

KARYA AKHIR

**HUBUNGAN DERAJAT TRAKSI MEDULLA SPINALIS DI
THORAKOLUMBAL TERHADAP FUNGSI MOTORIK PADA TIKUS
WISTAR**

**CORRELATION BETWEEN THE DEGREE OF SPINAL CORD TRACTION IN
THE THORACOLUMBAL AND MOTOR FUNCTION IN EXPERIMENTAL
ANIMALS OF WISTAR RATS**



DENY AGUS YUDIARTO

C045172011

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS – I (SP-1)
DEPARTEMEN ILMU BEDAH ILMU BEDAH
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

KARYA AKHIR

**HUBUNGAN DERAJAT TRAKSI MEDULLA SPINALIS DI
THORAKOLUMBAL TERHADAP FUNGSI MOTORIK PADA TIKUS
WISTAR**

**CORRELATION BETWEEN THE DEGREE OF SPINAL CORD TRACTION IN
THE THORACOLUMBAL AND MOTOR FUNCTION IN EXPERIMENTAL
ANIMALS OF WISTAR RATS**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Dokter Spesialis Bedah Program stui
Ilmu Bedah

Disusun dan diajukan oleh

**DENY AGUS YUDIARTO
C045172011**

kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS – I (SP-1)
DEPARTEMEN ILMU BEDAH ILMU BEDAH
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN KARYA TESIS

**HUBUNGAN DERAJAT TRAKSI MEDULLA SPINALIS DI THORAKOLUMBAL
TERHADAP FUNGSI MOTORIK PADA HEWAN COBA TIKUS WISTAR**

Disusun dan diajukan oleh

Deny Agus Yudiarto
C045172011


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian
yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Pendidikan Dokter Spesialis-1 Ilmu Bedah
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 12 November 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui


Pembimbing Utama


Dr. dr. Nasrullah, Sp.BS (K)
NIP. 19650508 199603 1 001


Pembimbing Pendamping


dr. Firdaus Hamid, Ph.D, Sp.MK
NIP. 197712312 00212 1 002.

Ketua Program Studi,


Dr.dr. Sachraswaty R. Laiding, Sp.B,Sp.BP-RE(K)
NIP. 19740321 200812 2 002

Dekan Fakultas Kedokteran


Prof. H.P. Nurani Asyid, M.Kes,Sp.PD-KGH,Sp.GK
NIP. 19680530 199603 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertandatangan dibawah ini : TULISAN

Nama : dr. Deny Agus Yudiarto

Nim : C045172011

Program studi : Ilmu Bedah

Judul :

Hubungan Derajat Traksi Medulla Spinalis di Thorakolumbal Terhadap Fungsi Motorik Pada Hewan Coba Tikus Wistar

Dengan ini menyatakan sebenar- benarnya dan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang saya tulis ini merupakan karya saya sendiri, dan bukan merupakan suatu karya ilmiah pengambil alihan tulisan atau pemikiran dari karya ilmiah orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa makalah ini adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi perbuatan tersebut.

Makassar, November 2022



dr. Deny Agus Yudiarto

KATA PENGANTAR

Puji tuhan saya panjatkan kepada Allah SWT atas Rahmat dan karuniaNya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini sebagai salah satu prasyarat dalam menyelesaikan Program Pendidikan Spesialis I Ilmu Bedah di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.

Saya menyadari banyak hambatan dan tantangan yang saya hadapi selama menyusun karya akhir ini, Alhamdulillah saya dapat menyelesaikan Karya Akhir ini semua berkat dukungan dan motivasi serta masukan yang diberikan oleh para pembimbing saya DR. dr. Nasrullah. Sp.BS (K), DR. dr. Willy Adhimartha. SpBS(K), dr. Firdaus Hamid, PhD, Sp.MK, serta para penguji saya DR. dr. Wahyudi. SpBS(K), dr. M.Ihwan Kusuma, Sp.B Subps BD(K), pada kesempatan ini saya juga menghaturkan ucapan banyak terima kasih kepada Rektor Universitas Hasanuddin Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, Dr. dr. A. Muhammad Takdir Musba, SpAn, KMN-FIPM selaku manajer PPDS Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. dr. Herani Rasyid, M.kes. SpPD-KGH., SPGK selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya juga tidak lupa menghaturkan banyak terimakasih kepada Ketua Departemen Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Dr. dr. Prihantono, M.Kes., Sp.B Subps Onk(K) dan juga Dr. dr. Sachraswaty R.Laiding. Sp.B, SpBP(K) sebagai Ketua Program Studi Ilmu Bedah, Dan kepada seluruh Guru-Guru besar kami beserta para konsulen dan para staff yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Terimakasih banyak kepada saudara saya ANOMALI atas perjuangan selama menjadi dan menjalani Residen Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, banyak kenangan yang akan dikenang selamanya.

Tidak lupa saya ucapkan banyak terimakasih kepada Kedua Orangtua saya dan Kedua Mertua saya yang telah mensupport penuh, dan terutama kepada Istri saya dr. Ayu Yunita Ratnaningrum. M.Hkes, MM beserta kedua putri saya tercinta.

Penulis juga menyampaikan terimakasih dan permohonan maaf kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam menyelesaikan karya akhir saya ini.

Secara pribadi saya senantiasa berdoa Kepada Allah SWT untuk dapat melimpahkan dan memberikan karunia dan kemurahan-Nya kepada kita semua yang telah memberikan bantuan selama pendidikan, penelitian dan penyusunan karya akhir ini. Aamiin

Makassar, 20 november 2022

Yang menyatakan



dr. Deny Agus Yudiarto

ABSTRAK

DENY. *Hubungan Derajat Traksi Medulla Spinalis di Thorakolumbal Terhadap Fungsi Motorik Pada Hewan Coba Tikus Wistar* (dibimbing oleh Nasrullah, Willy Adhimartha, Firdaus Hamid, Wahyudi, Ihwan Kusuma)

Trauma sumsum tulang belakang adalah cedera yang mempengaruhi vertebra servikal dan lumbar sebagai akibat dari trauma yang mempengaruhi tulang belakang. Ini adalah masalah kesehatan utama yang mempengaruhi 150.000 hingga 500.000 orang di hampir setiap negara, dengan perkiraan 10.000 cedera baru yang terjadi setiap tahun. Namun, tidak ada data yang menyebutkan seberapa jauh traksi sumsum tulang belakang dapat menyebabkan disfungsi sensorik di daerah thorakolumbal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara traksi sumsum tulang belakang pada tulang belakang regio thorakolumbar dengan fungsi motorik. Traksi sumsum tulang belakang yang dilakukan dalam penelitian ini akan menjadi model trauma sumsum tulang belakang pada tikus wistar. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan desain post-test. Penelitian ini terdiri dari tiga kelompok perlakuan, masing-masing kelompok terdiri dari 9 ekor tikus wistar jantan (*Rattus norvegicus*). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hewan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin/RSUD Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar, pada bulan Oktober 2022. Populasi tikus wistar umur 8-12 minggu dan $p < 0,05$ dinilai memiliki hubungan yang signifikan. Dua Puluh Tujuh tikus wistar diperiksa dalam Tes gaya berjalan dan Tes berenang pada 24 jam, nilai $p = 0,024$, di mana paling banyak tidak ada plegia, kemudian plegia unilateral dan tidak ada plegia bilateral. Sementara pada 48 jam, $p < 0,001$ diperoleh, di mana paling banyak pada 48 jam, dengan sebagian besar dengan plegia unilateral, kemudian tidak ada plegia dan tidak ada plegia bilateral. Sementara itu, pada 72 jam, $p\text{-value} < 0,001$, di mana pada 72 jam, dengan sebagian besar dengan plegia bilateral, plegia unilateral dan tanpa plegia. Ada hubungan yang signifikan antara tingkat traksi sumsum tulang belakang dan fungsi motorik dalam tes gaya berjalan dan tes berenang paksa pada 24 jam, 48 jam dan 72 jam.

Kata Kunci: Fungsi Motorik, Thoracolumbal, Traksi Sumsum Tulang Belakang



ABSTRACT

DENY. Correlation between the degree of spinal cord traction in the thoracolumbar and motor function in experimental animals of Wistar rats. (guided by oleh Nasrullah, Willy Adhimartha, Firdaus Hamid, Wahyudi, Ihwan Kusuma)

Spinal cord trauma is an injury affecting the cervical and lumbar vertebrae as a result of trauma affecting the spine. It is a major health problem affecting 150,000 to 500,000 people in nearly every country, with an estimated 10,000 new injuries occurring each year. However, there are no data regarding how far spinal cord traction can cause sensory dysfunction in the thoracolumbar region. Therefore, this study aims to examine the relationship between spinal cord traction on the thoracolumbar region of the spine and motor function. Spinal cord traction performed in this study will be a model of spinal cord trauma in wistar rats. This research is an experimental research using a post-test design. This study consisted of three treatment groups, each group consisting of 9 male Wistar rats (*Rattus norvegicus*). This research was conducted at the Animal Laboratory of the Faculty of Medicine, Hasanuddin University/Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar, in October 2022. Wistar rats aged 8-12 weeks and $p < 0.05$ were considered to have a significant relationship. Twenty-seven wistar rats were examined in the gait test and swimming test at 24 hours, $p = 0.024$, where there was no plegia at most, then unilateral plegia and no bilateral plegia. While at 48 hours, $p < 0.001$ was obtained, where as at 48 hours, most with unilateral plegia, then no plegia and no bilateral plegia. Meanwhile, at 72 hours, the p-value was < 0.001 , where at 72 hours, most of them had bilateral plegia, unilateral plegia and no plegia. There was a significant relationship between spinal cord traction level and motor function in the gait test and forced swim test at 24 hours, 48 hours and 72 hours.

Keywords: Motor Function, Thoracolumbar, Spinal Traction



DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULISAN	3
KATA PENGANTAR	4
ABSTRAK	6
<i>ABSTRACT</i>	7
DAFTAR ISI.....	8
BAB I PENDAHULUAN	10
A. LATAR BELAKANG.....	10
B. TUJUAN PENELITIAN	11
C. MANFAAT PENELITIAN	11
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAN	12
A. ANATOMI	12
B. TRAUMA MEDULA SPINALIS	16
C. EPIDEMIOLOGI.....	17
D. MEKANISM CIDERA	19
E. GANGGUAN NEUROLOGIK	21
F. MANIFESTASI KLINIS	21
G. GANGGUAN MOTORIK	25
BAB III KERANGKA PENELITIAN.....	28
A. KERANGKA TEORI.....	28
B. HIPOTESIS	29

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	30
A. RANCANGAN PENELITIAN	30
B. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN.....	31
C. KRITERIA PENELITIAN	32
D. DEFINISI OPERASIONAL.....	33
E. KRITERIA OBJEKTIF	34
G. ALUR PENELITIAN.....	35
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
BAB VI PENUTUP	42
DAFTAR PUSTAKA	43

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Cidera medulla spinalis dapat menyebabkan kerusakan pada fungsi neurologis. Trauma medula spinalis adalah cedera yang mengenai servikalis vertebralis dan lumbalis akibat dari suatu trauma yang mengenai tulang belakang. Dimana merupakan masalah kesehatan mayor yang mempengaruhi 150.000 sampai 500.000 orang hampir di setiap negara, dengan perkiraan 10.000 cedera baru yang terjadi setiap tahunnya. Kejadian ini lebih dominan pada pria usia muda sekitar 75% dari seluruh cedera. Apabila trauma tersebut mengenai daerah torakal T12-Lumbal 1 maka dapat terjadi hilangnya fungsi motorik, sensorik dan otonom. Setengah dari kasus ini akibat dari kecelakaan kendaraan bermotor, selain itu banyak akibat jatuh, olahraga dan kejadian industri¹.

Dalam laporannya, WHO pada tahun 2013 menyatakan tidak ada estimasi prevalensi global yang dapat menjadi rujukan data pada cedera spinal ini, tetapi estimasi insiden global tahunan adalah 40 hingga 80 kasus per juta populasi. Hingga 90% dari kasus-kasus cedera tulang belakang ini disebabkan trauma. Orang dengan cedera spinal 2 sampai 5 kali lebih mungkin meninggal sebelum waktunya. Cedera tulang belakang dikaitkan dengan resiko berkembang menjadi kondisi yang makin berat dan mengancam jiwa seperti, DVT (*deep vein thrombosis*), infeksi saluran kemih, osteoporosis, spasme otot, ulser dekubitus, nyeri kronik, komplikasi respiratorik.

Menurut publikasi ilmiah terdahulu, lokasi tersering adalah servikal dan lumbal (L3-L5), namun antara 15% dan 20% dari fraktur traumatik terjadi di perbatasan thorakolumbar (T11-L2), dimana 9-16% terjadi di vertebra thorakal (T1-T10). Hampir 50-60 persen dari fraktur thorakolumbar mempengaruhi transisi T11-L2, 25-40% vertebra thorakal, dan 10-14% vertebra lumbal, dan sakrum. Kerentanan dari transisi thoracolumbar disebabkan terutama oleh alasan anatomis^{2,3}

Penelitian ini bertujuan untuk menilai hubungan antara traksi medulla spinalis pada thorakolumbal terhadap fungsi motoris. Traksi medulla spinalis yang dilakukan pada penelitian ini, akan menjadi model trauma medulla spinalis yang berkaitan dengan penyebab primer dan sekunder. Penelitian ini didasarkan karena belum adanya data yang menyebutkan seberapa jauh traksi medulla spinalis yang dapat menyebabkan gangguan fungsi sensorik pada daerah thorakolumbal.

B. TUJUAN PENELITIAN

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui dampak traksi medulla spinalis terhadap fungsi motorik.

2. Tujuan Khusus

- a) Mengetahui dampak traksi medulla spinalis thorakolumbal yang dilakukan dalam berbagai ukuran yang menyebabkan gangguan fungsi motorik.
- b) Mengetahui dampak traksi medulla spinalis thorakolumbal terhadap waktu yang dapat menyebabkan gangguan motorik.

C. MANFAAT PENELITIAN

1. Manfaat Bagi Pengetahuan

Sebagai informasi ilmiah tentang hubungan traksi medulla spinalis thorakolumbal terhadap fungsi motorik.

2. Manfaat bagi Klinisi

- a) Memberikan informasi ilmiah tentang traksi medulla spinalis thorakolumbal yang menyebabkan gangguan fungsi motorik.
- b) Menjadi pedoman pada saat melakukan operasi medulla spinalis thorakolumbal untuk melakukan manipulasi terhadap medulla spinalis.

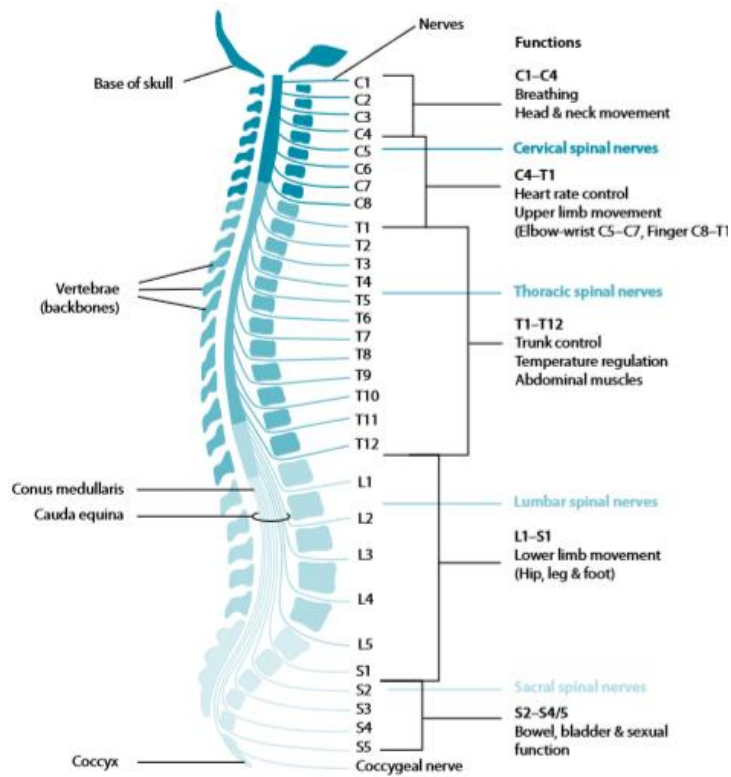
BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAN

A. ANATOMI

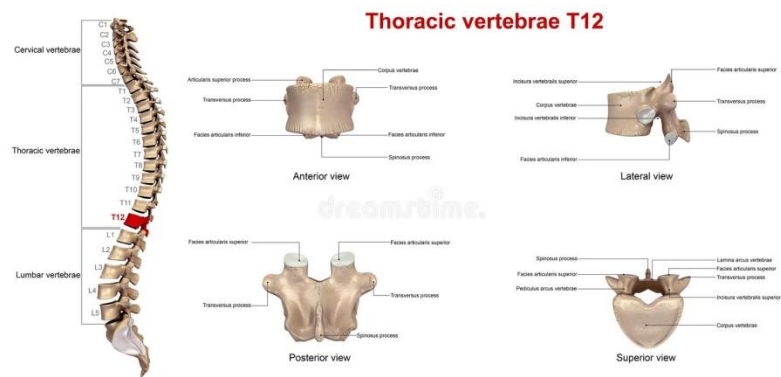
Medulla spinalis merupakan sekumpulan saraf yang terletak di sepanjang kanalis spinalis vertebra. Medulla spinalis terdiri atas 31 segmen jaringan saraf dan masing-masing terdiri atas sepasang saraf spinal. Serabut saraf akan keluar melewati foramina intervertebralis. Medulla spinalis terdiri atas 8 pasang saraf servikal, 12 pasang torakalis, 5 pasang saraf lumbalis, 5 pasang saraf sakralis, dan 1 pasang saraf koksigeal.²

Saraf spinal melekat pada permukaan lateral medulla spinalis melalui radiks posterior yang merupakan radiks sensorik dan radiks anterior atau radiks motorik. Radiks dorsal memperlihatkan pembesaran, yaitu ganglion radiks dorsal yang terdiri dari badan-badan sel neuron aferen atau neuron sensorik. Badan sel seluruh neuron aferen medulla spinalis terdapat di ganglia tersebut. Serabut-serabut radiks dorsal merupakan tonjolan – tonjolan neuron sensorik yang membawa impuls dari bagian perifer ke medulla spinalis. Badan sel neuron motorik terdapat di dalam medulla spinalis dalam kolumna anterior dan lateral substansia grisea. Aksonnya membentuk serabut-serabut radiks ventral yang berjalan menuju ke otot dan kelenjar. Kedua radiks keluar dari foramen intervertebralis dan bersatu membentuk saraf spinal. Semua saraf spinal merupakan saraf campuran, yaitu mengandung serabut sensorik maupun serabut motorik.²

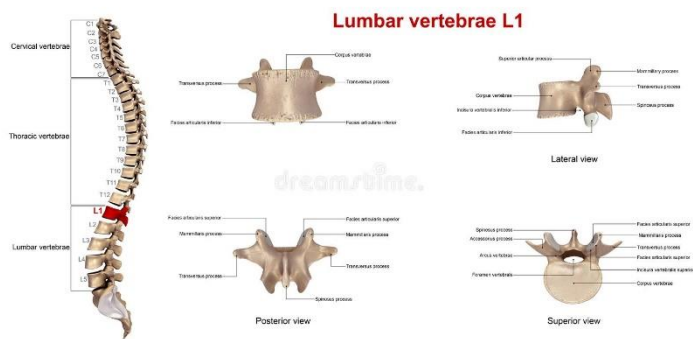


Gambar 1. Potongan longitudinal medulla spinalis, tulang vertebrae, dan saraf spinalis

Vertebral lumbalis merupakan vertebra terbesar pada tubuh manusia. Thorakal 12 hingga L1 atau yang dikenal dengan torakolumbal memiliki ukuran 10.7 ± 2.1 mm. Rerata vertebral lumbalis terbawah berukuran 141 mm dengan lebar permukaan $1,592 \text{ mm}^2$. Ukuran vertebral lumbalis ini merupakan yang terbesar karena vertebral region ini menahan berat badan manusia yang terbesar menurut gravitasi³.



Gambar 2. Vertebra Torakalis 12



Gambar 3. Vertebra Lumbalis 1

Struktur medulla spinalis hewan yang mirip dengan manusia adalah tikus winstar, sehingga hewan ini banyak digunakan sebagai model hewan coba dalam penelitian trauma medulla spinalis. Namun terdapat perbedaan geometri anatomi, perbedaan tersebut adalah bentuk kanalis medulla spinalis pada tikus winstar lebih elips dibandingkan dengan manusia, terutama pada level dibawah cervikal. Hal ini dihipotesiskan karena perbedaan cervicothoracic lordosis antara manusia dan tikus winstar. Pada lumbal geometri anatomi antara manusia dan tikus winstar adalah sama. Dalam penelitiannya dilakukan pengukuran diameter medulla spinalis, didapatkan diameter medulla spinalis pada cervikal lebih lebar daripada level dibawahnya. Pada cervikal diameter 4.37 mm sampai dengan 4.99 mm, sedangkan kedalamannya adalah 2.83 mm sampai dengan 2.58 mm³.

Secara keseluruhan, sebagian besar dimensi normal pada tulang belakang leher umumnya serupa antara tikus dan manusia. Dari 13 rasio anatomi, hanya 3 di tulang belakang leher dan 1 di tulang belakang lumbar lebih besar pada tikus daripada manusia. Perbandingan anatomi menunjukkan bahwa meskipun memiliki tubuh vertebral yang lebih ramping dan elips, vertebra serviks dan lumbar tikus wistar umumnya memiliki bentuk yang sangat mirip dengan manusia³.

Dari sudut pandang mekanis, vertebra yang lebih ramping memfasilitasi lebih banyak fleksibilitas di tulang belakang, yang konsisten dengan mobilitas sagital dan lateral kepala yang berorientasi horizontal pada toraks pada hewan berkaki empat. Perbedaan spesies dalam rasio lebar-kedalaman serviks terkait dengan perbedaan kebutuhan otot dan gerakan untuk gerakan kepala dan leher antara manusia dan tikus. Perbedaan kelangsingan leher sebelumnya telah dilaporkan untuk penelitian yang menyelidiki perbedaan anatomi berdasarkan jenis kelamin di tulang belakang. Wanita memiliki leher yang lebih tipis dan menunjukkan rentang gerak serviks yang lebih besar ke segala arah³.

Pada hewan berkaki empat, tulang belakang leher mendukung kepala, bertindak sebagai balok kantilever yang berengsel di persimpangan *cervicothoracic*. Karena rasio aspek vertebra serviks dan korpus vertebra yang terisolasi lebih besar pada tikus, rasio tersebut kemungkinan memberikan luas penampang yang lebih besar untuk mengurangi tegangan lentur. Gagasan ini lebih lanjut didukung oleh fakta bahwa lebar vertebra serviks dan badan vertebra lebih besar pada tingkat yang lebih rendah pada tikus, dengan V_w/V_d dan VB_w/VB_d terbesar pada C7 di mana pembengkokan momen adalah yang terbesar³.

Namun, perbedaan dalam kelangsingan dan eliptisitas tulang belakang leher antara spesies memiliki sedikit efek untuk skenario pembebanan yang tidak melibatkan pembengkokan dan terbatas pada yang diarahkan secara aksial atau melintang ke arah itu. Di antara semua pengukuran, hanya rasio lebar-ke-dalam kanal tulang belakang yang serupa di semua tingkat di kedua daerah tulang

belakang untuk kedua spesies Meskipun tikus memiliki tulang belakang yang lebih ramping daripada manusia kesamaan dalam aspek rasio kanal tulang belakang antara spesies menunjukkan bahwa dimensi kanal dapat diskalakan untuk studi biomekanik pada hewan pengerat. Dimensi korpus vertebra (VBw, VBd) dan kanalis spinalis (SCw, SCd) yang dinormalisasi oleh lebar dan kedalaman vertebra keseluruhan adalah serupa pada tingkat tikus seperti pada manusia.³

Tinggi rata-rata usia cakram (IVDh/VBh) di tulang belakang leher setara pada tikus ($0,27 \pm 0,07$) dan manusia ($0,36 \pm 0,06$). Secara kolektif, pengukuran ini lebih lanjut menyarankan dan mendukung bahwa tulang belakang leher tikus dapat berfungsi sebagai pengganti yang tepat untuk tulang belakang manusia di bawah beban aksial. Kanalis tulang belakang dan dimensi tubuh vertebral dan tinggi cakram yang diukur di sini sebanding dengan yang dilaporkan untuk hewan pengerat dari berbagai jenis dan usia, diperoleh dengan pengukuran langsung dengan kaliper dan dari gambar digital 2D³.

Secara keseluruhan, perbedaan dan persamaan anatomis antara tulang belakang tikus dan tulang belakang manusia harus dipertimbangkan ketika menginterpretasikan temuan sebagai respons terhadap pembebanan mekanis pada model hewan. Karena biomekanik tulang belakang berhubungan langsung dengan anatomi tulang belakang global dan lokal, hewan dengan dimensi tulang belakang yang dinormalisasi mirip dengan manusia dapat berfungsi sebagai model analog mekanis³.

B. TRAUMA MEDULA SPINALIS

Suatu kerusakan pada thorakal, thorakolumbal, & lumbal yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan fungsi neurologis yang disebabkan oleh benturan pada daerah medulla spinalis. Fraktur toraks dan lumbalis merupakan 30% hingga 50% dari semua cedera tulang belakang pada korban trauma. Cedera pada tulang belakang adalah cedera umum yang dapat mengakibatkan kecacatan,

kelainan bentuk dan defisit neurologis yang signifikan. Secara anatomis dan fungsional, tulang belakang bagian torakal dan lumbal dapat dibagi menjadi tiga daerah yaitu thorakal (T1-T10), thorakolumbal (T10-L2) dan lumbalis (L3-L5). Daerah thorakal secara fungsional bersifat kaku karena memiliki sendi facet yang berorientasi koronal, diskus intervertebralis yang tipis dan bersendi dengan tulang rusuk. Karena itu, dibutuhkan energi yang sangat besar untuk menghasilkan patah tulang dan dislokasi. Kanalis spinalis yang sempit di daerah ini merupakan predisposisi kerusakan medula spinalis yang berakibat timbulnya defisit neurologis yang tinggi. Daerah lumbal di sisi lain relatif fleksibel karena cakram intervertebralis yang lebih tebal, orientasi sagital sendi facet dan tidak adanya tulang rusuk⁵⁻⁶

Insiden cedera neurologis yang relatif lebih kecil pada fraktur lumbal dapat dikaitkan dengan ukuran besar dari saluran saraf dan ketahanan yang lebih besar dari akar saraf cauda equina. Sedangkan daerah thorakolumbal (T10-L2) diposisikan secara unik di antara torakal yang kaku dan tulang belakang lumbar seluler. Pada bagian transisi ini sebagian thorakal kurang bergerak dengan tulang rusuk dan sternum, dan sebagian tulang lumbal lebih dinamis menjadikan daerah thorakolumbal menjadi stres biomekanik yang signifikan. Oleh karena itu, fraktur daerah thorakolumbalis adalah cedera paling umum pada tulang belakang. Meskipun cedera tulang belakang thorakal, thorakolumbar & lumbal adalah cedera umum, 50% di antaranya tidak stabil dan dapat menyebabkan kecacatan, deformitas, dan defisit neurologis yang signifikan⁵⁻⁶

C. EPIDEMIOLOGI

Amerika mencatat, insiden trauma medulla spinalis mencapai 40 kasus baru dalam satu juta penduduk, atau 10.000 pertahun. Angka ini tidak mencakup kasus kematian pada kecelakaan. Usia rata-rata 31.8 tahun, mencapai 59% dari seluruh populasi. Laki-laki empat kali lebih banyak dari pada wanita. Tulaar M, et al di

Indonesia pada tahun 2014 mencatat 104 penderita trauma medulla spinalis yang dirawat di RS. Fatmawati. 37 diantaranya merupakan akibat trauma yang dialami pada kecelakaan lalu lintas dan jatuh dari ketinggian. 67 penderita lainnya mengalami non-traumatik medulla spinalis yang mengalami pertumbuhan tumor dan infeksi.^{5,6}

Studi dilakukan di negara barat menunjukkan tipe dan data yang di bandingkan pada insidensi, lokasi dan mekanisme cedera. Fraktur thorakal, thorakolumbar dan lumbal lebih sering di pria daripada wanita 3:1 dan usia paling sering 20-40 tahun. Hampir 160.000 pasien pertahun mengalami cedera pada kolum spinalis di amerika. Lokasi tersering adalah cervical dan lumbal (L3-L5), namun antara 15% dan 20% dari fraktur traumatik terjadi di perbatasan thorakolumbar (T11-L2), dimana 9-16% terjadi di vertebra thorakal (T1-T10). Hampir 50-60 persen dari fraktur thorakolumbar mempengaruhi transisi T11-L2, 25-40% vertebra thorakal, dan 10-14% vertebra lumbal, dan sakrum. Kerentanan dari transisi thoracolumbar disebabkan terutama oleh alasan anatomis seperti⁵⁻⁷:

1. Transisi dari yang relatif kaku dari kifosis thorakal menjadi lebih mobile dari lordosis lumbal yang terjadi pada level T11-12.
2. Bagian paling bawah dari Iga thorakal T11-12 menyediakan stabilitas yang lebih sedikit di area thoracolumbar di bandingkan dengan bagian thoraks dan lumbal, karena mereka tidak terhubung dengan sternum dan melayang bebas.
3. Sendi facet dari daerah thorakal berorientasi pada bidang koronal (frontal), hambatan fleksi dan ekstensi selama memberikan resistensi substansial ke translasi anteroposterior. Pada area lumbosacral, sendi facet berorientasi lebih ke penyelerasan sagittal, dimana meningkatkan derajat dari fleksi dan ekstensi dengan membatasi untuk bengkok (bending) ke lateral dan rotasi.

Cedera Saraf Spinal terjadi 10-30% pada fraktur spinal traumatik. Pada fraktur thorakal, thorakolumbar dan lumbar di laporkan 22 % dan 35,8 % deficit

neurologis. Pada studi yang di lakukan di epidemiologi multisenter pada fraktur transisi thorakolumbar di temukan deficit neurologis 22-51%, tergantung dari tipe fraktur nya (menurut klasifikasi AO)⁵⁻⁷.

D. MEKANISM CIDERA

Cedera vertebra umumnya di sebabkan oleh cedera berenergi tinggi, biasanya akibat kecelakaan kendaraan bermotor atau terjatuh dari ketinggian. Cedera ini dapat disebabkan dari kombinasi fleksi, ekstensi, kompresi, distraksi, torsion, dan shear. Pada saat cedera terjadi, ada beberapa kekuatan yang bekerja bersama untuk menghasilkan kerusakan structural pada tulang belakang. Namun paling sering 1-2 kekuatan utama yang paling sering menghasilkan kerusakan tulang dan ligament. Tenaga yang paling relevan adalah⁸⁻⁹.

1. Hiperekstensi

Hiperekstensi jarang terjadi di daerah thorakolumbal tetapi sering pada leher, pukulan pada muka atau dahi akan memaksa kepala ke belakang dan tanpa menyangga oksiput sehingga kepala membentur bagian atas punggung. Ligamen anterior dan diskus dapat rusak atau arkus saraf mungkin mengalami fraktur. cedera ini stabil karena tidak merusak ligamen posterior.

2. Fleksi

Trauma ini terjadi akibat fleksi dan disertai kompresi pada vertebra. Vertebra akan mengalami tekanan dan remuk yang dapat merusak ligamen posterior. Jika ligamen posterior rusak maka sifat fraktur ini tidak stabil sebaliknya jika ligamentum posterior tidak rusak maka fraktur bersifat stabil. Pada daerah cervical, tipe subluksasi ini sering terlewatkan karena pada saat dilakukan pemeriksaan sinar-x vertebra telah kembali ke tempatnya.

3. Fleksi dan kompresi digabungkan dengan distraksi posterior

Kombinasi fleksi dengan kompresi anterior dan distraksi posterior dapat mengganggu kompleks vertebra pertengahan di samping kompleks posterior. Fragmen tulang dan bahan diskus dapat bergeser ke dalam kanalis spinalis. Berbeda dengan fraktur kompresi murni, keadaan ini merupakan cedera tak stabil dengan risiko progresi yang tinggi. Fleksi lateral yang terlalu banyak dapat menyebabkan kompresi pada setengah korpus vertebra dan distraksi pada unsur lateral dan posterior pada sisi sebaliknya. Kalau permukaan dan pedikulus remuk, lesi bersifat tidak stabil.

4. Pergeseran aksial (kompresi)

Kekuatan vertikal yang mengenai segmen lurus pada spina servikal atau lumbal akan menimbulkan kompresi aksial. Nukleus pulposus akan mematahkan lempeng vertebra dan menyebabkan fraktur vertikal pada vertebra; dengan kekuatan yang lebih besar, bahan diskus didorong masuk ke dalam badan vertebral, menyebabkan fraktur remuk (burst fracture). Karena unsur posterior utuh, keadaan ini didefinisikan sebagai cedera stabil. Fragmen tulang dapat terdorong ke belakang ke dalam kanalis spinalis dan inilah yang menjadikan fraktur ini berbahaya; kerusakan neurologik sering terjadi.

5. Rotasi-fleksi

Cedera spinal yang paling berbahaya adalah akibat kombinasi fleksi dan rotasi. Ligamen dan kapsul sendi teregang sampai batas kekuatannya; kemudian dapat robek, permukaan sendi dapat mengalami fraktur atau bagian atas dari satu vertebra dapat terpotong. Akibat dari mekanisme ini adalah pergeseran atau dislokasi ke depan pada vertebra di atas, dengan atau tanpa dibarengi kerusakan tulang. Semua frakturdislokasi bersifat tak stabil dan terdapat banyak risiko munculnya kerusakan neurologik.⁵

6. Translasi Horizontal

Kolumna vertebralis teriris dan segmen bagian atas atau bawah dapat bergeser ke anteroposterior atau ke lateral. Lesi bersifat tidak stabil dan sering terjadi kerusakan syaraf.

E. GANGGUAN NEUROLOGIK

Trauma pada permukaan medula spinalis dapat memperlihatkan gejala dan tanda yang segera ataupun dapat timbul kemudian. Medula spinalis dan radiks dapat rusak melalui 4 mekanisme berikut⁸⁻⁹:

1. Kompresi oleh tulang, ligamentum, herniasi diskus intervertebralis dan hematoma. Yang paling berat adalah kerusakan akibat kompresi tulang dan kompresi oleh korpus vertebra yang mengalami dislokasi tulang dan kompresi oleh korpus vertebra yang mengalami dislokasi ke posterior dan trauma hiperekstensi.
2. Regangan jaringan yang berlebihan akan menyebabkan gangguan pada jaringan, hal ini biasanya terjadi pada hiperfleksi. Toleransi medulla spinalis terhadap regangan akan menurun dengan bertambahnya usia.
3. Edema medulla spinalis yang timbul segera setelah trauma menyebabkan gangguan aliran darah kapiler dan vena.
4. Gangguan sirkulasi akibat kompresi tulang atau arteri spinalis anterior dan posterior.

F. MANIFESTASI KLINIS

Manifestasi klinis pada trauma medulla spinalis mencakup⁸⁻⁹:

1. Komosis Medula Spinalis

Komosis medulla spinalis adalah suatu keadaan dimana fungsi medulla spinalis hilang sementara akibat suatu trauma dengan atau tanpa disertai fraktur atau dislokasi. Sembuh sempurna akan terjadi dalam waktu beberapa menit hingga beberapa jam / hari tanpa meninggalkan gejala sisa. Kerusakan yang

medasari komosio medulla spinalis berupa edema, perdarahan perivaskuler kecil-kecil dan infark disekitar pembuluh darah.

2. Kontusio Medula Spinalis

Berbeda dengan komosio medulla spinalis yang diduga hanya merupakan gangguan fisiologik saja tanpa kerusakan makroskopik, maka pada kontusio medulla spinalis didapati kerusakan makroskopik dan mikroskopik medulla spinalis yaitu perdarahan, pembengkakan (edema), perubahan neuron, reaksi peradangan.

3. Laserasio Medula Spinalis

Pada laserasio medulla spinalis terjadi kerusakan yang berat akibat diskontinuitas medulla spinalis. Biasanya penyebab lesi ini adalah luka tembak atau bacok/tusukan, fraktur dislokasi vertebra

4. Perdarahan

Akibat trauma, medulla spinalis dapat mengalami perdarahan epidural, subdural maupun hematomiella. Hematom epidural dan subdural dapat terjadi akibat trauma maupun akibat dari sepsis. Gambaran klinisnya adalah adanya trauma yang ringan tetapi segera diikuti paralisis flaksid berat akibat penekanan medulla spinalis. Kedua keadaan diatas memerlukan tindakan darurat bedah. Hematomiella adalah perdarahan di dalam substansia grisea medulla spinalis. Perdarahan ini dapat terjadi akibat fraktur-dislokasi, trauma Whiplash atau trauma tidak langsung misalnya akibat gaya eksplosif atau jatuh dalam posisi berdiri/duduk. Gambaran klinisnya adalah hilangnya fungsi medulla spinalis di bawah lesi, yang sering menyerupai lesi transversal. Tetapi setelah edema berkurang dan bekuan darah diserap maka terdapat perbaikan-perbaikan fungsi funikulus lateralis dan posterior medulla spinalis. Hal ini menimbulkan gambaran klinis yang khas hematomiella sebagai berikut: terdapat paralisis flaksid dan atrofi otot setinggi lesi dan dibawah lesi terdapat paresis otot, dengan utuhnya sensibilitas nyeri dan suhu serta fungsi funikulus posterior.

5. Kompresi Medula Spinalis

Kompresi medulla spinalis dapat terjadi akibat dislokasi vertebra maupun perdarahan epidural dan subdural. Gambaran klinisnya sebanding dengan sindrom kompresi medulla spinalis akibat tumor, kista dan abses di dalam kanalis vertebralis. Akan didapati nyeri radikuler, dan paralisis flaksid setinggi lesi akibat kompresi pada radiks saraf tepi. Akibat hiperekstensi, hiperfleksi, dislokasi, fraktur dan gerak lecutan (Whiplash) radiks saraf tepi dapat tertarik dan mengalami jejas (reksis).

6. Hemiseksi Medula Spinalis

Biasanya dijumpai pada luka tembak atau luka tusuk/bacok di medulla spinalis. Gambaran klinisnya merupakan *sindrom Brown Sequard* yaitu setinggi lesi terdapat kelumpuhan neuron motorik perifer (LMN) ipsilateral pada otot-otot yang disarafi oleh motoneuron yang terkena hemilesi. Dibawah tingkat lesi dijumpai pada sisi ipsilateral kelumpuhan neuron motorik sentral (UMN) dan neuron sensorik proprioseptif, sedangkan pada sisi kontralateral terdapat neuron sensorik protopatik.

7. Sindrom Medula Spinalis bagian Anterior

Sindrom ini mempunyai gambaran khas berupa: paralisis dan hilangnya sensibilitas protopatik di bawah tingkat lesi, tetapi sensibilitas protopatik tetap utuh.

8. Sindrom Medula Spinalis bagian Posterior

Ciri khas sindrom ini adalah adanya kelemahan motorik yang lebih berat pada lengan dari pada tungkai dan disertai kelemahan sensorik. Defisit motorik yang lebih jelas pada lengan (daripada tungkai) dapat dijelaskan akibat rusaknya sel motorik di kornu anterior medulla spinalis segmen servikal atau akibat terlibatnya serabut traktus kortikospinalis yang terletak lebih medial di kolumna lateralis medulla spinalis. Sindrom ini sering dijumpai pada penderita spondilitis servikal.

9. Transeksi Medula Spinalis Bila medulla spinalis secara mendadak rusak total akibat lesi transversal maka akan dijumpai 3 macam gangguan yang muncul serentak, yaitu:

- Semua gerak otot pada bagian tubuh yang terletak di bawah lesi akan hilang fungsinya secara mendadak dan menetap.
- Semua sensibilitas daerah di bawah lesi menghilang
- Semua fungsi reflektorik pada semua segmen dibawah lesi akan hilang.

Efek terakhir ini akan disebut renjatan spinal (spinal shock), yang melibatkan baik otot tendon maupun otot otonom. Fase renjatan spinal ini berlangsung beberapa minggu sampai beberapa bulan (3-6 minggu)

10. Syok spinal atau arefleksia

Sesaat setelah trauma, fungsi motorik dibawah tingkat lesi hilang, otot flaksid, paralisis atonik vesika urinaria dan kolon, atonia gaster dan hipestesia. Juga di bawah tingkat lesi dijumpai hilangnya tonus vasomotor, keringat dan piloereksi serta fungsi seksual. Kulit menjadi kering dan pucat serta ulkus dapat timbul pada daerah yang mendapat penekanan tulang. Sfingter vesika urinaria dan anus dalam keadaan kontraksi (disebabkan oleh hilangnya inhibisi dari pusat saraf pusat yang lebih tinggi) tetapi otot detrusor dan otot polos dalam keadaan atonik. Urin akan terkumpul, setelah tekanan intravesikuler lebih tinggi dari sfingter uretra maka urin akan mengalir keluar (overflow incontinence). Demikian pula terjadi dilatasi pasif usus besar, retensio alvi dan ileus parolitik. Refleks genitalia (ereksi penis, otot bulbokavernosus, kontraksi otot dartos) menghilang.

11. Aktifitas otot yang meningkat

Setelah beberapa minggu respon otot terhadap rangsang mulai timbul, mula-mula lemah makin lama makin kuat. Secara bertahap timbul fleksi yang khas yaitu tanda babinski dan kemudian fleksi tripel muncul. Beberapa bulan kemudian reflex menghindar tadi akan bertambah meningkat, sehingga

rangsang pada kulit tungkai akan menimbulkan kontraksi otot perut, fleksi tripel, hiperhidrosis, pilo-ereksi dan pengosongan kandung kemih secara otomatis.

G. GANGGUAN MOTORIK

Bila medulla spinalis secara mendadak rusak total akibat lesi transversal maka semua gerak otot pada bagian tubuh yang terletak di bawah lesi akan hilang fungsinya secara mendadak dan hal ini merupakan keadaan permanen. Berdasarkan anamnesis, biasanya pasien mengalami kelumpuhan yang didahului dengan nyeri tulang belakang yang menyebar sepanjang saraf yang terkena⁴.

Beberapa gangguan motorik yang sering muncul antara lain⁴:

1. Hemiseksi Medula Spinalis

Biasanya dijumpai pada luka tembak atau luka tusuk/bacok di medulla spinalis. Gambaran klinisnya merupakan sindrom Brown Sequard yaitu setinggi lesi terdapat kelumpuhan neuron motorik perifer (LMN) ipsilateral pada otot-otot yang disarafi oleh motoneuron yang terkena hemilesi. Di bawah tingkat lesi dijumpai pada sisi ipsilateral kelumpuhan neuron motorik sentral (UMN)

2. Sindrom Medula Spinalis Posterior

Ciri khas sindrom ini adalah adanya kelemahan motorik yang lebih berat pada lengan dari pada tungkai dan disertai kelemahan sensorik. Defisit motorik yang lebih jelas pada lengan (daripada tungkai) dapat dijelaskan akibat rusaknya sel motorik di kornu anterior medulla spinalis segmen servikal atau akibat terlibatnya serabut traktus kortikospinalis yang terletak lebih medial di kolumna lateralis medulla spinalis. Sindrom ini sering dijumpai pada penderita spondilitis servikal.

3. Syok spinal atau arefleksia

Sesaat setelah trauma, fungsi motorik dibawah tingkat lesi hilang, otot flaksid, paralisis atonik vesika urinaria dan kolon, atonia gaster dan hipestesia. Juga di bawah tingkat lesi dijumpai hilangnya tonus vasomotor, keringat dan piloereksi serta fungsi seksual. Kulit menjadi kering dan pucat serta ulkus dapat timbul pada daerah yang mendapat penekanan tulang. Sfingter vesika urinaria dan anus dalam keadaan kontraksi (disebabkan oleh hilangnya inhibisi dari pusat saraf pusat yang lebih tinggi) tetapi otot detrusor dan otot polos dalam keadaan atonik.

Pemeriksaan Saraf Motorik Pada Tikus

1. Forced Swim Test

Forced swim test atau ‘uji renang paksa’ adalah tes perilaku hewan pengerat yang digunakan untuk evaluasi fungsi motorik tikus. Tikus ditempatkan di tangki transparan yang tak terhindarkan yang diisi dengan air dan perilaku mobilitas terkait pelariannya diukur. Uji renang paksa mudah dilakukan dengan andal dan membutuhkan peralatan khusus yang minimal. Implementasi uji renang paksa yang berhasil membutuhkan kepatuhan terhadap detail prosedur tertentu.

Metode forced swim test adalah sebagai berikut ⁶:

- a. Tikus dipegang pada bagian ekor dan perlahan masukkan ke dalam air. Setelah tikus berada di dalam air, lepaskan ekornya secara perlahan. Biasanya, menggunakan prosedur ini akan mencegah kepala hewan terendam di bawah air.
- b. Tempatkan tikus di dalam tangki dengan urutan di mana perilaku tikus dapat diamati dengan mudah.
- c. Setelah semua tikus berada di dalam tangki-mulai hitungan mundur pada stopwatch. Panjang tes yang biasa untuk tikus rata-rata adalah 6 menit.

2. Uji Gaya Berjalan

Cedera otak, manipulasi genetik, dan perawatan farmakologis dapat mengakibatkan perubahan keterampilan motorik pada tikus. Koordinasi motorik halus dan keseimbangan dapat dinilai dengan uji gaya berjalan. Pada uji gaya berjalan, tikus dibiarkan untuk berjalan. Dinilai panjang langkah kaki belakang yang dibandingkan dengan kaki depan. Metode pemeriksaan ini adalah sebagai berikut ⁷:

- a. Tikus distimulasi untuk berjalan menggunakan stimulasi kaki diberikan pewarnaan. Dibandingkan langkah kaki depan dan belakang.
- b. Selama tikus berjalan, dihitung panjang langkah kaki belakang.