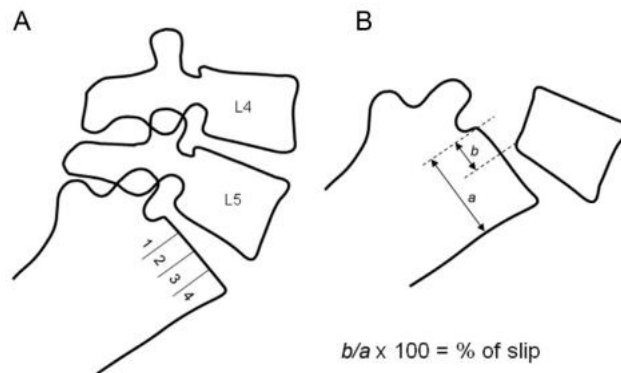
Natural history *degenerative spondylolisthesis* (DS) umumnya baik. Dalam sebuah penelitian terhadap 145 pasien dengan spondylolisthesis degeneratif yang ditangani secara non-bedah, diikuti setiap tahun selama minimal 10 tahun, progresifitas pergeseran tulang belakang diamati pada 34% pasien. (Matsunaga et al., 2000) Namun, tidak ada korelasi antara perubahan gejala klinis dan perkembangan penyakit. spondylolisthesis diamati dan nyeri punggung bawah membaik setelah penurunan total ukuran ruang intervertebralis. Dalam studi tersebut, perkembangan spur osteoarthritis, hipertrofi dan osifikasi ligamen intervertebralis, dan arthrosis facet seiring dengan hilangnya tinggi discus dianggap menyebabkan instabilitas sekunder, sehingga menyebabkan pergeseran corpus vertebra. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa 84 dari 110 pasien tanpa defisit neurologis pada pemeriksaan awal tetap tanpa defisit neurologis pada 10 tahun masa

tindak lanjut. Di sisi lain, 29 dari 35 pasien dengan gejala neurologis, seperti klaudikasio intermiten atau gejala vesikorektal, yang menolak operasi pada awal digambarkan mengalami kemunduran neurologis pada masa tindak lanjut. (*Section 15 Chapter 1: Degenerative Spondylolisthesis – Pathogenesis, Natural History and Classifications : Wheelless' Textbook of Orthopaedics, n.d.*)

Penelitian ini sesuai dengan pernyataan konsensus NASS1 yang disajikan pada tahun 2014 mengenai riwayat alami DS, yang menyimpulkan bahwa sebagian besar pasien dengan gejala spondilolistesis lumbal degeneratif dan tidak adanya defisit neurologis akan dapat menjalani perawatan konservatif dengan baik. Pasien yang mengalami perubahan sensorik, kelemahan otot, atau sindrom cauda equina lebih mungkin mengalami penurunan fungsi progresif tanpa perawatan bedah. Perkembangan slip juga kecil kemungkinannya terjadi ketika diskus telah kehilangan lebih dari 80% tinggi aslinya dan osteofit intervertebralis telah terbentuk. (*Section 15 Chapter 1: Degenerative Spondylolisthesis – Pathogenesis, Natural History and Classifications : Wheelless' Textbook of Orthopaedics, n.d.*)

2.2.4. Klasifikasi

Klasifikasi radiografi yang paling banyak digunakan untuk DS diusulkan oleh Meyerding. Dalam klasifikasi ini: Tingkat I mendefinisikan selip antara 0-25% dari badan vertebra, tingkat II mendefinisikan selip antara 25% dan 50%, tingkat III mendefinisikan selip antara 50% dan 75%, tingkat IV mendefinisikan selip antara 75% dan 100% dan tingkat V menentukan selip keseluruhan tulang belakang atau spondyloptosis. Mayoritas kasus *Degenerative Spondylolisthesis* akan mewakili kelas I atau II. (Akkawi & Zmerly, 2021)



Gambar 2.5. Skema metode penilaian spondylolisthesis: (A) Meyerding, dan (B) Taillard.(Akkawi & Zmerly, 2021)

Klasifikasi Wiltse-Newman adalah klasifikasi spondilolistesis yang paling banyak digunakan.(Y. X. J. Wang et al., 2017)(Leon, L. Wiltse, P.H., n.d.) Dari kelima tipe tersebut, Tipe I dan II umumnya berlaku untuk anak dan remaja. Tipe I, tipe displastik, mendefinisikan spondylolisthesis sekunder akibat kelainan kongenital artikulasi lumbosakral, termasuk aspek malorientasi atau hipoplastik dan defisiensi sakral. Pars tidak berkembang dengan baik, yang memungkinkan terjadinya pemanjangan atau akhirnya pemisahan dan selip ke depan L5 pada sakrum dengan pembebanan berulang dari waktu ke waktu. Tipe I lebih jarang terjadi, terdiri dari 14% hingga 21% kasus bawaan.(Y. X. J. Wang et al., 2017)(Boxal.D, Bradford, D.S, Winter, 1979) Tipe II, tipe isthmic, mendefinisikan spondylolisthesis yang diakibatkan oleh cacat pada pars interarticularis. Kelompok ini dibagi lagi menjadi tiga sub tipe. Tipe IIA, sub tipe yang paling umum, disebabkan oleh kegagalan kelelahan pars akibat pembebanan berulang, yang mengakibatkan cacat radiolusen yang lengkap. Tipe IIB disebabkan oleh pars yang memanjang akibat mikrofraktur berulang yang sembuh. Tipe ini sulit dibedakan secara radiografi dari tipe displastik. Tipe IIC mengacu pada fraktur pars yang diakibatkan oleh cedera akut. Wiltse berhipotesis bahwa cacat isthmic adalah hasil dari pembebanan kronis pada pars interarticularis yang secara genetik cenderung mengalami kegagalan fatik. Marchetti dan Bartolozzi

mengusulkan sistem klasifikasi alternatif dengan dua kategori besar, yaitu perkembangan dan didapat. Kategori perkembangan mendefinisikan spondylolisthesis yang dihasilkan dari displasia yang diturunkan dari pars, facet lumbal, diskus, dan endplates vertebra, menggabungkan kategori displastik dan isthmic dari Wiltse-Newman.(Y. X. J. Wang et al., 2017)

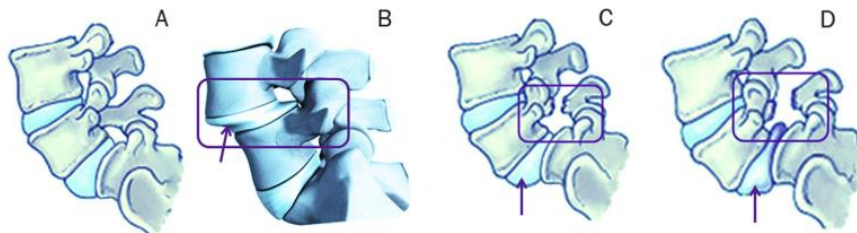
Tabel 2.1. Sistem klasifikasi untuk spondilolistesis.(Y. X. J. Wang et al., 2017)

Wiltse-Newman	Marchetti-Bartolozzi
I. Dysplastic	Developmental
II. Isthmic	High dysplastic
IIA. Disruption of pars as a result of stress fracture	With lysis
IIB. Elongation of pars without disruption related to repeated, healed microfractures	With elongation
IIC. Acute fracture through pars	Low dysplastic
III. Degenerative	With lysis
IV. Traumatic	With elongation
V. Pathologic	Acquired
	Traumatic
	Acute fracture
	Stress fracture
	Postsurgery
	Direct surgery
	Indirect surgery
	Pathologic
	Local pathology
	Systemic pathology
	Degenerative
	Primary
	Secondary

Spondilolisis dan spondilolistesis yang didapat mendefinisikan kegagalan pars sekunder akibat pembebanan tulang belakang yang berulang-ulang yang terkait dengan aktivitas tertentu.(Y. X. J. Wang et al., 2017)

Pada spondilolistesis displastik (Wiltse-Newman Tipe I), vertebra L5 dengan elemen posterior yang utuh bergeser ke depan pada sakrum. Stenosis lumbal yang terjadi dapat menyebabkan radikulopati saraf L5 serta disfungsi usus dan kandung kemih akibat kompresi akar saraf sakral. Anak-anak dan remaja dengan spondilolistesis displastik lebih mungkin mengalami cedera neurologis dan memiliki risiko lebih besar untuk mengalami deformitas progresif dibandingkan pasien dengan spondilolistesis isthmik (Wiltse-Newman tipe II). McPhee et al melaporkan frekuensi perkembangan yang lebih tinggi pada tipe displastik (32%) dibandingkan dengan tipe isthmik (4%).(Y. X. J. Wang et al., 2017)

Selain itu, pasien dengan spondylolisthesis displastik lebih cenderung memerlukan perawatan bedah. Anak-anak yang didiagnosis sebelum masa pertumbuhan remaja, anak perempuan, dan mereka yang mengalami > 50% slip kemungkinan besar akan mengalami perkembangan. Spondylolisthesis yang terkait dengan displasia kongenital pada facet lumbosakral dan sakrum memungkinkan translasi anterior tubuh vertebral L5 dengan elemen posterior utuh yang dapat menekan L5 dan sakral akar saraf.(Y. X. J. Wang et al., 2017)



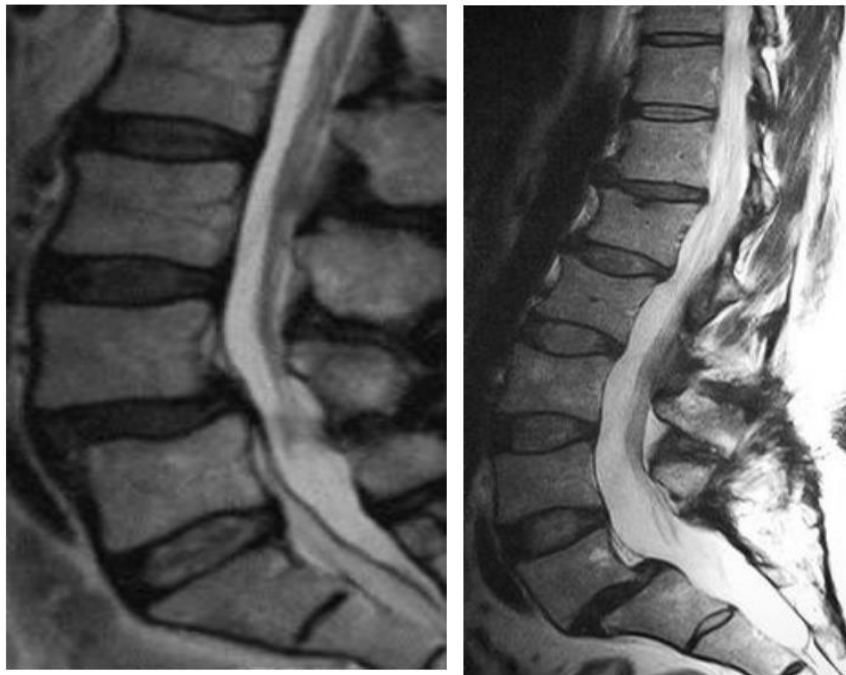
Gambar 2.6. Skema spondylolisthesis degenerative (A) Anatomi normal L5/S1; (B) spondylolisthesis degeneratif L4/L5; dan (C,D) berbagai tingkat spondylolytic spondylolisthesis L5/S1.(Y. X. J. Wang et al., 2017)

Spondilolistesis mengacu pada pergeseran anterior dari satu badan vertebra ke badan vertebra yang lain (Segmen di bawahnya). Tidak termasuk displasia kongenital, lesi yang merusak, dan kondisi pasca operasi, hampir semua kasus spondylolisthesis lumbal diakibatkan oleh patah tulang atau cacat pada pars interartikularis (tipe

isthmic) atau akibat perubahan degeneratif pada diskus, sendi facet, dan ligamen yang terkait (tipe degeneratif).(Studies, 2020)

Spondylolistesis isthmic, yang disebabkan oleh defek pada pars interarticularis, menyebabkan terputusnya badan vertebra dari elemen posteriornya, sehingga memungkinkan vertebra tergelincir ke arah anterior. Namun, elemen-elemen posterior tetap sejajar secara normal atau subluks ke arah belakang. Proses ini meningkatkan diameter sagital kanal tulang belakang.(Studies, 2020)

Nyeri punggung yang parah atau radikulopati yang menyertai spondylolistesis isthmic dapat disebabkan oleh diskus hernia yang terkait, stenosis foraminalis, hipertrofi facet, atau perambanan akar saraf oleh penumpukan fibrokartilago pada pseudarthrosis pars. Lisis atau fraktur pars interarticularis biasanya terjadi antara usia 5 dan 18 tahun. Meskipun beberapa cacat tersebut dapat sembuh, sebagian besar tetap terfragmentasi atau terpisah dan bertahan hingga usia lanjut.(Studies, 2020)



Gambar 2.7. MRI sekuens T2WI potongan sagittal (A) menunjukkan gambaran spondylolisthesis degenerative tanpa spondylosis. (B) Isthmic Spondylolisthesis dengan wide spinal canal.(Studies, 2020)

Dalam deskripsi temuan MR pada spondilolistesis, Jinkins dkk. dan John L Umer dkk. mencatat bahwa diameter sagital kanal tulang belakang meningkat pada pasien dengan spondilolisis. Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa tanda kanal yang lebar sangat dapat diandalkan dan efektif dalam membedakan spondilolistesis iskemik dan degeneratif pada gambar MR sagital garis tengah pasien yang dirujuk dengan nyeri punggung bawah atau gejala radikuler. (Studies, 2020)

Tanda kanal lebar relatif sederhana karena tidak memerlukan pengukuran kanal absolut untuk mendapatkannya, tetapi hanya perkiraan visual dari rasionya terhadap L1 (yaitu SCR). Ketika diameter kanal tulang belakang pada tingkat L4 atau L5 melebihi diameter L1 sebesar 25% atau lebih (SCR 1,25), spondilolistesis isthmic hampir pasti terjadi. Sebaliknya, SCR kurang dari 1,25 sangat mendukung diagnosis spondilolistesis degenerative. Tanda ini dapat sangat berguna ketika sklerosis degeneratif pada pars interarticularis menurut spondilolisis, ketika pencitraan langsung pars interarticularis belum dilakukan, atau ketika pencitraan secara teknis tidak memadai. (Studies, 2020)

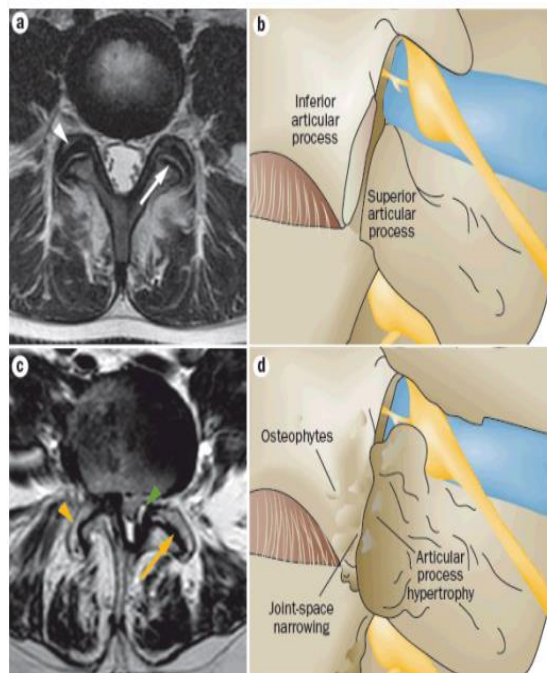
2.3. Facet Joint Arthropathy

2.3.1. Definisi

Osteoarthritis tulang belakang melibatkan facet joint, atau dikenal sebagai sendi zygapophyseal. Sendi diarthrodial berpasangan ini berada aspek posterior kolom vertebral merupakan satu-satunya sendi sinovial sejati pada tulang belakang yang berdekatan pada manusia. Facet joint arthropathy terkait erat dengan kondisi penyakit degeneratif diskus yang berbeda namun terkait secara fungsional, yang mempengaruhi struktur di aspek anterior kolumna vertebralis. Facet joint arthropathy dan penyakit diskus degeneratif keduanya dianggap sebagai penyebab umum nyeri punggung dan leher, yang

pada gilirannya memiliki dampak besar pada sistem perawatan kesehatan dan 8 ekonomi negara maju.(Evans, 1982)

Facet joint arthropathy adalah konstruksi klinis dan patologis yang melibatkan kegagalan fungsional sendi facet sinovial. Meskipun sering dipandang sebagai penyakit hilangnya kartilago artikular dan hipertrofi tulang, proses kegagalan sebenarnya melibatkan seluruh sendi, termasuk tulang subkondral, tulang rawan, ligamen, kapsul, sinovium, dan otot paraspinal periartikular dan jaringan lunak. Sendi facet itu sendiri adalah komponen dari 'segmen gerak' tulang belakang yang juga mencakup diskus intervertebralis, yang cenderung degeneratif bersamaan dengan sendi facet. Dengan demikian facet joint osteoarthritis sering dikaitkan dengan penyakit diskus degeneratif.(Evans, 1982)



Gambar 2.8. Facet joint normal dan facet joint osteoarthritis lanjut. Diskus intervertebralis ditampilkan dengan warna biru dan saraf berwarna kuning. Sebuah. A. Gambar MRI aksial T2 dari sendi facet normal tanpa penyempitan ruang sendi (panah putih), dan tidak ada osteofit atau hipertrofi proses artikular (panah putih). B. sendi facet normal. C. Gambar MRI aksial T2 dari facet joint osteoarthritis dengan penyempitan ruang sendi (panah kuning), osteofit, dan hipertrofi proses artikular (panah kuning). facet joint osteoarthritis, disc-bulging, dan kista sinovial sendi facet (panah hijau) dalam kombinasi menyebabkan stenosis kanal sentral dan bagian lateral. D. Facet joint osteoarthritis.(Evans, 1982)

2.3.2. Insidens dan Epidemiologi

Prevalensi nyeri sendi facet pada tulang belakang lumbal berdasarkan telah dilaporkan berkisar antara 7,7% hingga 75% di antara pasien yang melaporkan nyeri punggung. Di Amerika Serikat, prevalensi nyeri sendi facet pada tulang belakang lumbal adalah 15% berdasarkan pada populasi pekerja. Studi serupa melaporkan prevalensi 40% hingga 45% dalam praktik manajemen nyeri dan 40% dalam praktik reumatologi Australia. Prevalensi facet joint osteoarthritis berdasarkan pencitraan computed tomography adalah 17,58% pada komunitas dewasa di populasi Korea. Prevalensi facet joint osteoarthritis meningkat dengan bertambahnya usia, dan prevalensi tertinggi tercatat pada segmen L5- S1. Facet joint osteoarthritis tidak terkait dengan nyeri punggung bawah pada semua tingkat tulang belakang dan usia kecuali pada segemen L3-4 dan L5-S1 pada wanita. Berdasarkan tingkat tulang belakang, prevalensi facet joint osteoarthritis adalah 15,1% pada tingkat L2-L3, 30,6% pada tingkat L3-L4, 45,1% pada tingkat L4-L5, dan 38,2% pada tingkat L5-S1.(Ko et al., 2014)

Pada sebuah tinjauan anatomi komprehensif sendi sinovial lumbar, yang menyatakan bahwa sendi facet hanya menunjukkan sedikit perubahan tulang rawan sebelum usia 45. Setelah usia 45, perubahan tulang rawan lanjut, sklerosis subkondral dan osteofit menjadi fenomena umum. Dalam sebuah penelitian baru-baru ini di mana facet joint osteoarthritis terjadi pada 57% pada usia 20 hingga 29 tahun, 82% pada usia 30 hingga 39 tahun, 93% pada usia 40 hingga 49 tahun, 97% pada usia 50 hingga 59 tahun, dan 100% pada usia >60 tahun.(Lefebvre et al., 2012)

2.3.3. Patofisiologi

Secara fungsional, ketiga sendi pada tulang belakang di setiap segmen gerak sangat bergantung satu sama lain, sehingga perubahan pada satu sendi mempengaruhi dua sendi lainnya dan sebaliknya.

Jadi, lesi yang mengenai diskus vertebra cenderung pada akhirnya berdampak pada sendi facet, dan trauma atau ketidakstabilan struktur posterior pada akhirnya dapat mempengaruhi diskus vertebra. Segmen gerak paling baik dipelajari di tulang belakang lumbar. Pada sebagian besar individu, patologi dimulai pada diskus vertebra dan diikuti oleh perubahan pada sendi facet. Dalam pengaturan segmen yang disfungsi atau tidak stabil, interaksi antara ketiga sendi ini pada akhirnya mengakibatkan kegagalan ketiga sendi gabungan tersebut. Kemudian, sebagai akibat dari perubahan biomekanik pada satu tingkat ini, perubahan patologis dapat terjadi pada 10 segmen gerak pada tingkat tulang belakang di atas atau di bawah. Untuk mendukung konsep interdependensi diskus vertebra dan sendi facet ini, facet joint osteoarthritis di tulang belakang lumbar terjadi pada tingkat yang paling sering dipengaruhi oleh degenerasi diskus vertebra (L4-S1). Baik facet joint osteoarthritis dan degenerasi diskus vertebra prevalensi menurun di daerah lumbar atas.(Evans, 1982)

Perubahan paling awal dari facet joint osteoarthritis melibatkan tulang rawan artikular, sinovium, dan kapsul. Pada tahap selanjutnya, tulang subkondral dan tepi sendi tulang terpengaruh. Perubahan pada tulang rawan dimulai dengan fibrilasi dan kehilangan yang dangkal yang mempengaruhi permukaan tulang rawan secara fokal, diikuti oleh fibrilasi dan fissuring yang lebih dalam, pengelupasan dan hilangnya lapisan, kemudian erosi ke bawah tulang subkondral. Terjadi penyempitan celah sendi akibat penipisan kartilago yang progresif. Kluster kondrosit dapat dilihat pada lesi kartilago awal, dengan adanya fokus fibrokartilago yang menunjukkan upaya perbaikan. Sejak awal, kapsul sendi mungkin menunjukkan fibrosis dan peningkatan vaskularisasi dengan adanya sel inflamasi. Kemudian, progresi ke proliferasi fibrokartilago yang luas terjadi di seluruh kapsul posterior yang mengalami hipertrofi, dan terutama terlihat pada perlekatan kapsul.(Evans, 1982)

Pembentukan osteofit dan remodeling tulang subkondral adalah fenomena remodeling yang paling mencolok pada facet joint

osteoarthritis, tetapi ini terjadi pada tahap akhir patologi, dan mungkin tidak ada bahkan pada kasus kerusakan kartilago yang parah. Osteofit sebagian besar terletak di tepi lateral sendi di tempat insersi kapsular. Selain penebalan subkondral dan sklerosis, kista subkondral dapat terlihat, mirip dengan kista pada tulang subkondral sendi apendikular yang terkena osteoarthritis. Selama kehidupan dewasa, aspek superior dan inferior dari vertebra lumbalis yang khas menunjukkan pola perubahan yang berbeda, yang mencerminkan berbagai tekanan yang ditempatkan pada bagian-bagian sendi ini. Pada model hewan dari facet joint osteoarthritis dan dalam studi histologis pada manusia, area perubahan degeneratif awal terjadi di lokasi fokus sendi, menunjukkan bahwa kerusakan terjadi di daerah yang mengalami kekuatan mekanik terbesar. Tulang rawan di daerah tengah sendi facet relatif terhindar, dengan sebagian besar perubahan terjadi pada kutub superior dan inferior di mana proses artikular berkontak satu sama lain selama fleksi dan ekstensi.(Evans, 1982)

Perubahan degeneratif pada kartilago sendi facet dapat dimulai pada usia dini, dengan laporan histologis baru-baru ini pada populasi donor organ yang menemukan fibrilasi dan pengelupasan kartilago artikular sejak usia 15 tahun. Pada orang dewasa lanjut usia, lesi kartilago sendi facet degeneratif ditemukan pada pemeriksaan histologis pada 80% individu, dengan sebagian besar ditemukan pada tingkat L4-L5; pada populasi yang sama ini, gambaran proliferasi osteoarthritis termasuk osteofitosis kurang umum dan ditemukan hanya pada 33% individu. Sendi yang menunjukkan pembentukan osteofit mengalami degenerasi lebih lanjut dibandingkan yang tidak memiliki osteofit.(Evans, 1982)

2.3.4. Klasifikasi

Klasifikasi patologi degenerasi facet joint yang dijelaskan oleh Gries telah diterima secara luas. Klasifikasi radiologi dievaluasi dengan metode yang dilaporkan oleh Pathria, Grogan, dan Weishaupt.

Penentuan korelasi antara patologi sendi facet dan gambaran radiografi untuk memfasilitasi pilihan pemeriksaan radiologi yang tepat untuk evaluasi degenerasi facet joint diperlukan.(Zhou et al., 2016)

Berdasarkan kriteria yang diusulkan oleh Pathria untuk memperkirakan facet joint osteoarthritis terbagi dalam 4 derajat. Pada derajat 1 ditemukan gambaran normal pada facet joint, pada derajat 2 ditemukan penyempitan facet joint, pada derajat 3 ditemukan penyempitan facet joint dan ditambah sklerosis atau hipertrofi dan pada derajat 4 ditemukan osteoarthritis berat dengan penyempitan facet joint, sklerosis, dan osteofit.(Zhou et al., 2016)

Degenerasi facet joint pada MRI dievaluasi sesuai dengan kriteria yang digunakan oleh Grogan. Pada derajat 1, kartilago tebal seragam menutupi kedua permukaan artikular sepenuhnya dan pita tipis seragam pada tulang kortikal. Pada derajat 2, tulang rawan menutupi seluruh permukaan dengan daerah yang terkikis atau tidak teratur; pita tipis pada tulang kortikal memanjang ke dalam ruang dari permukaan artikular. Pada derajat 3, tulang rawan yang menutupi permukaan artikular tidak lengkap, dengan tulang di bawahnya terbuka ke ruang sendi; tulang padat meluas ke dalam ruang sendi tetapi menutupi kurang dari setengah facet joint. Pada derajat 4, tidak adanya tulang rawan sama sekali kecuali jejak yang terlihat pada permukaan artikular; adanya osteofit atau tulang kortikal padat yang menutupi lebih dari setengah facet joint.(Zhou et al., 2016)

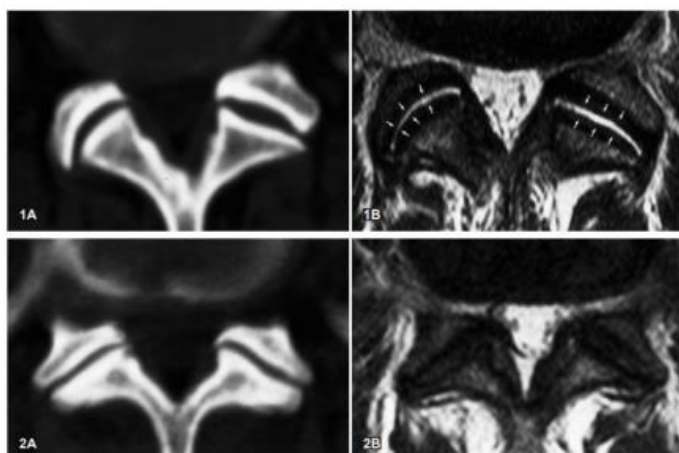
Weishaupt mengusulkan kriteria yang diadaptasi dari kriteria yang dibuat oleh Pathria untuk menentukan derajat degenerasi facet joint menggunakan CT Scan yang dikombinasikan dengan MRI. Pada derajat 0, ruang sendi facet normal (lebar 2–4 mm); Pada derajat 1, penyempitan ruang sendi facet (<2 mm) dan/atau osteofit kecil, dan/atau hipertrofi ringan dari processus artikularis; Pada derajat 2, penyempitan ruang sendi facet dan/atau osteofit sedang, dan/atau hipertrofi sedang dari processus artikularis, dan/atau erosi tulang subarticular ringan; dan Pada derajat 3, penyempitan ruang sendi facet dan/atau osteofit besar, dan/atau hipertrofi berat dari processus

artikularis, dan/atau erosi tulang subarticular yang berat, dan/atau kista subkondral.(Zhou et al., 2016)(Weishaupt et al., 1999)

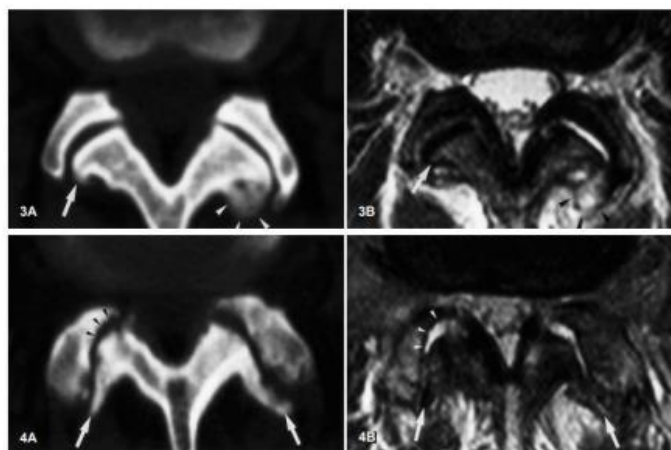
2.3.5. Pemeriksaan Radiologi

MRI merupakan modalitas non-invasif dan nonionizing yang memberikan resolusi jaringan lunak yang sangat baik. Osteoarthritis dapat terjadi pada pasien dengan gejala dan tanpa gejala (dari 8 hingga 14%). Sensitivitas superior MRI dibandingkan dengan pencitraan CT Scan masih kontroversial. CT Scan dan MRI sama-sama berguna dalam menunjukkan perubahan morfologi pada sendi facet. Salah satu dari dua pemeriksaan tersebut cukup untuk menilai perubahan degeneratif. MRI jelas menyajikan keuntungan lebih baik menilai konsekuensi langsung dari degenerasi sendi facet, seperti gambaran struktur saraf sekitarnya. Proses osteoarthritis degeneratif kronis pada struktur ini melibatkan inflamasi sinovial aktif atau edema tulang yang berdekatan, yang dapat dideteksi menggunakan MRI. Cairan berlebihan pada sendi facet dan kista sinovial sendi facet yang terlihat pada MRI aksial. Studi terbaru menggunakan sekuens MRI telah menunjukkan bahwa edema tulang subkondral hadir dalam proses articular sendi facet lumbal pada 14 hingga 41% pasien dengan nyeri punggung.(Perolat et al., 2018)

MRI cenderung menurunkan sensitivitas keparahan facet joint osteoarthritis dibandingkan dengan pemeriksaan CT Scan. Pemeriksaan MRI umumnya lebih disukai daripada CT scan untuk pencitraan efusi sendi facet dan kista juxta sendi facet; namun, MRI kurang sensitif dalam menggambarkan korteks tulang sendi dan kurang akurat dalam mengukur jumlah sklerosis yang ada. Keterbatasan tambahan dari MRI adalah bahwa tidak dapat secara akurat mengukur penipisan tulang rawan sekunder akibat efek volume parsial dan artefak pergeseran kimia yang melekat pada jenis pencitraan ini.(Perolat et al., 2018)(Weishaupt et al., 1999)



Gambar 2.9. Gambaran facet joint osteoarthritis pada lumbal. 1A, gambaran normal sendi facet pada L4/5. CT menunjukkan sendi facet normal di kedua sisi. 1B Axial T2-weighted turbo spin-echo image. Tulang rawan (panah) divisualisasikan sebagai lapisan intensitas sinyal menengah antara korteks artikular dari proses artikular superior dan inferior. 2A, gambaran osteoarthritis derajat 1 pada sendi faset L5/ S1. Kedua ruang sendi artikular menyempit pada CT Scan. 2B Gambar MRI Axial T2-weighted yang sesuai menunjukkan temuan serupa gambaran CT Scan.(Zhou et al., 2016)(Weishaupt et al., 1999)



Gambar 2.10. Gambaran facet joint osteoarthritis pada stadium lanjut. 3A, gambaran facet joint osteoarthritis derajat 1 dan derajat 2 L4/5. CT scan menunjukkan osteoarthritis derajat 1 pada sendi facet kanan dengan osteofit kecil (panah). Di sisi kiri terdapat osteoarthritis derajat 2 dengan penyempitan sendi facet dan terdapat osteofit sedang (panah). 3B, Gambar MRI Axial T2-weighted juga menunjukkan osteofit kecil di sisi kanan (panah). Osteofit sedang (panah) terlihat di sebelah kiri. Tulang rawan diganti dengan cairan. 4A, Gambaran facet joint osteoarthritis derajat 3 pada sendi faset L5/S1. Degenerasi sendi facet yang parah dengan penyempitan celah sendi, hipertrofi prosesus artikularis, osteofit besar (panah), dan erosi tulang subartikular (panah) ditunjukkan pada CT scan. 4B, Gambar MR T2-weighted aksial juga menunjukkan degenerasi parah pada kedua sendi facet dengan penyempitan celah sendi, hipertrofi prosesus artikular, osteofit besar (panah), dan erosi tulang subartikular (panah).(Zhou et al., 2016)(Weishaupt et al., 1999)

2.4. Infiltrasi Lemak Muskulus Multifidus Lumbalis

2.4.1. Pendahuluan

Infiltrasi lemak, merupakan indikator krusial dari perubahan komposisi dari degeneratif otot multifidus, dapat mengakibatkan hilangnya kekuatan dan elastisitas otot.(X. Wang et al., 2021) Gangguan otot adalah komponen penting dari gangguan tulang belakang. Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara infiltrasi lemak dan pengurangan *cross sectional area* (CSA) dari otot paraspinal dengan nyeri punggung bawah kronik. Lebih dari itu, infiltrasi lemak dapat mengakibatkan keterbatasan fungsional seperti deteriorasi dari keseimbangan dan alignment dari tulang belakang.(Woodham et al., 2014)

Degeneratif lemak muskulus paraspinal dan atrofi telah dilaporkan pada pasien dengan nyeri punggung bawah dan herniasi diskus atau degeneratif.(Teichtahl et al., 2015) Jumlah infiltrasi lemak yang besar pada multifidus berkorelasi dengan fungsi otot yang menurun pada pasien nyeri punggung bawah. Pasien dengan lumbar spinal stenosis menunjukkan peningkatan atrofi otot dan infiltrasi lemak.(Sun et al., 2017)

2.4.2. *Function Spinal Unit*

Functional Spinal Unit (FSU) atau segmen gerak tulang belakang adalah segmen terkecil yang mewakili karakteristik seluruh tulang belakang. Terdiri dari dua tulang belakang, diskus intervertebralis, sendi zygapophyseal (facet), dan ligamen pendukung (ligamentum flavum, supraspinous, interspinous, longitudinal anterior, dan longitudinal posterior). Oleh karena itu, diskus dan sendi facet yang berpasangan di setiap tingkat membentuk kompleks tiga sendi yang di antaranya beban disalurkan. Diskus intervertebralis berfungsi untuk menyalurkan beban antara vertebra yang berdekatan dan memungkinkan gerakan. Dengan demikian, diskus intervertebralis membawa dan mendistribusikan gaya yang menjadi beban batang

tubuh. Setiap segmen gerakan memiliki *instantaneous axis of rotation* (IAR), yang merupakan titik dinamis di mana FSU berputar dan bergantung pada keselarasan tulang belakang dan gaya yang bekerja pada tulang belakang. Ada 12 gerakan potensial tentang IAR karena rotasi di sekitar tiga sumbu (x, y, dan z) yang melewati pusat rotasi. IAR tidak konstan; misalnya, selama fleksi-ekstensi pada C0-C1, IAR melewati pusat proses mastoid, sedangkan selama pembengkokan lateral, IAR terletak 2 cm di atas dens. IAR pada tulang belakang lumbal juga tergantung pada posisi. IAR terletak di diskus anterior dalam fleksi, aspek lateral diskus dengan pembengkokan sisi kontralateral, dan di anulus posterior selama rotasi aksial. Intervensi bedah, trauma, dan proses degeneratif mempengaruhi posisi IAR. (Iorio et al., 2016)

2.4.3. Fungsi Musculus Multifidus

Multifidus lumbal telah diukur memiliki *physiologic cross sectional area* (PCSA) yang lebih besar secara keseluruhan, dan dengan demikian kemampuan menghasilkan gaya, dibandingkan dengan erector spinae; namun, karena fasia multifidus menjangkau lebih sedikit tingkat vertebra, model biomekanik memperkirakan bahwa PCSA yang efektif, dan dengan demikian kemampuan menghasilkan gaya dan momen, pada setiap derajat kebebasan intervertebralis lebih rendah daripada erector spinae. Multifidus (diukur dari biopsi pasien bedah dan mayat), serta erector spinae memiliki panjang sarkomer yang pendek (yaitu, secara signifikan di bawah panjang penghasil gaya yang optimal), dan dengan demikian memiliki kemampuan terbatas untuk menghasilkan gaya, saat berada dalam posisi tulang belakang yang netral. Saat tulang belakang melentur, otot-otot (dan dengan demikian sarkomer) memanjang dan mampu menghasilkan kekuatan maksimum pada posisi tulang belakang yang sedang melentur hingga yang sepenuhnya melentur. Membandingkan sifat mekanik pasif dari musculus multifidus dan erector spinae pada pasien yang menjalani operasi tulang belakang telah mengungkapkan bahwa bundel fiber

multifidus (serat otot yang diselimuti matriks jaringan ikatnya), tetapi bukan serat individu, memiliki modulus elastisitas yang jauh lebih tinggi (kekakuan yang lebih tinggi). Dengan demikian, pada pasien-pasien ini, multifidus kemungkinan besar memiliki kapasitas yang tinggi untuk menghasilkan gaya pasif, sehingga cocok untuk resistensi pasif terhadap fleksi tulang belakang lumbal. Apakah perbedaan fungsi mekanis pasif antara multifidus dan erector spinae ini ada pada orang dengan punggung yang sehat, tidak diketahui, tetapi prediksi model menunjukkan bahwa kedua otot ini memainkan peran penting dalam menopang tulang belakang lumbal secara pasif dalam fleksi dan modifikasinya dikenal sebagai fenomena fleksi-relaksasi

2.4.4. Struktur dan Fungsi *Skeletal Muscle* Musculus Paraspinal

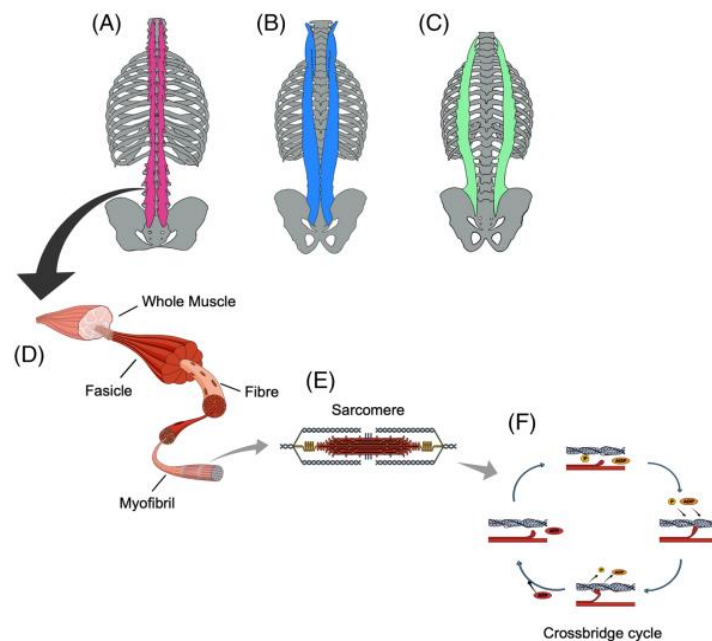
Sarkomer adalah unit dasar produksi kekuatan otot. Elemen kontraktile sarkomer terdiri dari filamen aktin (tipis) dan miosin (tebal) yang saling berikatan dan bergeser satu sama lain untuk menghasilkan kekuatan kontraktile. Kemampuan sarkomer untuk menghasilkan gaya bergantung pada kecepatan memendek atau memanjang, serta panjangnya. Sarkomer bergabung secara seri untuk membentuk miofibril. Kumpulan miofibril yang tersusun secara paralel membentuk miofibril (sel otot). Serabut otot ini kemudian disusun secara paralel (dan dalam beberapa kasus secara seri) menjadi bundel (fasikulus) yang membentuk otot secara keseluruhan. Pada manusia, serat otot rangka dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok: tipe I kedutan lambat oksidatif, tipe IIa kedutan cepat oksidatif/glikolitik, dan tipe IIx kedutan cepat glikolitik. Komposisi tipe serat otot membantu menentukan kapasitas metabolisme dan karakteristik kontraktile otot dan menunjukkan plastisitas yang cukup besar, yang secara umum bermanifestasi sebagai transformasi lambat ke cepat dengan berkurangnya penggunaan otot dan transformasi cepat ke lambat dengan meningkatnya penggunaan otot. Pada subjek pria dan wanita sehat berusia 25 hingga 60 tahun, otot paraspinal (baik multifidus maupun erector spinae) telah menunjukkan persentase jenis serat ~60,

dan 15% untuk serat tipe 1, tipe IIA, dan tipe IIX, masing-masing. Dominasi serat tipe 1 menyiratkan bahwa otot-otot ini berkontraksi relatif lambat dan tahan terhadap kelelahan dibandingkan dengan sebagian besar otot apendikular di mana serat tipe 2 yang lebih cepat lebih banyak ditemukan.

Protein miofilamen lainnya (misalnya, titin, nebulin), sitoplasma (misalnya, distrofin), dan filamen menengah (misalnya, desmin) juga berkontribusi pada fungsi otot dan terlibat dalam beberapa penyakit otot; namun, protein ini belum diselidiki dalam kaitannya dengan LBPD dan diskusi menyeluruh tentang semua protein otot yang relevan berada di luar cakupan tinjauan ini.

Tiga skala hirarkis terbesar dari otot rangka (serat, fasia, dan otot utuh) dikelilingi oleh jaringan ikat *extracellular matrix* (ECM). Secara umum, endomisium mengelilingi serat otot individu, perimysium mengelilingi fasikulus otot dan epimysium mengelilingi seluruh otot. Komposisi dan pengaturan ECM penting untuk fungsi otot, khususnya untuk perancah dan melindungi sel-sel otot, saraf dan pembuluh darah, serta untuk mentransmisikan kekuatan dari sel-sel otot secara longitudinal dan lateral melalui otot ke tendon dan aponeurosis dan pada akhirnya ke kerangka. Komposisi dan susunan ECM dapat bervariasi pada gangguan muskuloskeletal. (Noonan & Brown, 2021)

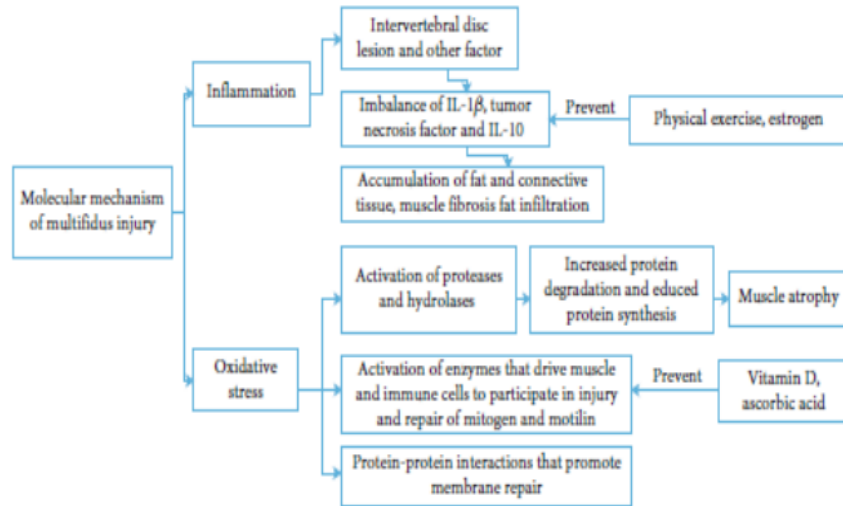
Dua jenis sel yang sangat penting untuk pertumbuhan, plastisitas, dan regenerasi otot adalah sel satelit otot dan sel *fibro adipogenic progenitor* (FAP). Sel satelit adalah sel punca spesifik otot yang jumlah dan viabilitasnya diketahui menurun seiring bertambahnya usia atau pada penyakit yang ditandai dengan regenerasi yang ekstensif; yang terakhir ini diperkirakan pada akhirnya akan menghabiskan populasi sel satelit, oleh karena itu menghalangi kemampuan otot untuk beradaptasi dengan tuntutan fungsionalnya. Sel FAP adalah bagian dari sel punca otot residen yang umumnya memberikan efek regeneratif yang positif; namun, ketika regenerasi yang efisien gagal, mereka dapat dengan cepat direkrut untuk menghasilkan lemak dan fibrosis untuk memastikan kelangsungan jaringan. (Noonan & Brown, 2021)



Gambar 2.11. Gambaran skematis anatomi otot paraspinal: (A) multifidus (merah muda) adalah otot ekstensor paraspinal yang paling medial dan dalam; (B) longissimus (biru) dan (C) iliocostalis (hijau) membentuk kelompok otot erector spinae. (D) Gambaran skematis hierarki struktural otot rangka. Otot utuh dapat dipecah menjadi fasia, serat, dan miofibril. Masing-masing otot utuh, fasikula, dan serat dikelilingi oleh jaringan ikat yang mengikat tingkat struktural ini satu sama lain dan pada akhirnya menyediakan jaringan yang saling berhubungan dengan otot lain dan kerangka. (E) Representasi skematis dari sarkomer, unit penghasil kekuatan dasar otot rangka. (F) Siklus jembatan silang aktinmyosin, yang bertanggung jawab untuk produksi kekuatan kontraktile. (Noonan & Brown, 2021)

2.4.5. Patofisiologi

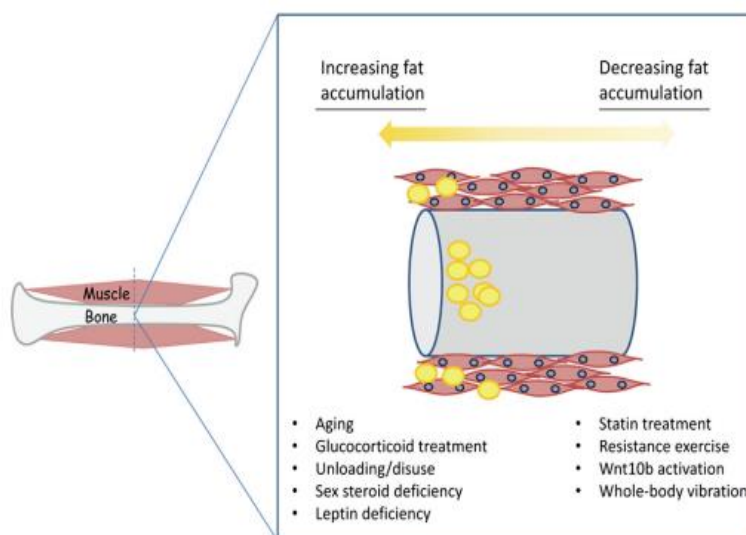
Mekanisme molekuler dari infiltrasi lemak pada musculus multifidus sangat kompleks. Sampai saat ini, mekanismenya masih belum sepenuhnya jelas. (X. Wang et al., 2021) Reaksi inflamasi dari musculus multifidus sangat berkaitan dengan IL-1 beta, tumor necrosis factor, dan IL-10. (Faur et al., 2019) Berdasarkan salah satu hipotesis, peningkatan sitokin proinflamasi dan tumor necrosis factor (TNF-alfa) berkaitan dengan atrofi otot. TNF-alfa mempengaruhi diferensiasi myoblast dan degradasi serat otot. Peningkatan TNF-alfa berkaitan dengan cedera pada diskus intervertebralis dan mempengaruhi konduksi axon. ("Indices of Paraspinal Muscles Degeneration: Reliability and Association with Facet Joint Osteoarthritis: Feasibility Study. Kalichman L, Klindukhov A, Li L, Linov L. J Spinal Disord Tech 2013 Apr 3. [Epub Ahead of Print]," 2013)



Gambar 2.12. Mekanisme molekuler pada cedera multifidus. ("Indices of Paraspinal Muscles Degeneration: Reliability and Association with Facet Joint Osteoarthritis: Feasibility Study. Kalichman L, Klindukhov A, Li L, Linov L. J Spinal Disord Tech 2013 Apr 3. [Epub Ahead of Print]," 2013)

Penuaan dan tidak digunakan dapat menyebabkan akumulasi lipid intramuscularis, tetapi cedera otot dikaitkan dengan akumulasi lemak intermuskular yang ditandai, kemungkinan berasal dari FAP yang disebutkan di atas. Fenomena ini telah dijelaskan dengan sangat

baik pada pasien dengan Duchene Muscle Dystrophy (DMD), di mana siklus cedera otot yang berkepanjangan dan regenerasi yang menyertai kekurangan distrofin pada akhirnya menghasilkan akumulasi lemak dan jaringan fibrosa di area di mana serat otot hilang. Hilangnya serat otot dan digantikan dengan jaringan lemak dan fibrosa menyebabkan kelemahan otot. Sejauh mana cedera otot dengan penuaan, yang mungkin terjadi dengan kontraksi otot eksentrik yang sering terjadi, berkontribusi pada akumulasi lemak intermuskular tidak didokumentasikan dengan baik. Infiltrasi lemak pada otot rangka juga sering terjadi setelah cedera otot rotator cuff dan merupakan faktor utama yang membatasi pemulihan fungsional. Pelemahan infiltrasi lemak setelah cedera manset rotator dengan pengobatan statin dapat memiliki efek perlindungan terhadap atrofi otot pada tikus; namun, sejumlah penelitian pada subjek manusia menunjukkan bahwa infiltrasi lemak dan atrofi otot setelah perbaikan manset rotator sangat sulit untuk dibalikkan.(Teichtahl et al., 2015)



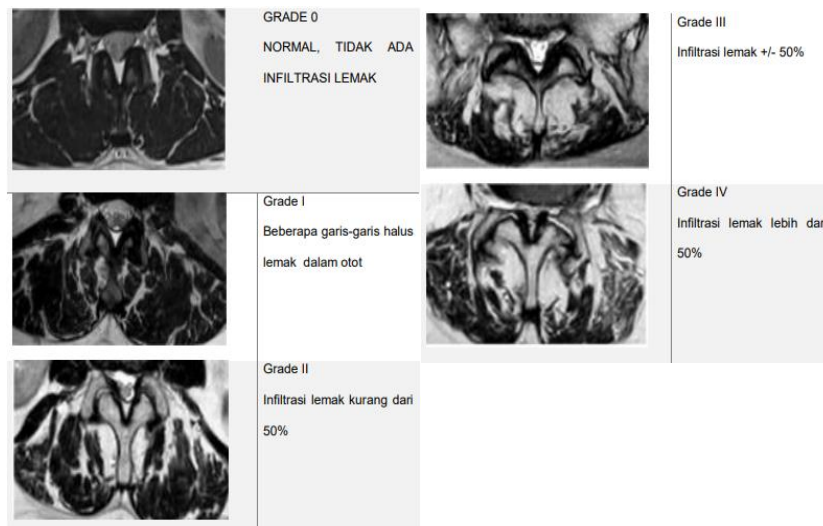
Gambar 2.13. Kondisi yang mendukung penumpukan lemak (kuning) di otot dan tulang dibandingkan dengan kondisi yang dapat mencegah atau mungkin membalikkan penumpukan lemak di otot dan tulang.(Teichtahl et al., 2015)

Penyakit degeneratif lumbal sering kali berkaitan dengan cedera saraf, dan sebagian besar elektromiografi menunjukkan potensi perubahan denervasi. Dalam percobaan, otot multifidus pada hewan ujicoba mengalami atrofi dengan cepat setelah cedera akar saraf. Ada

banyak perubahan patologis pada multifidus yang mengalami denervasi: berkurangnya diameter serat otot dan luas penampang bundel otot, mitokondria serat otot yang terlarut, dan sistem tubulus melintang yang tidak teratur. Seiring dengan berkurangnya jumlah mitokondria, aktivitas pompa natrium-kalium menurun, suplai energi dari siklus asam trikarboksilat menurun, dan kekuatan otot melemah. Selain itu, tidak adanya proprioceptor pada multifidus akan menyebabkan gangguan refleks feedforward dan penurunan stabilitas tulang belakang.(X. Wang et al., 2021)

2.4.6. Klasifikasi

Klasifikasi Goutallier adalah grading system visual untuk menilai infiltrasi lemak secara kualitatif. Awalnya dipakai untuk menilai degenerasi lemak pada otot rotator cuff pada CT, namun dikembangkan juga pada MRI untuk menilai otot-otot lainnya, termasuk multifidus.(Zwambag et al., 2014)(Zhang et al., 2021)



Gambar 2.14. Klasifikasi Goutallier untuk infiltrasi lemak pada muskulus multifidus lumbalis.(Zwambag et al., 2014)

2.5. Hubungan Infiltrasi Lemak Musculus Multifidus dan Facet Joint Arthropathy pada Degenerative Spondylolisthesis berdasarkan MRI Vertebra Lumbosacral

Stabilisasi yang efisien (aktivasi otot yang lebih sedikit) penting karena ini berarti beban cakram lebih rendah. Pemodelan yang digerakkan oleh EMG oleh Cholewicki dan McGill menunjukkan bahwa otot besar dapat memberikan sebagian besar kekakuan pada tulang belakang, seperti yang disarankan oleh Crisco dan Panjabi, namun aktivitas otot intrinsik pendek juga diperlukan untuk menjaga stabilitas. Faktanya, model biomekanik telah menunjukkan bahwa buckling (kehilangan stabilitas) dapat terjadi akibat pengurangan sementara aktivasi pada satu atau lebih otot intersegmental. Dapat diasumsikan, otot intrinsik kecil lebih cocok untuk menstabilkan perpindahan pada satu sendi dengan peningkatan minimum beban sendi pada tingkat lainnya. Namun, meskipun terdapat demonstrasi pentingnya anatomi kasar dan arsitektur musculus paravertebra terhadap stabilitas tulang belakang, masih banyak pertanyaan yang tersisa. Contohnya termasuk pengaruh kelemahan musculus terhadap stabilitas tulang belakang dan pola aktivasi otot terbaik untuk stabilitas dalam pencegahan dan rehabilitasi nyeri punggung bawah.

Musculus lumbal secara fungsional mendukung dan menjaga stabilitas tulang belakang. (H. J. Lee et al., 2012) musculus multifidus (MF) adalah bagian paling medial dari otot paraspinal lumbal, dipersarafi oleh cabang medial ramus dorsalis saraf segmental. (Kader et al., 2000) Musculus erector spinae (ES) bertindak sebagai musculus yang secara umum yang mempengaruhi gerakan dan kekuatan otot. Selama dekade terakhir, semakin banyak penelitian yang mengeksplorasi lebih lanjut interaksi antara otot paraspinal, nyeri punggung bawah (LBP), dan patologi tulang belakang. Degenerasi musculus paraspinal dengan penurunan kekuatan isometrik tulang belakang Lumbar, nyeri punggung bawah, herniasi diskus, poliradikulopati, dan DLS telah dilaporkan dalam banyak penelitian

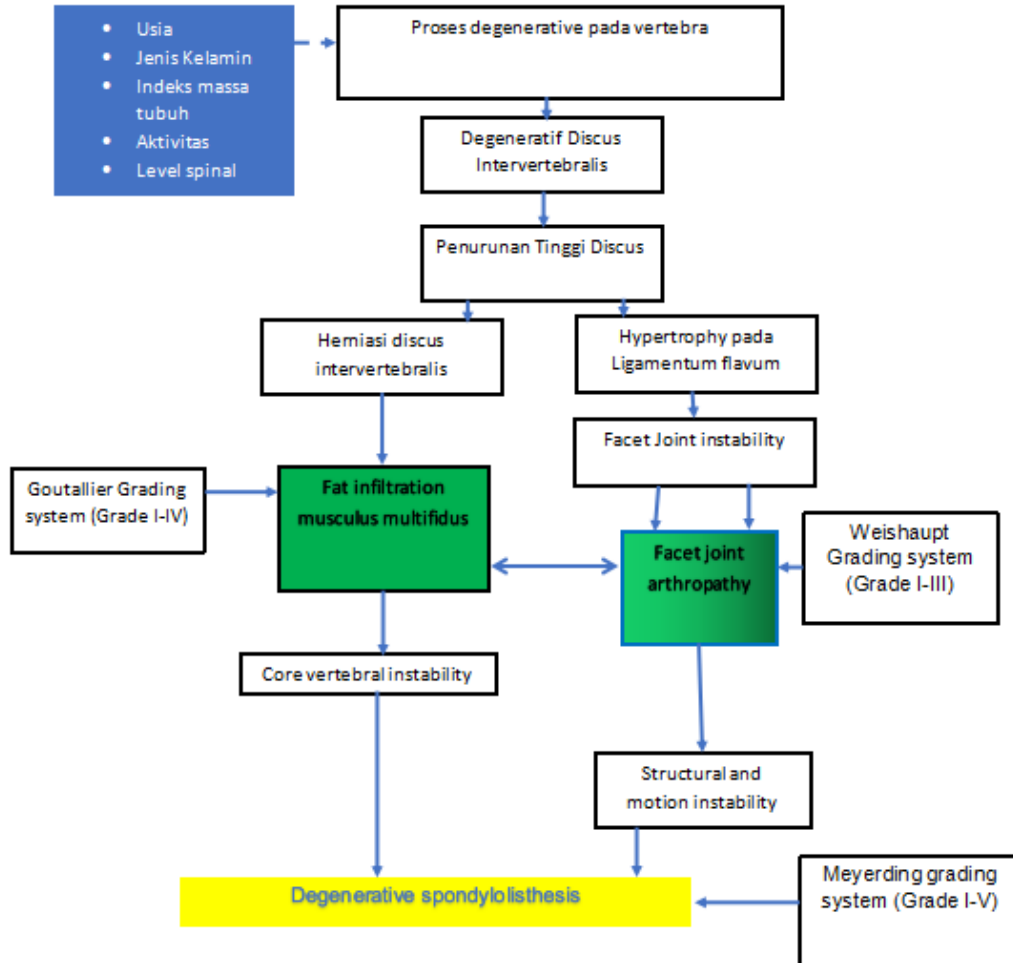
yang menilai otot paraspinal.(Cooper et al., 1992)(Danneels et al., 2000)(J.A. et al., 1994)(Hides et al., 1996) Stabilitas tulang belakang merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam evaluasi dan pengobatan pasien dengan DLS.(Simmonds et al., 2015) Oleh karena itu, evaluasi musculus paraspinal dapat menjadi sangat penting karena otot-otot ini dapat secara langsung mempengaruhi stabilitas segmental dan kontrol tulang belakang lumbal karena keterikatan mereka pada kolom tulang belakang.

Persarafan facet joint lumbal berasal dari cabang medial rami dorsal lumbal, atau, seperti yang juga diketahui merupakan cabang posterior saraf vertebra lumbal. Saraf vertebra dibagi menjadi empat cabang yang berbeda, setelah keluar dari foramen intervertebralis masing-masing; communicating branches, meningeal branches, ramus ventral, dan yang lebih kecil lagi ramus dorsal. Pada level L1-L4, Ramus dorsal berpisah pada spinal nerve yang biasanya pada facet angle kanan. ramus dorsal kemudian melintasi foramen vertebra, yang kemudian membentuk jalur dorsal dan cauda. Ramus dorsal merupakan titik yang ditemui pada foramen yang dibentuk oleh batas superior dari processus transversus yang berdekatan dan batas inferior dari facet joint lumbal pada masing-masing level. Aspek terakhir dari ramus dorsalis ini terletak di bagian musculus intertransversal medial. Selain itu, cabang tengah juga menampilkan banyak anastomosis dengan cabang-cabang lainnya, sehingga membentuk pleksus saraf yang kompleks. Cabang medial ada di sana bercabang menjadi tiga yang berbeda cabang; cabang otot, artikular dan kulit, mempersarafi facet joint lumbal, musculus multifidus serta ligamen supra et intervertebralis. Dengan hal tersebut, menjadi teori dasar adanya hubungan antara facet joint dengan musculus multifidus.(Kapetanakis & Gkantsinikoudis, 2021) Dengan ini, kami akan meneliti hubungan antara grading infiltrasi lemak musculus multifidus dan derajat facet joint athropathy pada pasien dengan degenerative spondylolisthesis berdasarkan MRI Vertebra Lumbosacral

BAB III

KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP

3.1. Kerangka Teori



3.2. Kerangka Konsep

