



**CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO
CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**Análisis de Canal Medular Cervical Mediante el uso de
Tomografía Axial Computarizada en el Hospital Miguel
Hidalgo**

**TESIS
PRESENTADA POR
Luis Miguel Soria Ibarra**

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN TRAUMATOLOGÍA Y
ORTOPEDIA**

ASESOR (ES)

**Dr. Arnulfo Herrera Duarte
Dr. Rodolfo Delgadillo Castañeda**

Aguascalientes. AGS. Febrero del 2018



CHMH

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

PRESENTE

Estimada Dra. Torres :

En respuesta a la petición hecha al médico residente Luis Miguel Soria Ibarra en relación a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

"Análisis de Canal Medular Cervical Mediante el uso de Tomografía Axial Computarizada en el Hospital Miguel Hidalgo "

Nos permitimos informarle que una vez leído y corregido el documento, consideramos que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovechamos la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE

[Firma]
Dr. Arnulfo Herrera Duarte

Médico adscrito al servicio de Traumatología y Ortopedia

Asesor de Tesis

Centenario Hospital Miguel Hidalgo

c.c.p. Jefatura de Enseñanza e Investigación, CHMH

c.c.p. Archivo



CHMH

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

PRESENTE

Estimada Dra. Torres :

En respuesta a la petición hecha al médico residente Luis Miguel Soria Ibarra en relación a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

“Análisis de Canal Medular Cervical Mediante el uso de Tomografía Axial Computarizada en el Hospital Miguel Hidalgo ”

Nos permitimos informarle que una vez leído y corregido el documento, consideramos que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin más por el momento aprovechamos la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Dr. Rodolfo Delgadillo Castañeda
Médico adscrito al servicio de Pediatría
Asesor de Tesis
Centenario Hospital Miguel Hidalgo

c.c.p. Jefatura de Enseñanza e Investigación. CHMH

c.c.p. Archivo

GALEANA SUR NO. 465
COL. OBRAJE
C.P. 20230. AGUASCALIENTES, AGS.

(449) 994-67-20 SECTOR CIVIL
(449) 994-67-52 SECTOR PRIVADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

LUIS MIGUEL SORIA IBARRA
ESPECIALIDAD EN TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
PRESENTE

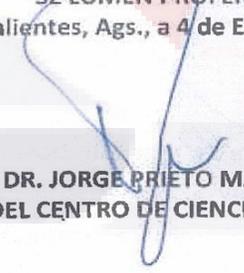
Por medio de la presente se le informa que en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento General de Docencia en el Capítulo XVI y una vez que su trabajo de tesis titulado:

“ANÁLISIS DE CANAL MEDULAR CERVICAL MEDIANTE EL USO DE TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA EN EL HOSPITAL MIGUEL HIDALGO”

Ha sido revisado y aprobado por su tutor y consejo académico, se autoriza continuar con los trámites de titulación para obtener el grado de:
Especialista en Traumatología y Ortopedia

Sin otro particular por el momento me despido enviando a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“SE LUMEN PROFERRE”
Aguascalientes, Ags., a 4 de Enero de 2018.


DR. JORGE PRIETO MACÍAS
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

c.c.p. M. en C. E. A. Imelda Jiménez García / Jefa de Departamento de Control Escolar
c.c.p. Archivo



CHMH

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO



CHMH
CENTENARIO
HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**DEPARTAMENTO DE
ENSEÑANZA E
INVESTIGACION**

Dra. María de la Luz Torres Soto

Jefa del Departamento de Enseñanza e Investigación

Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Dr. Luis Gabriel Ortiz Díaz

Profesor Titular de la Especialidad de Traumatología y Ortopedia

Médico Adscrito al Servicio de Traumatología y Ortopedia

Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Dr. Ángel Martínez Hernández

Jefe del Servicio de Traumatología y Ortopedia

Médico Adscrito al Servicio de Traumatología y Ortopedia

Centenario Hospital Miguel Hidalgo

Dr. Rodolfo Delgado Castañeda

Médico Adscrito al Servicio de Pediatría

Centenario Hospital Miguel Hidalgo

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por su incondicional apoyo durante la carrera y la residencia, que a pesar de momentos difíciles siempre han estado allí cuando más los necesite. Sin ellos no hubiera llegado a este punto.

A mis maestros por el apoyo que me brindaron durante mi formación como ortopedista. Al Dr. Arnulfo Herrera y Dr. Rodolfo Delgadillo por su apoyo en la realización de este trabajo así como en mi formación como residente. Al Dr. Ángel Martínez, Dr. Luis Gabriel Ortiz, Dr. Carlos Chávez, Dr. Gilberto Reyna y Dr. Enrique Cervantes a quienes no solo brindaron su apoyo si no también su amistad en este periodo de formación.

A mis compañeros residentes de traumatología y ortopedia con los que tuve contacto en los últimos años, de los cuales aprendí muchas lecciones sobre el trato al paciente y la importancia de nuestra profesión en nuestro medio

Finalmente a todo el personal del hospital que nos apoya y hace posible la realización de procedimientos quirúrgicos.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ACRONIMOS.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 ANATOMÍA	7
1.1.1 VÉRTEBRAS CERVICALES.....	7
1.1.2 LIGAMENTOS DE LA COLUMNA CERVICAL	9
1.1.3 MÚSCULOS.....	11
1.1.4 CIRCULACIÓN DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES.....	13
1.1.4 ANATOMÍA FUNCIONAL DE COLUMNA SUBAXIAL.....	15
1.2 ESTUDIO IMAGENOLOGICO DE LA COLUMNA	17
1.2.1 RADIOGRAFÍA SIMPLE.....	18
1.2.2 TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA	22
1.2.3 RESONANCIA MAGNÉTICA.....	28
1.2.4 CANAL MEDULAR CERVICAL	34
5 JUSTIFICACIÓN	43
6 HIPÓTESIS.....	44
7 OBJETIVO.....	44
8 METODOLOGÍA	44
8.1 TIPO DE ESTUDIO	44
8.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	44
8.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	44
8.4 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	45
8.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES	45
9 MATERIALES Y MÉTODO.....	45
9.1 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	46
9.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	46
10 RESULTADOS.....	47
11 DISCUSIÓN.....	52
12 CONCLUSIÓN.....	53
13 BIBLIOGRAFIA	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA LATERAL Y ANTEROPOSTERIOR DE 4TA VÉRTEBRA CERVICAL.	8
FIGURA 2 LIGAMENTOS DE LA COLUMNA CERVICAL COMO SE VE EN LA SECCIÓN SAGITAL MEDIA, ...	10
FIGURA 3 MÚSCULOS SPLENIUS CAPITIS Y SPLENIUS CERVICIS.	12
FIGURA 4 MÚSCULO ERECTOR DE LA COLUMNA.....	13
FIGURA 5 CIRCULACIÓN ARTERIAL VERTEBRAL	14
FIGURA 6 LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CUELLO A NIVEL DE LA VÉRTEBRA C5.	17
FIGURA 7RADIOGRAFIA AP Y LATERAL DE COLUMNA CERVICAL	19
FIGURA 8 RADIOGRAFIA LATERAL DE COLUMNA CERVICAL	20
FIGURA 9. OSTEOCONDROSIS DISCAL CERVICAL	21
FIGURA 10. TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA CONVENCIONAL.....	23
FIGURA 11 DIÁMETRO DE CANAL SAGITAL	27
FIGURA 12 FORÁMENES SAGITALES TRANSVERSOS Y TRANSVERSOS	27
FIGURA 13. CORTE SAGITAL T1. IMAGEN DE UNA COLUMNA CERVICAL NORMAL	31
FIGURA 14 CORTE SAGITAL DE T2 DE UNA COLUMNA CERVICAL	32
FIGURA 15 ESQUEMA DE DIAMETRO CERVICAL	36
FIGURA 16 VISTA LATERAL DE LA COLUMNA CERVICAL. MEDICION SAGITAL	37
FIGURA 17 RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO POR STANLEY AND COLS	38
FIGURA 18 RESULTADO DEL DIÁMETRO ANTERO POSTERIOR DE VERTEBRAS SUBAXIALES.....	39
FIGURA 19 GRAFICA DEL DIÁMETRO TRANSVERSO DEL CANAL MEDULAR CERVICAL	40
FIGURA 20 DIÁMETRO TRANSVERSAL Y DIÁMETRO LONGITUDINAL.....	41
FIGURA 21 DATOS CLÍNICOS DE LOS PACIENTES GRUPO SOMETIDO A CIRUGÍA.....	42
FIGURA 22 RESULTADOS DE DIÁMETROS DEL CANAL CERVICAL TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL.....	43
FIGURA 23 VERTEBRA C6.....	45

INDICES DE TABLAS Y GRAFICAS

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 MEDICIONES TRANSVERSAESL CON DESVIACIÓN ESTÁNDAR..... 48
TABLA 2 MEDICIONES LONGITUDINALES DE LAS VÉRTEBRAS SUBAXIALES..... 49

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1 COMPARACIÓN DE MEDICIÓN TRANSVERSAL HOMBRES-MUJERES AGUASCALIENTES..... 48
GRAFICA 2. COMPARACIÓN DE LA MEDICIÓN LONGITUDINAL HOMBRES- MUJERES 49
GRAFICA 3 COMPARACIÓN DEL EJE LONGITUDINAL CON EL ESTUDIO DE POR J. H. STANLEY Y DEBOIS.50
GRAFICA 4 COMPARACION DE MEDICIONES CON JAPONESES 50
GRAFICA 5 EL DIÁMETRO TRANSVERSAL COMPARACIÓN CON POBLACIÓN ANGLOSAJONA..... 51
GRAFICA 6. COMPARACIÓN DIAMETRO TRANVERSAL CON POBLACIÓN ASIÁTICA 51

ACRONIMOS

AP: Anteroposterior
C1 : Primer vertebra de columna cervical
C2: Segunda vertebra de columna cervical
C3: Tercera vertebra de columna cervical
C4: Cuarta vertebra de columna cervical
C5: Quinta vertebra de columna cervical
C6: Sexta vertebra de columna cervical
C7: Séptima vertebra de columna cervical
Cm: Centímetros
Cols: Colaboradores
CHMH: Centenario hospital Miguel Hidalgo
dSC-TF: Distancia de los forámenes transversos con el canal cervical
G: Gaus
H: Personas Sanas
I: Señal eco spin
JBJS: The Bone & Joint Journal
mm: Milímetros
mSV: Mili Sievert
PET: Tomografía por emisión de positrones
PTA: Ángulo pedicular transverso
PW: Pedicular With
RF: Radiofrecuencia
RF: Radiofrecuencia
RM: Resonancia magnética
Rx: Rayos x
SCD : Dimensiones de cana sagital
SCI: Spinal Cervical lesion
SFD: Dimensión de foramen transverso
STIR: Short tau inversion recovery
T: Tera
T1: Tiempo de relajación 1
T2: Tiempo de relajación 2
TAC: Tomografía axial computarizada
TC: Tomografía computarizada
TD: diámetro transverso del canal cervical
TE: Tiempo de eco
TFD: Diámetros transversos
TR: Tiempo de repetición
uH: Hounsfield

RESUMEN

Introducción: El estudio morfológico de las vértebras es importante tanto para el adecuado diagnóstico de patologías como para el diseño y adecuada colocación de implantes. Sin embargo, en nuestro país no se ha realizado ningún estudio sobre el diámetro del canal medular cervical. Se espera que en un futuro la cantidad de patologías cervicales aumente al igual que la necesidad de tratamiento quirúrgico, esto gracias al envejecimiento de la población y la asociación patología degenerativa. Por lo que, es necesario contar con todas las herramientas diagnósticas y terapéuticas adecuadas para nuestro medio y población.

Objetivo: Determinar los diámetros promedio del canal cervical en población de Aguascalientes, para posteriormente compararlo con la población anglosajona y asiática.

Diseño: Estudio descriptivo, observacional, retrospectivo y transversal.

Material y métodos: Se analizan tomografías computarizadas de columna cervical de pacientes a los cuales se les realiza estudio por patologías ajenas a la columna de octubre del 2015 a octubre del 2016. 18 a 80 años. Se toman dos mediciones: la primera es de anterior a posterior (AP), la segunda es una perpendicular a la anterior (transversal). Los resultados se compararan con los descritos en la literatura.

Resultados: Se obtienen un total de 53 tomografías cervicales. Se aplican criterios de inclusión y exclusión. Resultando 17 tomografías de pacientes femenino, 18 pacientes masculinos. Para las variables independientes se utiliza la T student. Encontrando que los diámetros del canal cervical subaxial en mujeres es menor ($P < 0.05$) comparado con los hombres. Sin embargo la relación de los diámetros en todo el canal se mantiene, siendo más estrecho a nivel de C5. Haciendo la comparación con los diámetros obtenidos y los presentados en otros estudios (anglosajones y japoneses), los anglosajones tienen diámetros cervicales más amplios que japoneses y mexicanos. Los mexicanos tienen mayores diámetros cervicales que los japoneses.

Conclusión: Los diámetros columna subaxial son significativamente más pequeños en la mujeres estudiadas comparados con los hombres. La población en estudiada tenía menor diámetro de canal cervical que anglosajones. Comparándola con asiáticos los diámetros son ligeramente mayores en la población estudiada.

ABSTRACT

Introduction: The morphological study of vertebrae is important both for the proper diagnosis of pathologies and for the design and proper placement of implants. However, in our country no study has been conducted on the diameter of the cervical spinal canal. It is expected that in the future the number of cervical pathologies will increase as will the need for surgical treatment, thanks to the aging of the population and the association of degenerative pathology. Therefore, it is necessary to have all the diagnostic and therapeutic tools suitable for our environment and population.

Objective: To determine the average diameter of the cervical canal in the population of Aguascalientes, to later compare it with the Anglo-Saxon and Asian population.

Design: Descriptive, observational, retrospective and transversal study.

Material and methods: Computed tomographies of the cervical spine of patients who underwent study for pathologies foreign to the spine are analyzed from October 2015 to October 2016. Ages 18 to 80 years. Two measurements are taken: the first is from anterior to posterior (AP) the second is perpendicular to the anterior (transverse). The results will be compared with those described in the literature.

Results: A total of 53 cervical tomographies are obtained. Inclusion and exclusion criteria are applied. Resulting 17 tomographies of female patients, 18 male patients .. For the independent variables the student T is used. Finding that the diameters of the subaxial cervical canal in women is lower ($P < 0.05$) compared to men. However, the ratio of the diameters in the whole channel is maintained, being narrower at the level of c5. Comparing the diameters obtained and those presented in other studies (Anglo-Saxon and Japanese), the Anglo-Saxons have wider cervical diameters than Japanese and Mexicans.

Conclusion: The cervical diameters in the subaxial column are significantly smaller in the women studied compared to men. The population studied had a smaller cervical canal diameter than Anglo-Saxon. Comparing it with Asians, diameters are slightly higher in the population studied.

1. INTRODUCCIÓN

La medición del canal medular se ha vuelto más exacta gracias a la existencia de nuevas tecnologías de diagnóstico por imagen. Se han realizado gran cantidad de estudios alrededor del mundo sobre las variantes anatómicas de todas la vertebras, encontrando variantes relacionadas con la genética de la población a estudiar, la cual a su vez es influida por otros como la alimentación el clima, etc. En México, en la actualidad no se cuenta con estudios sobre el diámetro del canal cervical. Las mediciones utilizadas para en estudios radiográficos para el diagnóstico y toma de decisiones quirúrgicas se realizan con mediciones de población anglosajona, asiática, etc. Los valores para detectar patologías como canal medular estrecho entre otras, así como su asociación clínica son indispensables para la toma de decisiones quirúrgicas y clínicas. ¹

1.1 Anatomía

La columna cervical es el segmento formado por las primeras vertebras que se encuentran a continuación del cráneo. Se compone de 7 vértebras, C1 a C7. Las cuales se caracterizan por tener un menor tamaño, aumentando progresivamente hasta los segmentos inferiores, esto es en relación a la proporción de peso, que debe sostener la columna.

Por otro lado, los discos intervertebrales son almohadillas que se encuentran entre cada vértebra, los cuales tienen la misma característica en cuanto a tamaño que las vértebras, son más delgados los cervicales que el resto.

La columna cervical tiene la capacidad de mayores ángulos de movimiento, los cuales son flexión, extensión, flexión lateral y rotación, esto debido a la orientación de las facetas articulares y la cantidad de tejido circundante de permiten una gran movilidad.

Las vértebras C3 a C6 son vertebras típicas cervicales. Las vértebras C1 (atlas) y C2 (axis) son atípicas, C7 es diferente por el grande y bífido proceso espinoso.

1.1.1 Vértebras Cervicales

Anatómicamente, C1 (atlas) y C2 (axis) se caracterizan por ser distintas al resto de cuerpos vertebrales que componen la columna, es por esto que se clasifican como atípicas. A continuación, se mencionan las características relevantes de los cuerpos

vertebrales que componen el segmento cervical, C3 y C7 se caracterizan, al igual que las vértebras torácicas y lumbares, por poseer un cuerpo, un arco posterior y siete procesos apofisarios.(FIG.1)

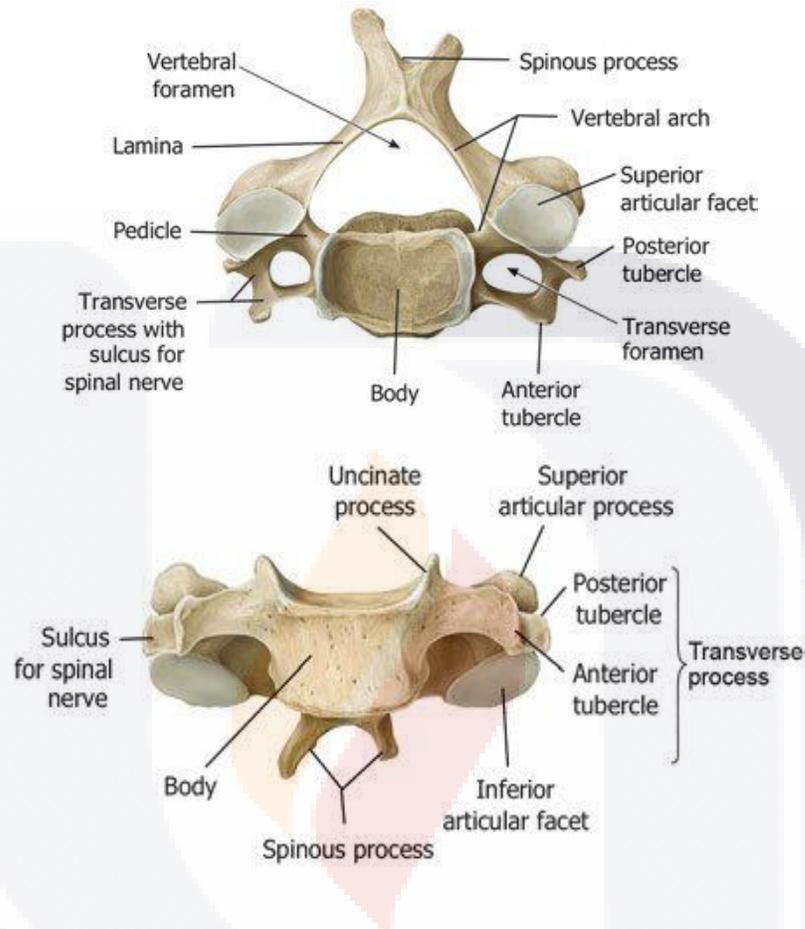


Figura 1. Esquema lateral y anteroposterior de 4ta vértebra cervical.¹

Los cuerpos cervicales se caracterizan por ser pequeños pero amplios, los cuales tienen una superficie superior en forma de silla de montar, debido a que en sus márgenes laterales presentan procesos o apófisis uncinales; y en el margen anterior, se observa una ligera depresión.

Por el otro lado, la superficie inferior se caracteriza por tener proyecciones anteriores mínimas; las cuales se superponen con la cara anterior del disco intervertebral subsecuente, limitando así, el desplazamiento lateral y anteroposterior.

La cara posterior del cuerpo vertebral está compuesta por un arco dorsal, el cual en cada lado presenta un pedículo y una lámina. Dichos pedículos tanto su cara superior como

inferior, forman parte del límite de los forámenes intervertebrales, a través de los cuales los nervios espinales surgen.

Otra característica de las vértebras, son sus siete procesos o apófisis, de los cuales, una es la apófisis espinosa, localizada en la cara posterior del arco dorsal, otros dos son las apófisis transversas, presentes en cada lado del cuerpo vertebral, y los cuatro restantes son procesos articulares, que se superponen con los mismos de las vértebras contiguas.

El espacio formado entre el cuerpo vertebral y el arco dorsal, se llama foramen vertebral, el cual se caracteriza por ser grande y triangular. Cabe mencionar que a este nivel se observa un ensanchamiento de la médula espinal, en relación con la inervación de las extremidades superiores.¹

Las arterias vertebrales se encuentran dentro de los orificios vertebrales o foramen transverso, introduciéndose a partir del 6to foramen. Por lo tanto, el orificio de C7 es de menor calibre al no transcurrir la arteria por este.

Otra variante anatómica, es la presencia de un proceso espinoso bifido de C3 a C6, y siendo más corto de C3 a C5, especialmente en varones de raza blanca. C7 es también llamada vértebra prominente, debido a la mayor longitud del proceso transversal, y es fácilmente palpada, sobre todo a la flexión de cuello.¹⁻³

1.1.2 Ligamentos de la Columna Cervical

Las vértebras están unidas por bandas de tejido conjuntivo fibroso, llamadas ligamentos. Estos se dividen en largos, debido a que se extienden a lo largo de la columna, o pueden ser ligamentos cortos que solo unen entre las vértebras adyacentes.

El ligamento longitudinal anterior se caracteriza por ser un ligamento largo, ancho y fuerte, inicia su trayecto desde hueso occipital y el tubérculo anterior de C1, desciende por la parte antero lateral de los cuerpos vertebrales, adhiriéndose al disco intervertebral y borde superior de cada vértebra, hasta llegar y fijarse al sacro.

Otro ligamento largo, es el ligamento longitudinal posterior, el cual su trayecto es por dentro del canal cervical, siendo una extensión de la membrana tectoria de la base del cráneo. Inicia en C2, desciende de igual manera adhiriéndose a la superficie posterior de cada cuerpo vertebral, hasta llegar y fijarse al sacro.²

El ligamento supraespinoso es una vaina fibrosa que conecta las puntas de todos los procesos espinosos a partir de C7 hasta el sacro. Sin embargo, en la región cervical, se encuentra el ligamento nual, el cual es una estructura diferente, debido a que está compuesta de tejido fibroelástico. Se caracteriza por ser triangular bilaminar, que inicia desde la protuberancia occipital y desde el borde posterior del foramen magno, descendiendo al tubérculo posterior de C1 y a las apófisis espinosas de las vértebras cervicales. Este ligamento sirve como fijación de los músculos, debido a que las apófisis espinosas de C3 a C5 son muy cortas.²

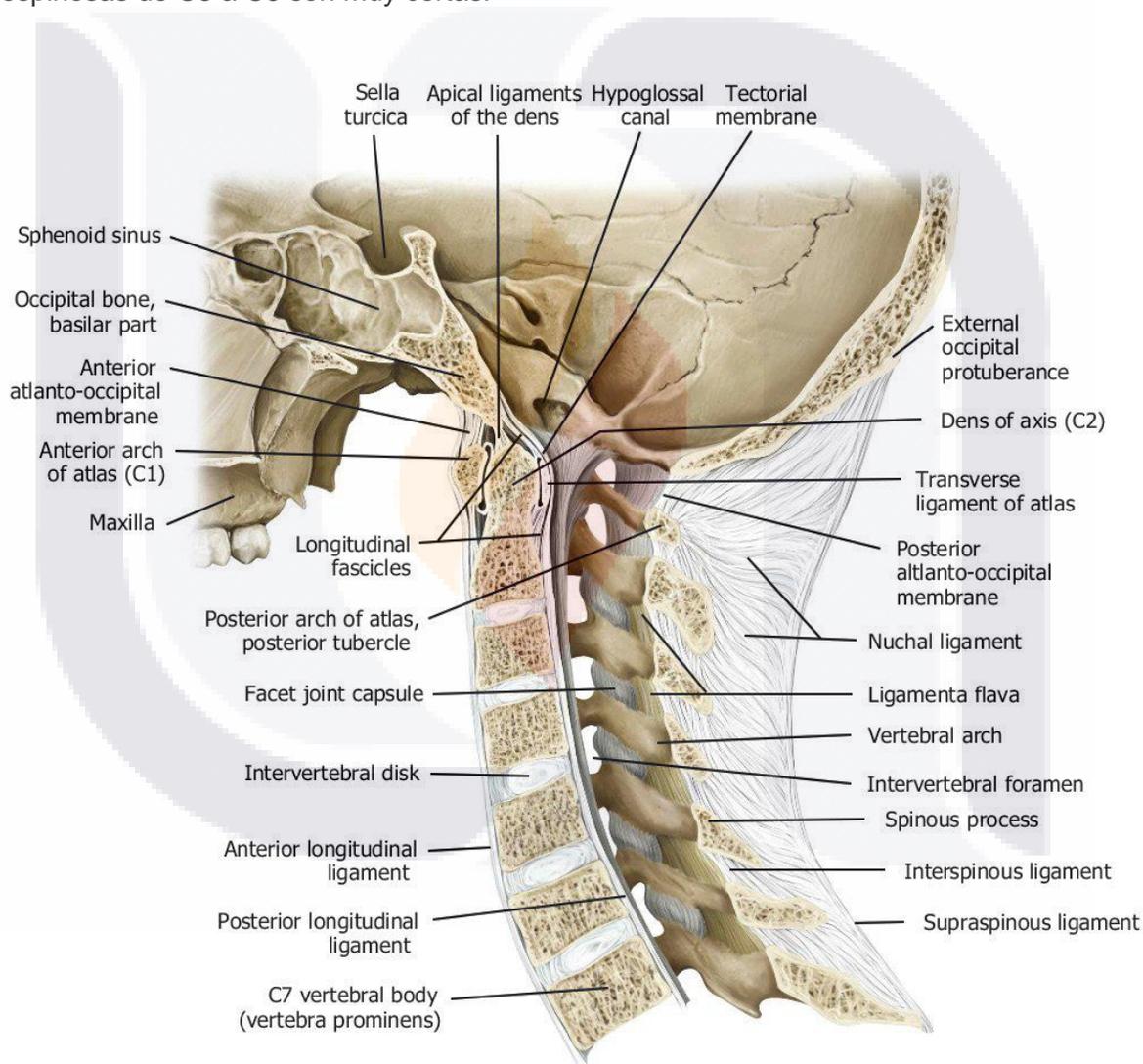


Figura 2. Ligamentos de la columna cervical como se ve en la sección sagital media, vista lateral izquierda.¹

En otra parte, los ligamentos cortos son: los ligamentos interespinosos, los cuales unen las láminas adyacentes, el ligamento intertransverso ,que unen las apófisis transversas, siendo en la región cervical inconstantes y ocasionalmente reemplazados por músculos. Y el ligamento flava o amarillo, los cuales son bandas amarillentas cortas que conectan las láminas, y contribuyen a la estabilidad de la pared posterior del conducto cervical, y a limitar la flexión abrupta. ²

1.1.3 Músculos

Los músculos de la región posterior tanto a nivel cervical, como a lo largo de toda la columna, tienen mayor masa, en comparación al pre vertebral, a causa de que sostienen todo el peso corporal; el cual se encuentra en mayor medida en la parte anterior de la columna. Estos músculos se encuentran organizados en capas: superficial, intermedia y profunda. De los cuales, solamente los profundos son considerados propios de la columna, y el resto se considera como parte de los músculos espalda.

Los músculos extrínsecos superficiales, que actúan sobre la palanca del pectoral y de la articulación del hombro, se componen por el músculo trapecio, m. elevador de la escapula, m. dorsal latísimo y m. romboides.

El serrato posterior que también contribuye a la respiración. De todos los músculos extrínsecos solamente el trapecio y el elevador de la escapula se encuentran en la región cervical. ¹

Los músculos intrínsecos de la espalda también se encuentran en diferentes capas; superficial, intermedia y profunda. La capa superficial se encuentra solamente en región cervical y torácica, la cual consiste en el splenius capitis y splenius cervicis. Esta capa delgada de músculos se originan de la parte media posterior. (Ligamento nuchal y apófisis espinosas) y se extiende supero lateralmente al proceso transversal de C1 a C3 (o C4) y el hueso occipital y proceso mastoideo. Cuando los músculos de derecha e izquierda actúan juntos extienden la cabeza y el cuello. Cuando actúan por su solos, rotan la cabeza al lado ipsilateral, razón por la cual se sinergizan con el musculo esternocleidomastoideo.²

El erector de la columna forma parte de la capa intermedia. Es un músculo complejo que descansa sobre cada lado de la columna, se divide en tres columnas. Que es de

medial a lateral ileocostal, *longissimus* y espinal. Cada columna es posteriormente dividida en base a sus inserciones superiores.¹

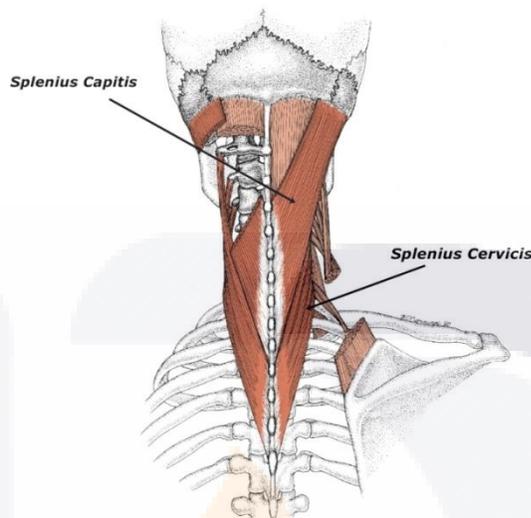


Figura 3 Músculos *splenius capitis* y *splenius cervicis*.¹

El músculo erector de la espinilla es el principal extensor tanto de cabeza como de columna. Si actúa unilateralmente desvía la columna lateralmente, el *longissimus capitis* gira la cabeza de manera ipsilateral.²

Los músculos profundos de la espalda son el grupo de los transversos espinales. Se encuentran más profundos que el erector de la columna y se dividen en semiespinales, multifidos y el grupo de los rotadores, que se clasifican de acuerdo al nivel en donde se insertan. Corren de las apófisis transversas a los procesos espinosos de vertebras superior, por eso el nombre de tranversoespinales.^{1,2}

Los semiespinales unen 4 o más vertebras. Los multifidos 2 a 4 vertebras. Los rotadores unen dos vértebras. En la región cervical, el semiespinal está bien desarrollado. El semiespinal capital se une a la región occipital y se ve como un bulto longitudinal en el cuello al lado de la línea media. Se extienden de la cabeza a las vértebras, cuando actúan unilateralmente rotan la cabeza hacia el lado contralateral. El músculo multifido es importante para la estabilización segmentaria durante los movimientos de la espina. Los músculos rotadores no están bien desarrollados en la región cervical.⁽³⁾

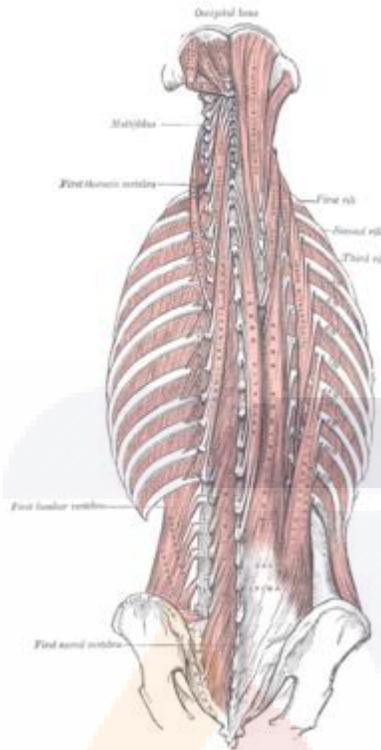


Figura 4. Músculo erector de la columna. ¹

Profundo a los músculos transversoespinales se encuentra un 4to grupo de músculos pequeños llamados intertransversos e interespinosos. Como su nombre los dice conecta la espinosa con la transversa adyacente. Al igual que el multífido son músculos encargados de las estabilización segmentaria. Los interespinales y los intertransversos están mejor desarrollados en la región cervical. Los intertransversos se unen a los tubérculos de las apófisis anterior y posterior respectivamente. Como consecuencia el ramo ventral de los nervios espinales pasan anterior y posterior al intertransverso. Profundo al semiespinal capitis, en la parte superior del cuello, los músculos suboccipitales son encontrados. Conectan el hueso occipital con las vértebras c1 y c2. También ocupan la región occipital. ¹⁻³

1.1.4 Circulación de las Vértebras Cervicales

La diferencia entre vértebras cervicales y torácicas, las arterias segmentarias no son persistentes en la región cervical. A estas les llegan ramas espinales de las arterias longitudinales y forman anastomosis entre las segmentarias. Llamadas arterias vertebrales, cervicales profundas y arterias ascendentes. La arteria vertebral emana de la

arteria subclavia . La arteria profunda se origina del tronco costo cervical. La arteria ascendente es una rama de la arteria tiroidea inferior. Y asciende sobre los tubérculos anteriores de los procesos transversos.

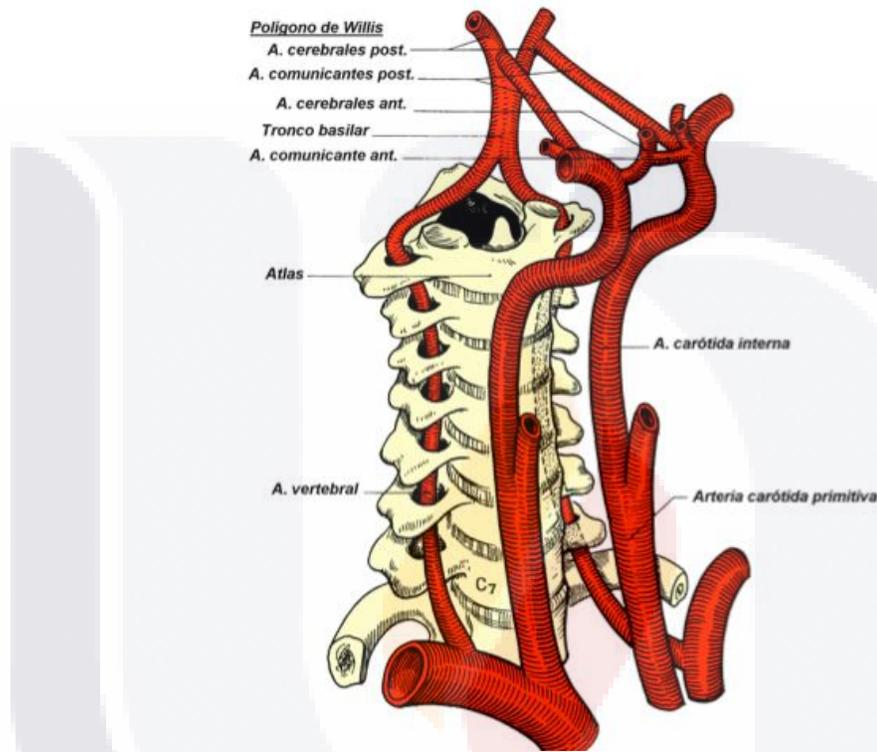


Figura 5 Circulación Arterial Vertebral⁽¹⁾

Las venas espinales forman el plexo venoso a lo largo de toda la columna. Este plexo se encuentra a ambos lados y adentro del canal cervical, tiene abundantes arteriolas. Se convierte posteriormente en el plexo venoso anterior y posterior externo. El plexo venoso interno ocupa el espacio epidural. Este se anastomosa libremente con otro y drena a las venas segmentarias torácicas y lumbares, además de otras vertebrae de la columna cervical.¹⁻³

1.1.4 Anatomía Funcional de Columna Subaxial

Desde C2 hacia abajo, la articulación vertebral es por medios de las zigapofisarias y los discos intervertebrales. A nivel de C3 y C7 también se presenta una articulación uncovertebral.

Las articulaciones facetarias son articulaciones sinoviales planas entre los procesos articulares inferior y superior de las vértebras adyacentes. En la región cervical, las superficies articulares son oblicuas de tal forma que van del supero anterior al anteroposterior. Por lo tanto, la faceta inferior se dirige infero anteriormente y la faceta superior se dirige hacia el supero posterior. Las articulaciones facetarias cervicales permiten la flexión y la extensión libre. También permiten la flexión lateral y la rotación, que siempre están acopladas debido a las superficies oblicuas de la articulación. Las cápsulas articulares son delgadas y sueltas, lo que permite un amplio rango de movimiento. Los discos intervertebrales cervicales son gruesos en comparación con la altura de los cuerpos vertebrales. Son más gruesos anteriormente, lo que contribuye a la lordosis cervical. Consisten en un núcleo pulposo bien desarrollado y un *anulus fibrosus*. Este último es sorprendentemente diferente de sus compañeros en otras regiones. Se ha demostrado que el anulus cervical adulto generalmente está incompleto posteriormente. En lugar de la laminilla concéntrica, forma una masa asciende anterior al núcleo, disminuyendo lateralmente hacia los procesos uncinados. Posteriormente, consiste en una capa delgada de fibras orientadas verticalmente. La deficiencia se ve reforzada por el ligamento longitudinal posterior.⁽¹⁾

Por lo general, después de los 10 años de edad se desarrollan en las partes laterales de los discos intervertebrales. Estas estructuras dan lugar a las denominadas articulaciones o hendiduras descubiertas (de Luschka) entre los procesos uncinados de las vértebras C3 a C7 y las correspondientes superficies infero laterales de los cuerpos vertebrales superiores a ellos. Estas articulaciones son exclusivas de la columna cervical. Así las articulaciones se desarrollan primero en los tres discos superiores y posteriormente en los dos discos restantes. Las superficies de la articulación están cubiertas con cartílago, y lateralmente las articulaciones están limitadas por el tejido conjuntivo, que se considera una pseudocápsula. Las articulaciones uncovertebrales se desarrollan a partir de articulaciones rudimentarias en articulaciones maduras, que contribuyen a la movilidad y la estabilidad y pueden degenerar con la edad.¹⁻³

Los músculos de la región posterior ya se describieron anteriormente. Sin embargo no se han descrito los músculos de la región lateral y anterior.

Los músculos vertebrales anteriores son el *recto capitis anterior*, el *longus capitis* y el *longus colli*. El *longus capitis* se extiende desde la parte basilar del hueso occipital hasta los procesos transversales de C3 a C6. Las varias partes del *longus colli* corren entre los cuerpos y los procesos transversales de C1 a C6 y de C3 a T1. *Longus colli* y *longus capitis* están inmediatamente detrás de la capa pre vertebral de la fascia cervical profunda. Se extienden por la cabeza y el cuello y son irrigados por ramas de los nervios espinales cervicales.

Los músculos vertebrales laterales son el *recto capitis lateral* (vistas anteriormente), el elevador de la escápula y el escaleno anterior, medio y posterior. El elevador de la escápula surge de los procesos transversales de C1 a C4 y se extiende hasta la parte superior del borde medial de la escápula. Actúa sobre la escápula. Si el hombro está fijo, ayuda a la flexión lateral de la columna cervical. El músculo es inervado por el nervio escapular dorsal y ramas adicionales del plexo cervical. Los músculos escalenos tienen su origen en los procesos transversales C3 a C6, el escaleno medio en C3 a C7, y el escaleno posterior en C4 a C6, corren a la primera costilla (escaleno anterior y escaleno mediano) o la segunda costilla (escaleno posterior). Los músculos escalenos pueden actuar sobre la columna cervical (flexión lateral, ambos músculos escalenos anteriores trabajan juntos) o las costillas (elevación durante la inspiración forzada). Los músculos escalenos son inervados por ramas cortas de los nervios espinales cervicales.¹⁻³

Las vértebras C3 a C7 tienen una morfología y estructuras ligamentosas estabilizadoras similares y discurren juntas como las típicas vértebras cervicales. Hay tres estructuras anatómicas principales que contribuyen a la estabilización de las vértebras en la columna cervical subaxial: el proceso unciforme, las articulaciones facetarias y el refuerzo ligamentoso circunferencial de ligamento longitudinal anterior y ligamento longitudinal posterior. El proceso uncinado, que es una proyección ósea en el aspecto dorso lateral-superior de cada cuerpo vertebral, se articula con el aspecto inferior del cuerpo vertebral craneal. Uno pudiera pensar que estuvieran organizados de una manera apilada. Agrega estabilidad al limitar la flexión de la columna.

Las articulaciones facetarias en la columna cervical subaxial están orientadas 45 grados por debajo de la horizontal en el plano sagital. Esta orientación permite la flexión y la extensión de la columna cervical subaxial, que genera el 50% de la flexión-extensión

cervical. Las facetas también resisten principalmente las fuerzas axiales de compresión, que absorben típicamente del 20 al 30% de las cargas compresivas al mismo tiempo que proporcionan resistencia a las fuerzas de hiperflexión y cortante.¹⁻³

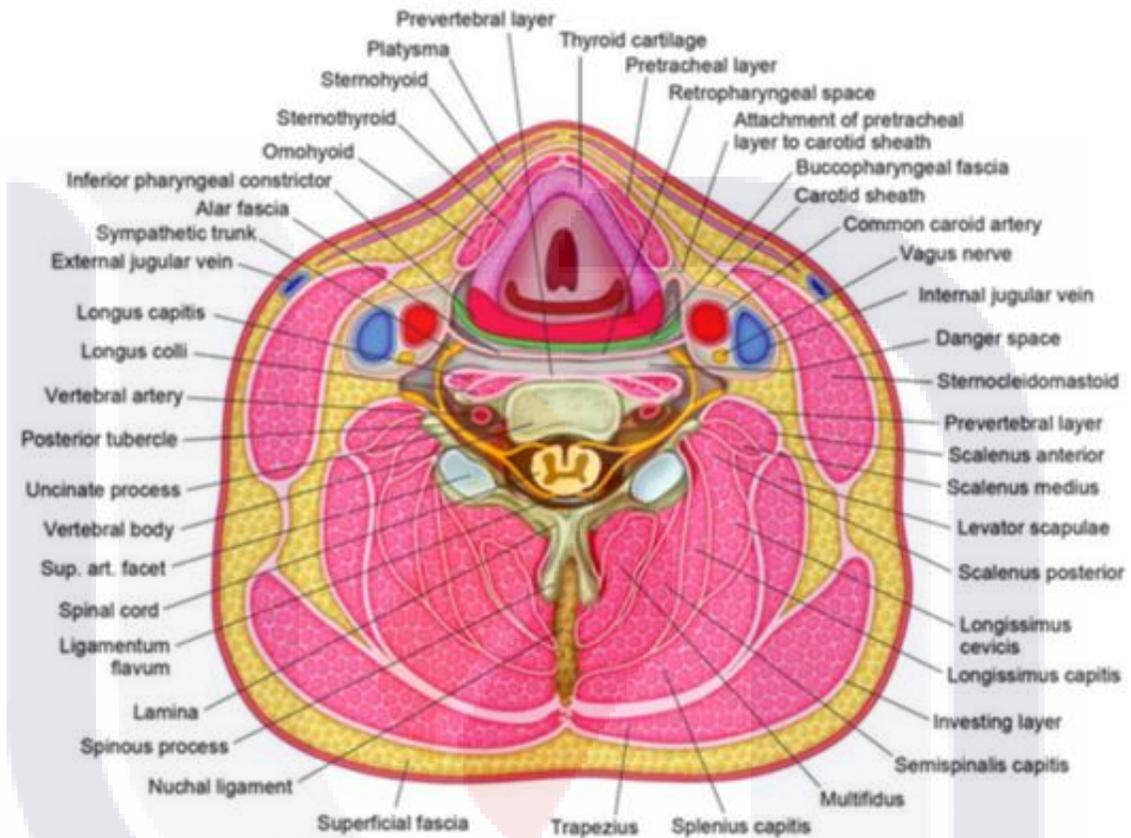


Figura 6 La sección transversal del cuello a nivel de la vértebra C5. La fascia cervical profunda tiene capas de inversión, pre traqueales y pre vertebrales, también forma la vaina carotídea. Su disposición da como resultado compartimentos musculares, neurovasculares y viscerales. En un abordaje anterior, se puede alcanzar la columna cervical entre los compartimentos viscerales y neurovascular.¹

1.2 ESTUDIO IMAGENOLÓGICO DE LA COLUMNA

La inaccesibilidad de la médula espinal obstaculiza significativamente la investigación no invasiva de la función de la médula humana así como los efectos de la lesión o enfermedad de la misma.

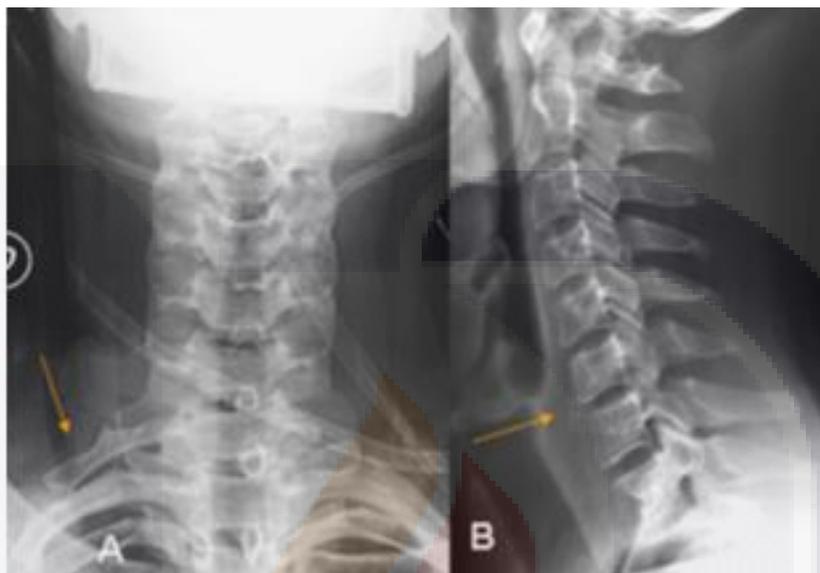
En el apartado a continuación se hablará de los estudios de imagen más utilizados diagnóstico terapéutico en la columna cervical. Para poder abordar adecuadamente el estudio de canal cervical subsecuentemente.⁴

1.2.1 Radiografía Simple.

La radiografía simple sigue siendo una de las técnicas más usadas en su estudio, aunque la introducción de nuevas tecnologías, la tomografía computarizada y la resonancia magnética, modificaron sus indicaciones en la práctica diaria. Desde hace tiempo y comparando varios estudios, se ha establecido que la radiografía simple en ausencia de traumatismo tiene un valor limitado. En cuanto un paciente presente síntomas o signos de alarma (Ej. Déficit neurológico, tumor, etc.) Se debe de solicitar un estudio más sofisticado, tomografía o resonancia magnética. Una precaución en el uso de la radiografía simple es considerar, en el caso de columna a nivel cervical es de aproximadamente 0,2 mSv lo que equivale a la radiación que recibe el cuerpo durante un mes. Esto es de vital importancia en los pacientes pediátricos. En cuanto al contexto clínico es importante señalar que la variedad de síntomas que presentan pueden diferir bastante de los hallazgos radiológicos. El ejemplo clásico es un paciente joven al que se toma un estudio radiográfico y que presenta sintomatología marcada con radiculopatía sin embargo en la radiografía no se encuentra ninguna lesión estructural que justifique los síntomas. Por el contrario se puede presentar un paciente de la tercera edad con múltiples datos de patología crónica degenerativa el cual no presenta ninguna sintomatología, por lo tanto los estudios radiológicos se debe de evaluar desde un contexto clínico.^{4,5}

Mediante el estudio radiográfico se puede diagnosticar patologías congénitas, traumáticas, degenerativas e incluso se pueden usar en caso de sospecha de canal cervical estrecho aunque no con mucha exactitud cómo se describirá más adelante. En cuanto la patología congénita es más frecuente encontrarla en región torácica y lumbar. Alteraciones en la segmentación y formación de vértebras. Vértebras en cuña, hemivértebras, bloques congénitos. También defectos mixtos. Se puede encontrar vértebras de transición en la región cervicodorsal. La más frecuente es la presencia de costilla a nivel de C7. Puede provocar síntomas de naturaleza mecánica al comprimir el

paquete vasculonervioso a la altura de los escalenos. La anomalía de transición menos frecuente es la elongación del tubérculo anterior de las apófisis transversas cervicales, generalmente afecta C5-C6 y se puede asociar con bloques vertebrales, causando síntomas de naturaleza mecánica. (Figura.8) ⁴



*Figura 7A) Costilla cervical derecha (flecha) . B) Elongación del tubérculo anterior de C6 –C7 articulados entre sí (flecha)*⁴

Patología Traumática

La radiografía sigue siendo la primera técnica utilizada en el diagnóstico de fracturas vertebrales. Su capacidad diagnóstica es superior en las fracturas traumáticas que en las fracturas por insuficiencia o secundarias a osteoporosis, y patológicas, secundarias a afectación tumoral. ⁶

El estudio de columna cervical y de cualquier otra región de la columna se debe de incluir al menos una proyección lateral, anteroposterior y de odontoides. Se considera muy importante la visualización de las 7 vértebras cervicales. En la proyección lateral, algo que puede no conseguirse siempre, en cuyo caso hay que recurrir a la TC. En la placa lateral de columna cervical existen 5 líneas que debemos observar para descartar la existencia de fractura de la columna. (FIG 8) ⁶

De delante hacia atrás, serían las correspondientes a las partes blandas pre vertebrales la vertebral anterior, la vertebral posterior, la espino laminar y la interespinosa. De ellas, la disrupción de la vertebral posterior es la que puede tener mayores implicaciones clínicas

por su relación con la médula espinal. Cuando en radiografía se detecta una fractura, son muchos los autores que sugieren completar el estudio con TC para una mejor definición de la anatomía. En la columna cervical, estudios previos han demostrado que la radiografía simple puede no diagnosticar hasta un 40% de las fracturas presentes. Por eso algunos autores han recomendado el uso de la TC como técnica inicial de diagnóstico. Cuando la clínica es sugerente de fractura y la radiografía convencional no es diagnóstica, también se puede recurrir a la TC multicorte. Un estudio prospectivo encontró una sensibilidad de la TC del 99% en la detección de fracturas frente a un 87% de la radiografía simple.⁷⁻¹¹

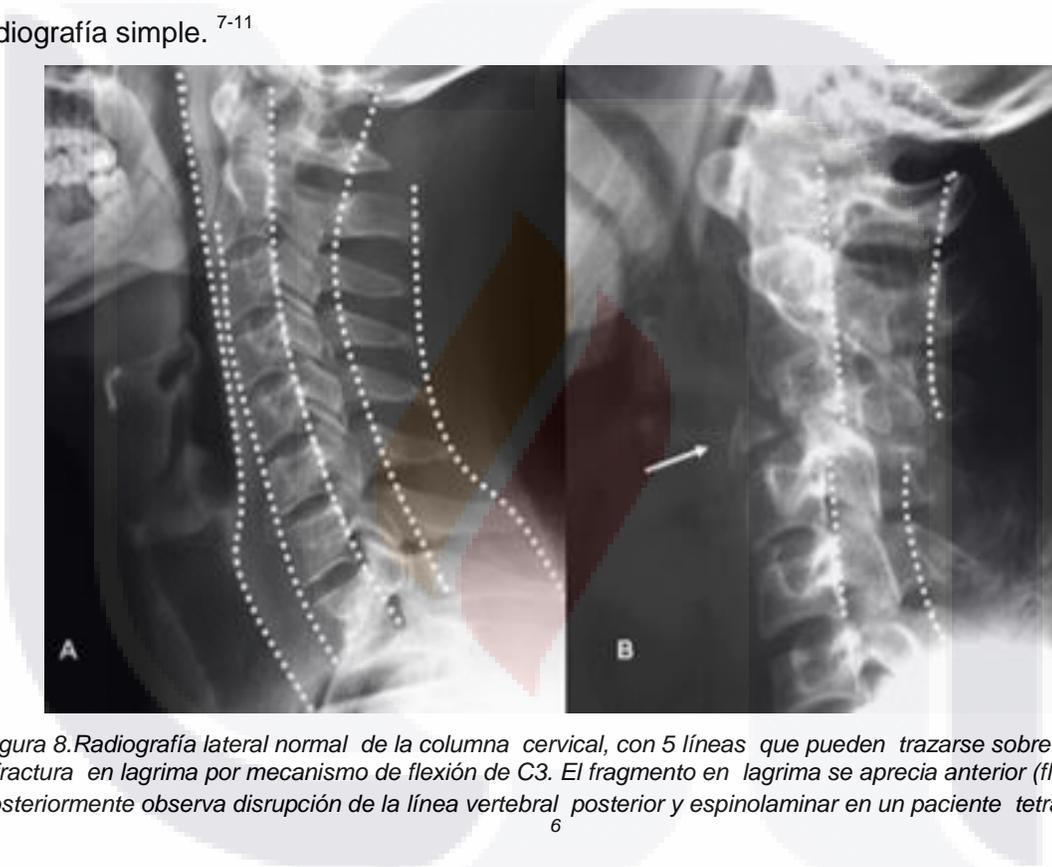


Figura 8. Radiografía lateral normal de la columna cervical, con 5 líneas que pueden trazarse sobre ella. B) fractura en lagrima por mecanismo de flexión de C3. El fragmento en lagrima se aprecia anterior (flecha). Posteriormente observa disrupción de la línea vertebral posterior y espinolaminar en un paciente tetrapléjico.
6

La presencia de lesión neurológica, sobre todo en el nivel dorsal, es indicación de RM, por su mayor sensibilidad para la detección de las lesiones de las partes blandas: médula espinal, ligamentos y músculos. Es importante dilucidar si la fractura es estable o inestable. La afectación de los elementos posteriores de la vértebra es un factor importante en la génesis de la inestabilidad.

En cuanto a las fracturas por insuficiencia o patológicas, la RM es más sensible y específica en su diferenciación. Sin embargo, la radiografía convencional nos puede

orientar en su diagnóstico. La fractura vertebral osteoporótica suele adquirir 2 formas, fundamentalmente, en cuña y bicóncava (en vértebra de pez o diábolo), mientras que la fractura patológica de causa tumoral suele demostrar cambios predominantemente osteolíticos. La presencia de colecciones aéreas dentro del cuerpo vertebral se considera un signo de necrosis vertebral (enfermedad de Kummel) y es un hallazgo sugerente de fractura osteoporótica benigna. Los cambios morfológicos que permiten el diagnóstico de fractura osteoporótica pueden requerir un tiempo para su desarrollo. Por eso, la ausencia de fractura en la radiografía simple en un paciente osteoporótico no excluye su presencia, ante la persistencia de síntomas, se debe completar el estudio con RM.

La RM es capaz de detectar fracturas sin deformidad vertebral, tiene mayor capacidad discriminativa entre fracturas benignas y malignas, permite valorar factores como el grado de edema, la deformidad vertebral o el grado de repercusión sobre el espacio del canal espinal, datos útiles para plantear el tipo de tratamiento: medico, percutáneo o quirúrgico.



Figura 9 Osteocondrosis discal cervical (flecha) y artrosis facetaria (flechas posteriores). B) Espondilosis deformante (flecha).⁶

La presencia de signo de disco vacío discal se produce por la presencia de aire dentro de los desgarros discales. Cuando estos desgarros están llenos de líquido no son visibles en la radiografía.⁷

Estenosis de Canal.

Clásicamente se ha dividido en congénita y adquirida. Sin embargo, incluso en las formas más severas pueden no producir síntomas. La estenosis adquirida del canal suele ser asintomática. Pueden afectar el canal central y/o lateral. En este último caso puede afectar a la entrada del canal o receso lateral o, más frecuente a la salida del foramen. La radiografía muestra las causas óseas. Se requieren otros estudios para la evaluación de los tejidos blandos. La retrolistesis se entiende el desplazamiento posterior de la vértebra superior sobre la inferior. Se han realizado Torg y colaboradores describieron una técnica para realizar medición de canal cervical mediante radiografía simple de la columna cervical. En un apartado adelante se hablará más acerca del uso de la radiografía para el diagnóstico de esta patología.^{4, 12,13, 15,16}

1.2.2 Tomografía Axial Computarizada

La tomografía axial computarizada (TAC) fue diseñada y puesta en funcionamiento por el ingeniero británico Hounsfield. Desde su presentación, en 1972, esta técnica se ha convertido en un método insustituible para el estudio de múltiples procesos patológicos, y prueba de ello fue la concesión del premio Nobel a su descubridor (1979). En esencia un tomógrafo computarizado (TC) es un aparato de rayos X (Rx) en el cual la placa radiográfica ha sido sustituida por detectores. El tubo de Rx emite un haz colimado que atraviesa al paciente. De dicho tubo emerge el haz atenuado remanente, que es recibido por el detector mientras el sistema efectúa un movimiento circular. La información recogida en los detectores es analizada por un ordenador, que reconstruye la imagen (digital) y la muestra en un monitor.¹⁷

Los elementos fundamentales del equipo de TC son:

- El tubo de Rx.
- El sistema de detectores.
- El ordenador o sistema informático.

El conjunto de tubos y detectores, situados en posiciones opuestas entre sí, se encuentra

dentro de una carcasa circular cuyo centro es hueco, denominada *gantry*. Los cortes de la TAC están orientados perpendicularmente al eje corporal, y se denominan cortes axiales o transversales. Cada uno de estos cortes tomográficos es como una “rebanada” más o menos delgada, compuesta de un número determinado de elementos volumétricos. En el monitor se representan imágenes bidimensionales (píxeles) de estos elementos de volumen (voxels). Es decir, cada píxel es la representación de un volumen tridimensional. La tecnología en el diseño de los equipos de TC ha evolucionado rápidamente desde sus comienzos. Las innovaciones introducidas han conseguido acortar el tiempo de exploración y mejorar la calidad de la imagen. En la TAC convencional se adquieren secuencialmente una serie de imágenes, separadas por espacios iguales, a través de una región específica. Tras cada corte hay una breve pausa, que permite el avance de la mesa hasta la siguiente posición preestablecida.¹⁷

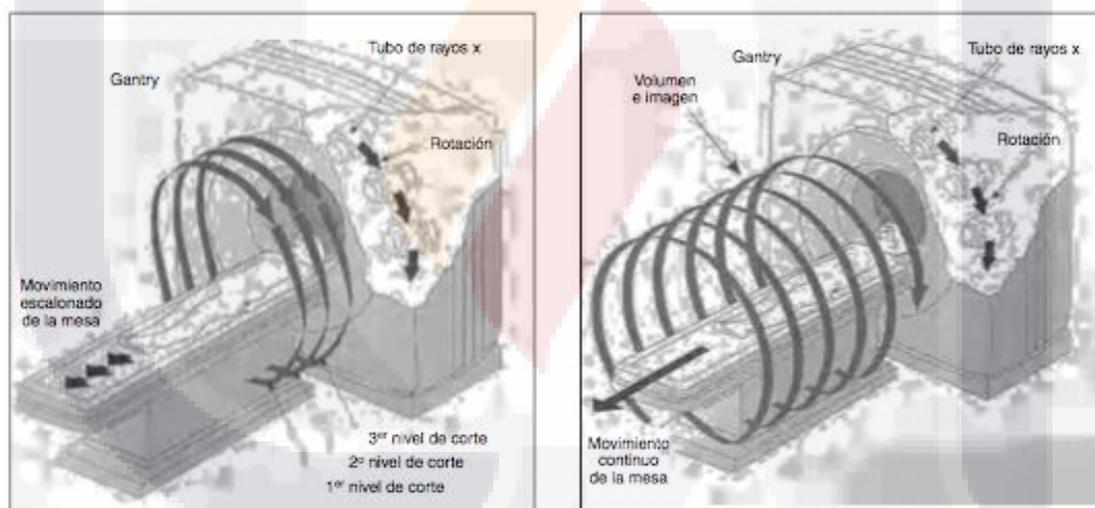


Figura 10. Tomografía axial computarizada convencional y tomografía axial computarizada helicoidal.¹⁷

Para la medición de diferentes densidades, representación de los grados de atenuación del haz de radiación al atravesar las diferentes estructuras, se emplean las unidades Hounsfield (uH), en honor al descubridor de la TC. A estas unidades se les asigna un valor arbitrario, siendo 0 la densidad del agua. La grasa posee valores negativos (en torno a -70 o -90 uH) y los tejidos blandos valores positivos ($+30$, $+70$ uH). En los extremos de la escala se sitúan la densidad de hueso ($+500$ uH) y del aire (-1.000 uH).¹⁷

En el monitor se pueden representar como máximo 256 tonos de gris, mientras que el ojo humano sólo es capaz de discriminar aproximadamente 20 tonos. Se denomina “ventana” al conjunto de valores de atenuación que se muestra en la pantalla del monitor. El nivel de densidad medio o “centro de la ventana” se debe situar lo más cerca posible del nivel de densidad del tejido que se desea examinar. Por ejemplo, el pulmón, por su elevado contenido en aire, se estudiará mejor ajustando la ventana en un nivel bajo de uH, mientras que el hueso requiere un ajuste en niveles altos. La *anchura* de ventana (gama de valores de atenuación o números CT representados) influye sobre el contraste de las imágenes: cuanto más estrecha sea, mayor será el contraste. Los niveles de densidad de la práctica totalidad de los órganos de tejido blando se sitúan en un estrecho rango entre 10 y 90 uH. Este solapamiento entre densidades hace que no podamos deducir ante qué tejido o sustancia estamos basándonos sólo en su nivel de densidad.¹⁷

Los valores de densidad estándar también fluctúan entre distintos individuos, y dependiendo de la presencia y la cantidad de medio de contraste en la sangre circulante y/o en las vísceras.¹⁷

La ventana de partes blandas se centra en 50 uH con una anchura de más o menos 350 uH. Si se va a examinar el parénquima pulmonar, el centro de la ventana deberá ser más bajo, aproximadamente -500 uH, y la anchura mayor (1500-2000 uH). La ventana de cerebro debe ser muy estrecha (80-100 uH) y el centro debe situarse próximo a la densidad media del tejido cerebral (35 uH). La ventana de hueso deberá tener un centro mucho más alto, sobre +300 uH y una anchura de más o menos 1500 uH.¹⁷

El grosor de la imagen se determina de forma previa a la adquisición del estudio. En exploraciones torácicas o abdominales se escoge generalmente 8-10 mm, y 2-5 mm para estudios de columna, de cráneo, órbitas, dependiendo del aparato y de la patología a estudiar. Por ello una estructura puede estar incluida en todo el grosor de un corte o sólo en una parte de él. El valor de la escala de grises de un voxel depende de la atenuación media de todas las estructuras que están dentro de él. Los efectos de volumen parcial aparecen cuando las estructuras no ocupan todo el grosor del corte, produciéndose una mala definición de la anatomía. Esto ocurre igualmente si un órgano disminuye de tamaño dentro de un corte.¹⁷

La TC aporta una gran resolución espacial de la anatomía y está indicada fundamentalmente para el estudio de las lesiones óseas. Es muy superior para la detección de lesiones óseas comparado con la RM. Incluso el uso de técnicas invasivas puede mejorar la especificidad diagnóstica y terapéutica, como es el caso de mielograma, el cual es superior para la detección de estenosis foraminal.¹⁸

El estudio con TC de la columna debe comprender un barrido continuo helicoidal del rango de interés. Este rango viene determinado por criterios clínicos o por la presencia de una lesión conocida detectada en otras técnicas de imagen. Los cortes submilimétricos permiten obtener imágenes isotrópicas, aunque si el rango de estudio es extenso, grosores de reconstrucción entre 1 y 3 mm pueden ser admisibles. La mayor desventaja de la TC es la dosis de radiación, muy superior a la de la radiografía simple, que puede oscilar, dependiendo de la instrumentación y los parámetros técnicos, entre 13 y 26 mSv de dosis efectiva. El uso de TC de baja dosis con niveles de radiación en torno a 1 mSv no está universalmente extendido.¹⁸

Problemas específicos suceden con las imágenes tomográficas en la columna cervical. Está relacionado con el tiempo que se tarda en realizar el corte delgados (1.5 a 3 mm). El volumen y los cambios en la configuración espinal por la presencia de segmentos de movimiento adyacente. Lo que produce estrías y artefactos en la imagen por el hueso denso que se encuentra en la cintura del hombro.

Los cambios degenerativos vertebrales son la causa más frecuente de la estenosis de canal. La presencia de un canal congénitamente estrecho favorece el desarrollo precoz de síntomas secundarios a degeneración discal y facetaria. Aunque la resonancia aporta una mejor información para la mayoría de los casos de estenosis, TC es mejor para valorar el componente óseo de la estenosis. (30). En la columna cervical el valor mínimo de diámetro sagital entre C3 y C7 se ha estimado en 12mm. Por debajo de este valor las probabilidades de desarrollar una estenosis del canal degenerativa se incrementan¹⁹

En el foramen la principal causa de la estenosis es la uncitrrosis, como se mencionó al inicio del trabajo las articulaciones unciformes se encuentran desde de C2–C3 hasta C6–C7. Se hipertrofian como consecuencia de la sobrecarga mecánica generada por el pinzamiento discal, cuando los osteofitos se dirigen hacia el foramen pueden provocar estenosis con radiculopatía.²⁰⁻²²

El tamaño de la estenosis es un factor predisponente reportado como una herramienta diagnóstica en los pacientes con mielopatía, que cuentan con estenosis degenerativa. ⁽²²⁾

En el pasado, se hicieron esfuerzos por medir el diámetro del canal cervical en pacientes con enfermedad degenerativa. ²³

En estudio realizado por Evangelopoulos y cols. Mediante la evaluación de 100 pacientes griegos mediante tomografía. Hicieron un estudio morfogénico retrospectivo, en donde midieron las dimensiones del canal sagital (SCD), el foramen transversal derecho e izquierdo (SFD) y los diámetros transversales (TFD) y la distancia de los forámenes transversales con el canal cervical (dSC-TF) de cada nivel de la columna cervical (C1-C7). Encontrando una gran variación en las mediciones sagitales de C1 en comparación con los otros niveles, en cuanto a la medición de los diámetros de los forámenes transversales se encuentran importantes diferencias en C3 y C4. Así como también una diferencia significativa en la distancia entre los forámenes y el canal espinal del lado derecho e izquierdo a nivel C3. Estas diferencias se encuentran tanto en hombres como en mujeres. Concluyen que la tomografía reemplaza los estudios radiográficos dando mediciones más precisas que pueden ayudar tanto en el diagnóstico como en la planeación pre quirúrgica evitando así el daño a arterias vertebrales durante la disección y aplicación de instrumentos. ²⁴

La tomografía también se puede usar para la detección de algunos problemas de tejidos blandos incluso puede ser indicación en algunos casos especiales en los que se contraindica la resonancia magnética, como los clips intracraneales, marcapasos o desfibriladores cardíacos implantables. Algunos autores creen que la TAC es un estudio complementario a la resonancia magnética en mielopatía degenerativa. ²⁴

En un estudio de revisión realizado por Feras y colaboradores en donde tiene como objetivo evaluar si el mielograma por TAC de manera pre quirúrgica tiene un valor de correlación o predice el resultado funcional postquirúrgico. Se incluyeron un total de 5 estudios con un total de 402 pacientes. Todos eran estudios retrospectivos de cohorte. Las características del mielograma por TC incluyen el área transversal al nivel de máxima compresión, el estrechamiento del canal sagital, el radio de estrechamiento y diámetro del canal.



Figura 11. Diámetro de canal sagital (SCD), que se mide en imágenes sagitales de C1 a C2 a mitad de la vértebra.²⁴

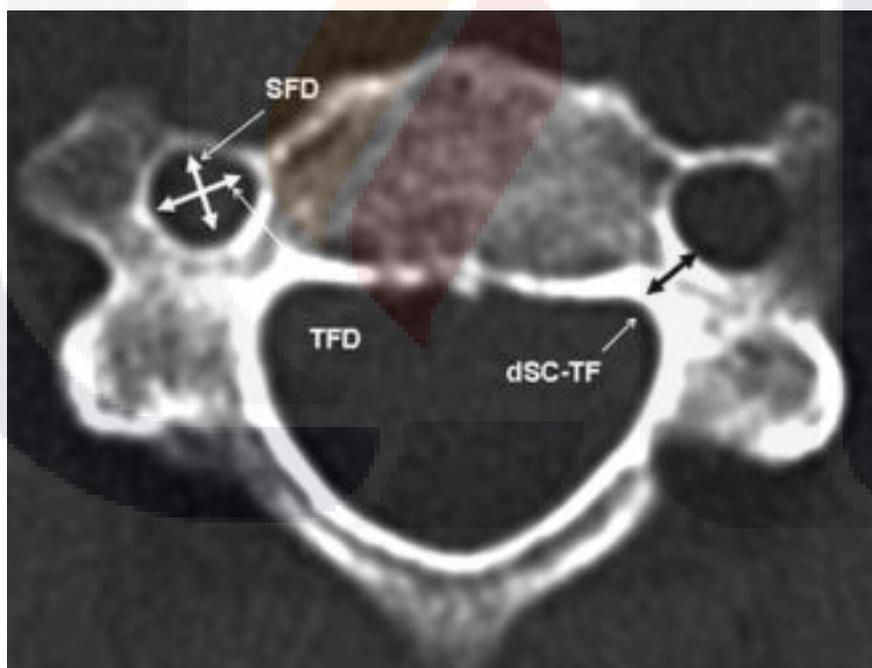


Figura 12 Forámenes sagitales transversos (SFD) y transversos (TFD), así como la distancia del foramen transverso con el canal espinal (dSC-TF) que son medidos en los cortes axiales. De C1 a C7.²⁴

Existe poca evidencia que sugiere que los pacientes con una área transversa > de 30 cm² al nivel de máxima compresión tienen mejor pronóstico en la recuperación postoperatoria. No hubo estudios que se correlacionaran entre los parámetros del mielograma y la severidad de la mielopatía degenerativa. En conclusión los pacientes con mayor área transversa a nivel de la máxima compresión en el preoperatorio tienen mejor pronóstico en cuanto a la mejora neurológica en el postquirúrgico. Sin embargo no hay suficiente evidencia que los parámetros en el mielograma tengan factores predictivos en el resultado postoperatorio.²⁵

1.2.3 RESONANCIA MAGNÉTICA

La RM es una modalidad de imagen no invasiva que proporciona un excelente contraste de tejidos blandos para las estructuras normales y patológicas de los tejidos como el cartílago, los músculos, el cerebro y la médula espinal, así como la grasa y los fluidos corporales. Las modalidades de imagen médica a menudo producen contrastes de imagen que están relacionados con la diferente absorción y reflexión de las ondas en los tejidos del cuerpo (p. Ej., Rayos X, CT, ultrasonido) . Sin embargo, la resonancia magnética produce imágenes que están relacionadas con las propiedades magnéticas de, y las interacciones moleculares dentro de, los tejidos bajo observación. Dado que estas interacciones son complejas y múltiples, la MRI se ha convertido en una modalidad de imagen poderosa y versátil que puede distinguir un gran número de contrastes de tejidos muy diferentes.

FISICA

Los componentes estándar de una unidad de RM son un campo homogéneo, espiras de radiofrecuencia (RF) capaces de transmitir y recibir frecuencia de la resonancia del tejido, espiras de gradiente para producir campos de fuerzas dependientes de la posición a lo largo de los ejes X, Y y Z, y un ordenador para procesar las señales medidas y para reconstruir las imágenes.

Los pacientes se colocan en un imán superconductor, el cual utiliza una fuente eléctrica para generar un potente campo magnético. La fuerza de estos imanes varía típicamente de 0,3 T para imanes de elevada potencia. Para apreciar mejor la gran magnitud de estos campos magnéticos, el grado de campo magnético de la tierra es de aproximadamente 0,5 G (1T=10 000G). Por lo tanto la potencia del campo magnético de un imán de 1,0 T es

equivalente a aproximadamente 20 000 veces la potencia del campo magnético de la tierra.²⁶

En los imanes convencionales (cerrados) los pacientes están echados a un largo cilindro hueco, rodeado de principalmente las espiras de RF. Para los pacientes que padecen claustrofobia (normalmente menos del 10 %) , los imanes abiertos son una alternativa excelente. Aunque el grado de campo magnético es menor que de los imanes cerrados y las imágenes obtenidas son menos llamativas. En los abiertos las exploraciones duran más tiempo y la resolución anatómica es inferior, estas limitaciones deben de tenerse en cuenta cuando se sospecha de una alteración leve.²⁶

Todo el diagnóstico de la RM se basa en la imagen de los átomos (protones) de hidrógeno, siendo ellos mismos pequeños imanes, se alinearán en la dirección del campo, al igual que un compás lo hace en el campo magnético mucho más débil de la tierra. El equilibrio establecido es alterado por las pulsaciones contra estos pequeños imanes atómicos fueran del alineamiento por impulso específicos de RF. Cuando estos protones restablecen el equilibrio, emiten una señal de RF que es detectada por una antena receptora (espira de superficie) y analizada por un ordenador para generar una imagen. El tiempo requerido por estos núcleos de hidrógeno para alcanzar un estado de equilibrio puede ser medido en un término denominado tiempo de relajación. En el caso de la resonancia de la RM hay dos tiempos de relajación: T1, el tiempo de relajación longitudinal y T2 el tiempo de relajación transversal. Estos procesos constituyen fenómenos complejos, donde se abarcan interacciones entre unos determinados núcleos y el magnetismo de la vecindad (T1) y entre núcleos vecinos.²⁶

Los tiempos de relajación de T1 y T2 son parámetros intrínsecos de un determinado tejido. Los principales parámetros extrínsecos, dependientes del operador , utilizados en la RM clínica, dependientes de operador, utilizados en la RM clínica, son el tiempo de repetición (TR) (el tiempo entre dos impulsos sucesivos de RF) y el tiempo de eco (TE) , el tiempo entre el impulso de RF y el registro de la señal emitida del tejido) Estos parámetros intrínseco y extrínsecos afectarán directamente a la intensidad de la señal eco del Espín (I) de los diferentes tipos de tejidos. Los valores largos de TR y TE generarán imágenes que son más dependientes de los valores de T2 de los tejidos (imágenes potenciadas en T2), mientras que los valores cortos de TR y TE darán imágenes intermedias o potenciadas en densidad protónica. Al cambiar los valores de TR y TE, se pueden cambiar las intensidades relativas de la señal de los diferentes

tejidos, permitiendo así una detección de anomalías que de otra forma podrían pasar desapercibidas, y obtener una información sobre el tipo de anomalía de que se trate. En general, la densidad protónica y las secuencias potenciadas en T1 proporcionan una imágenes con un detalle anatómico excelente, pero con una discriminación de tejido relativamente pequeña, mientras que las imágenes más potenciadas en T2 tiene una resolución anatómica menor, pero permiten la visualización ideal de los cambios patológicos relacionados con el contraste elevado del tejido blando.²⁶

La calidad de la imagen de la RM depende de la relación señal- ruido. Muchos factores influyen en esta relación incluyendo el grado del campo magnético, el TR, el TE, el tamaño del pixel y el grosor de la matriz, el grosor del corte, el número de excitaciones y la eficacia de la espira receptora. Para mejorar la eficacia de la detección de la señal se utilizan espiras de superficie adaptadas para el estudio de las partes específicas del cuerpo.²⁶

Caracterización del tejido

Los diferentes tejidos del cuerpo poseen de una manera reproducible unas secuencias de pulso específicas, y el conocimiento de estas características ayuda a la detección de los trastornos. Por ejemplo el tejido adiposo es brillante (hipertenso) en la imágenes potenciadas de T1 y ligeramente menos intenso en las imágenes potenciadas de T2; la medula ósea hematopoyética tiene una menor intensidad de señal que las imágenes de T1 y T2 que la grasa, debido a su bajo contenido de grasa.²⁶

El agua es brillante en la imágenes potenciadas de T1 y ligeramente menos intenso en la imágenes potenciadas de T2 y oscura en la imágenes potenciadas de T1. Debido a que los trastornos (tumor, infección, contusión,) se suelen asociar con un aumento del contenido de agua, las anomalías aparecen normalmente hiperintensas en relación con los tejidos adyacentes de las imágenes potenciadas en T1.²⁶

La intensidad de señal de una hemorragia depende del tiempo y es variable, pero un hematoma tiende a ser brillante en ambas imágenes potenciadas en T1 y T2 hasta que se hace crónico. Cuando la deposición de hemosiderina ocasiona una baja señal en estas secuencias.²⁶

El tejido fibrótico maduro, los ligamentos, los ligamentos y tendones tienden a ser bajos de intensidad de señal en las imágenes potenciadas de T1 y T2, las calcificaciones producirán defectos de la señal en todas las secuencias. Son pocos los tejidos brillantes en las imágenes potenciadas en T1; éstos incluyen grasa, la hemorragia subaguda (metahemoglobina), colecciones de líquidos proteináceos y la melanina.²⁶

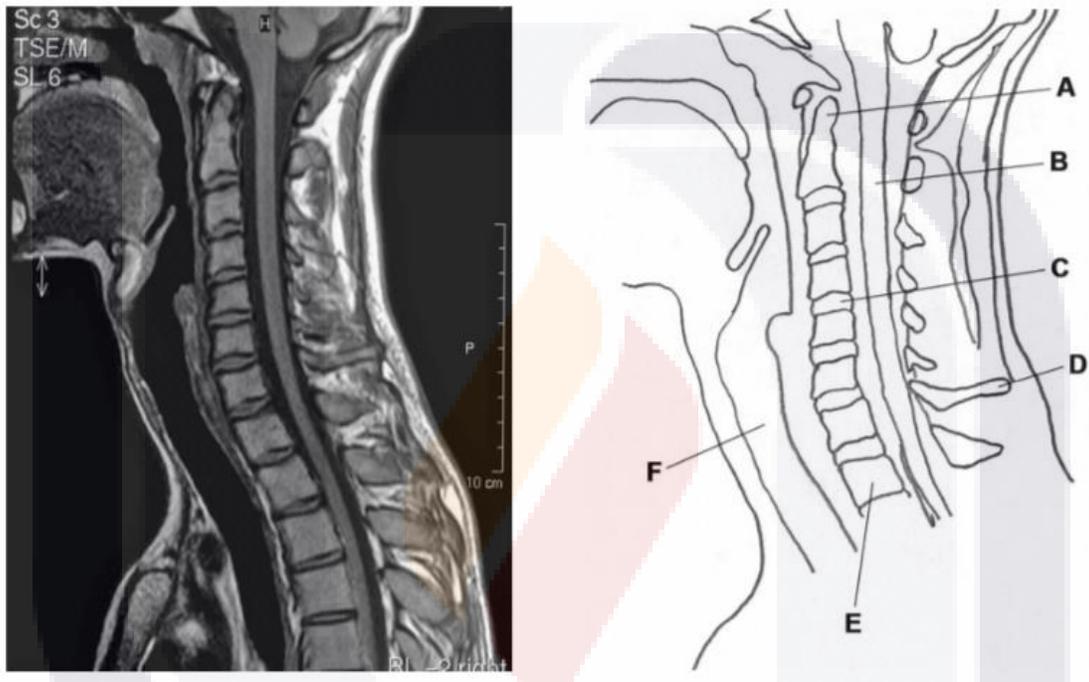


Figura 13. Corte sagital T1. Imagen de una columna cervical normal obtenida por secuencia “turbo spin echo” (TSE). Con presencia de médula ósea homogénea. Los discos intervertebrales son normales casi isoíntensos al hueso. La médula espinal tiene una señal más intensa en relación con líquido cefalorraquídeo. Una pequeña parte de tejido blando se observa en la parte anterior de la columna a nivel de faringe y epifaringe. A) apófisis odontoides, B) médula espinal, C) disco intervertebral C4-C5, D) proceso espinoso de C7, E) cuerpo vertebral de T1, F) tráquea.²⁶

El diagnóstico por imagen en el sistema musculoesquelético, donde es importante detectar una alteración de las grasas subyacente y en la médula ósea, la elevada señal de la intensidad normal de la grasa en las imágenes potenciadas de T2 puede inhibir la detección de una anomalía con una señal hiperintensa. Una técnica de RM conocida como supresión de grasas puede eliminar preferentemente la señal hiperintensa transmitida por los protones grasos, mientras que se preserva la señal normal característica de los protones de agua. Esto sirve para hacer más detectable la presencia de trastornos de las secuencias potenciadas de T2 y densidad protónica. La

supresión de la grasa puede establecerse bien por una saturación preferente de los protones grasos (saturación química) o bien por una técnica conocida como inversión-recuperación con un tiempo de inversión corto (short tau inversion recovery – STIR). Esta última técnica es la que se utiliza más frecuentemente.^{26,27}



Figura 14. Corte sagital de T2 (TSE) de una columna cervical. Se observa la hiperintensidad del líquido cefalorraquídeo en relación con la médula. La médula ósea es homogénea similar la intensidad observada en T1. Los discos intervertebrales son normales. Los músculos posteriores del cuello se ven hipointensos rodeados de tejido graso.²⁶

Medios de Contraste

El principal medio de contraste es el gadopentato de dimeglumina (gadolinio), un metal pesado que causa un descenso en los tiempos de relajación de T1 y T2 en áreas donde existe un aumento del flujo sanguíneo. Un descenso del tiempo de relajación T1 da lugar a un aumento relativo de la señal en las imágenes potenciadas en T1. Los procesos patológicos, como una infección o un tumor, mostrarán una captación tras la

adminstración intravenosa del contraste y serán más fáciles de visualizar en la imágenes potenciadas de T1. El flujo sanguíneo de una relativo de una anomalía queda reflejado por la cantidad de captación del contraste. El contraste intravenosos también ayuda a delimitar los márgenes de la captación de las colecciones liquidas y a diferenciar un tejido solido de un tejido quístico o necrótico. El contraste intravenoso, útil para el diagnóstico por imagen de los pacientes en los que se sospecha de infección o tumor, no tiene función específica en el diagnóstico por imagen de los pacientes en los que se sospecha de una alteración interna de la rodilla. ^{26,27}

Contraindicaciones de la Resonancia Magnética

Aunque la RM se considerada como un método seguro por la mayoría de las personas y no utiliza radiación ionizante, existen unas contraindicaciones específicas. Estas contraindicaciones están directamente relacionadas con los aparatos internos implantados o con clips metálicos que, indistintamente, pueden cesar de funcionar o moverse. Entre estos se encuentran los marcapasos cardiacos, los desfibriladores externos, los implantes de la cóclea, los neuroestimuladores implantados y estimuladores de crecimiento óseo. Un desplazamiento de los clips de aneurismas cerebrales pueden tener consecuencias terribles. Los pacientes con prótesis articulares o de una vara metálica puede ser difícil o imposible debido a la susceptibilidad magnética del implante. ^{26,27}

Otros estudios y estado actual del arte de la imagen de columna cervical

Con el fin de complementar los métodos actuales para evaluar la función residual, el dolor y los factores de calidad de vida después de una lesión o enfermedad de la médula espinal, se necesitan métodos sensibles para revelar cambios en la función neurológica y la estructura. Los métodos de imagen no invasivos como la resonancia magnética (RM), la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada (TC) proporcionan el único medio para acceder a la estructura y función de la médula espinal humana. Como resultado, actualmente existe una gran necesidad de desarrollar estos métodos. Si bien se están logrando avances, solo un número relativamente pequeño de laboratorios de investigación en el mundo están trabajando activamente en los métodos

de imagen de la médula espinal, y estas técnicas aún no se han avanzado en el uso clínico. Los posibles resultados del avance de estos métodos son tremendos, mejorando nuestra comprensión básica de la función saludable de la médula espinal humana e impactando nuestra capacidad para diagnosticar y tratar con precisión las lesiones y enfermedades, y predecir los resultados. Entre ellos algunas variantes de la resonancia magnética. El Campo magnético inhomogéneo, Dimensiones transversales pequeñas, etc. Solo por mencionar algunas que en un futuro pueden contribuir a una buena descripción anatomía y funcional de la columna.²⁹

1.2.4 CANAL MEDULAR CERVICAL

El tamaño del canal es clínicamente importante para patologías traumáticas, degenerativas e inflamatorias. Normalmente, es medido en radiografías en su diámetro sagital, que va de la superficie posterior del cuerpo vertebral al punto más cercano de la unión espino-laminar al nivel del pedículo.¹³

Ikuo Murone en un estudio, publicado en el JBJS, demostró que el diámetro anteroposterior del canal cervical en pacientes japoneses, es menor que los reportados por Payne y Spillane en la población europea. Concluyendo que estas mediciones no aplican para japoneses, sin embargo, es importante mencionar que las mediciones se realizan mediante imagen radiográfica simple.²³

Se ha demostrado que algunas circunstancias que alteran las mediciones, son: la magnificación de las radiografías y la distancia de la que se toma. Para evitar esta problemática, Pavlov y Torg para evaluar la estenosis de canal cervical, emplean el diámetro sagital del canal espinal, así como el diámetro del cuerpo vertebral en la radiografías convencionales. Sin embargo las radiografías, solo se pueden evaluar las estructuras óseas y no los tejidos blandos, siendo este último un factor importante para determinar el diámetro del canal medular, en patologías como estenosis de canal cervical y espondiloartropatías.^{13, 14, 18}

Hay una gran cantidad de estudios que evalúan la relación del diámetro del canal medular y patologías que afectan a la medula. Se han considerado muchas actividades deportivas y laborales que contribuyen como factor de riesgo para el desarrollo de canal cervical estrecho.¹⁸

En un estudio se evaluaron 45 pacientes deportistas (jugadores de futbol americano) que llegaron a tener un episodio de neuropraxia cervical, en búsqueda de determinar si hay

una relación entre el diámetro del canal medular reducido y el tamaño de cuerpo vertebral, con lesiones reversibles e irreversibles de la médula cervical, mediante la toma y medición de radiografías simples. Se evaluaron tres grupos de pacientes: Grupo I: 227 jugadores de fútbol colegial que son asintomáticos, sin historia de neuropraxia cervical. Grupo II: 97 jugadores profesionales de fútbol asintomáticos, sin historia de neuropraxia cervical. Grupo III: 45 jugadores de fútbol preuniversitarios (high school) que tuvieron por lo menos un episodio de neuropraxia cervical transitoria. Grupo IV: 77 jugadores que se encuentran cuadripléjicos como resultado de una lesión traumática durante juego de fútbol colegial o en educación preuniversitaria. Grupo V: 105 pacientes masculinos que no son atletas y no tienen historia de lesión cervical o síntomas neurológicos.³⁰

Se determinó la media y la desviación estándar de tres medidas: el diámetro del canal espinal, el diámetro del cuerpo vertebral y la relación del diámetro del canal con la del cuerpo vertebral de C3 al C6, obtenido de las radiografías de cada grupo de estudio.

El valor predictivo positivo obtenido fue de 0.2%, siendo de baja significancia para determinar si como factor de riesgo para desarrollar neuropraxia. El diámetro del canal cervical en una columna estable, no parece predisponer a un individuo para desarrollar una lesión neurológica catastrófica y permanente; por tanto, no debe impedir que un atleta de la participación en deportes de contacto.³⁰

De igual manera, se ha estudiado la relación del tamaño del canal medular en niños, y su riesgo a presentar lesión de la médula espinal, secundaria a un traumatismo menor.

Nikolaus Aebli y cols. estudiaron la discrepancia entre la gravedad del trauma y los síntomas clínicos, en relación a las medidas del canal espinal. Estos autores, al conocer que no hay ningún parámetro radiológico universalmente establecido, para identificar la estenosis crítica de la médula en los pacientes; realizan un estudio donde el objetivo es investigar la relación del parámetro de Torg-Pavlov, como método de medición indirecta del canal, para identificar el riesgo de daño medular cervical con el diámetro del canal; así como la predicción de los síntomas y su gravedad.¹⁸

El estudio realizado es retrospectivo a 10 años, compuesto con un grupo de 45 pacientes con daño medular cervical agudo, y un grupo control con 68 pacientes que no muestran síntomas neurológicos después de un trauma menor de la columna cervical.¹⁸

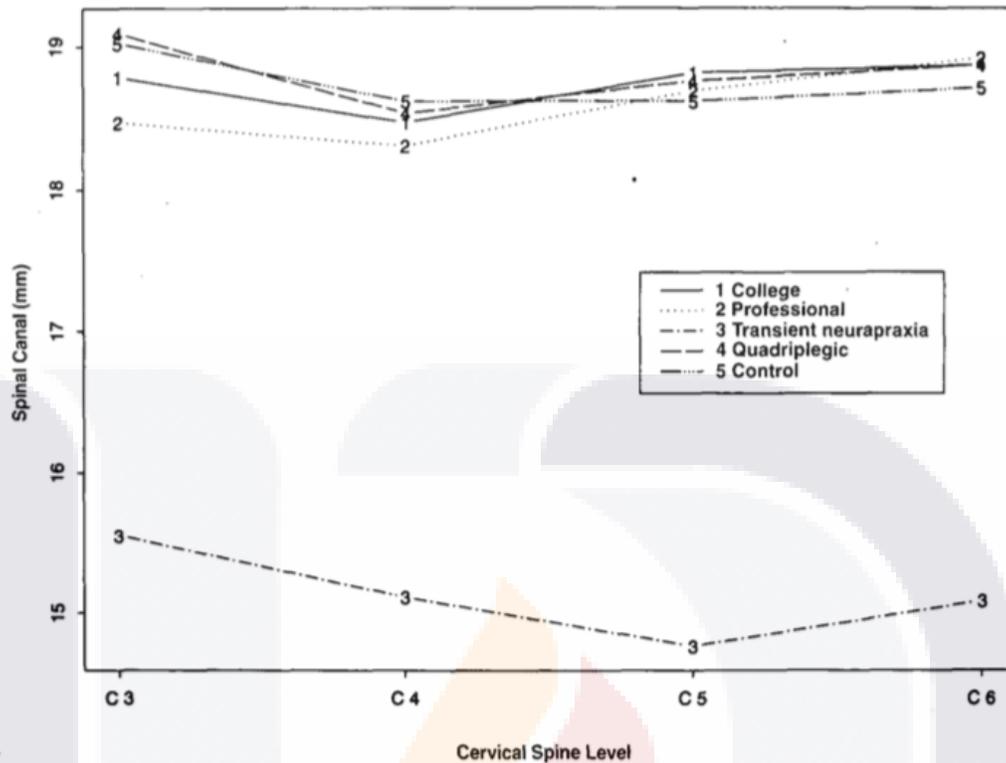


Figura 15 Imagen en donde se observan los diámetros de canal espinal cervical. En los pacientes del grupo III presentan relación entre la neuopraxia y la disminución de canal espina, a diferencia de los otros grupos. ($p < 0.05$).³⁰

Cabe mencionar que todos los pacientes contaban con resonancia magnética para corroborar el diagnóstico. Se analizaron las radiografías laterales convencionales de la columna vertebral cervical (C3-C7) para determinar los valores de la relación Torg-Pavlov. El estudio concluye que si existe una relación del parámetro de Torg Pavlov, en los pacientes lesión espinal cervical posterior a un traumatismo menor. Incluso hay otros factores, como la relación del canal medular con el diámetro del cuerpo, que pueden llegar ser pronósticos en cuanto a la gravedad y sintomatología.¹⁸

Desde los años 80's, se han realizado mediciones, sobre todo anteroposteriores y la transversales, de canal medular cervical con tomografía computarizada, principalmente en los cortes axiales. Sin embargo, todavía no se dilucidaba si las mediciones, tenían un valor diagnóstico o terapéutico.

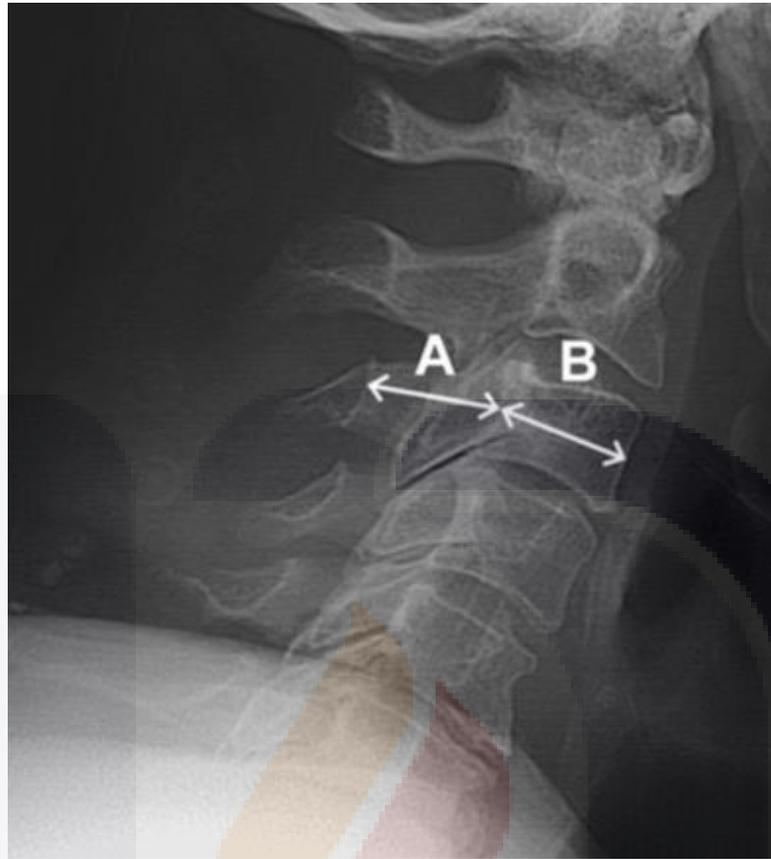


Figura 16 Vista lateral de la columna cervical, en donde se observa el diámetro del canal sagital (A), desde la parte posterior del cuerpo vertebral a la lámina espinal. También se observa el diámetro sagital del cuerpo vertebral (B) desde la parte anterior de la vértebra a la posterior.¹⁸

Stanley y cols. evaluaron a 52 voluntarios sin antecedentes de importancia para padecimiento de columna cervical. Se realiza tomografía de cráneo y de columna cervical para buscar anomalías en tiroides y paratiroides, con un rango de edad promedio de 42 años, el mismo número de mujeres y hombres. La medición fue realizada por dos observadores independientes para localizar el punto más ancho. En el estudio, concluyen que la tomografía es un estudio simple y adecuado para las mediciones en el canal espinal cervical; sin embargo se comenta que las mediciones pueden salir ligeramente más pequeñas, que el promedio manejado, debido a la minimización de la imagen por el tomógrafo.³¹

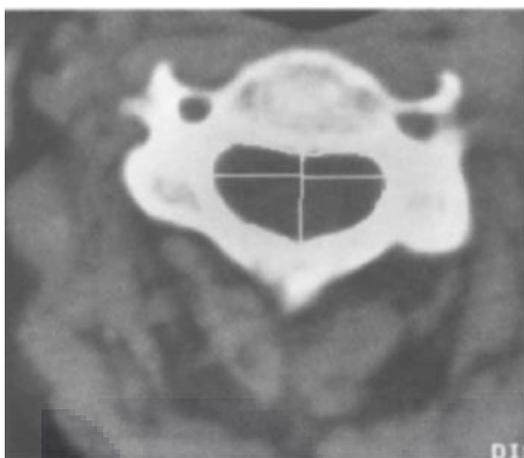


Fig.1. The maximum AP diameter, width, and cross-sectional area were measured at a wide window setting of 1000 and level of +/- 200 HU

Table 1. Measurements (± 2 S.D.)

Vertebral level	A/P Diameter (CM)	Width (CM)	Area (CM ²)
C1	2.14 (0.64)	2.82 (0.52)	4.24 (1.52)
Range	(1.50-2.78)	(2.30-3.34)	(2.72-5.76)
C2	1.69 (0.34)	2.37 (0.40)	2.89 (0.94)
Range	(1.35-2.03)	(1.97-2.75)	(1.95-3.83)
C3	1.40 (0.30)	2.37 (0.40)	2.30 (0.74)
Range	(1.1 -1.7)	(1.97-2.77)	(1.56-3.04)
C4	1.40 (0.30)	2.43 (0.40)	2.25 (0.82)
Range	(1.1 -1.7)	(2.03-2.83)	(1.43-3.07)
C5	1.40 (0.26)	2.45 (0.40)	2.31 (0.70)
Range	(1.14-1.66)	(2.05-2.85)	(1.61-3.01)
C6	1.45 (0.42)	2.42 (0.50)	2.44 (1.21)
Range	(1.03-1.87)	(1.92-2.92)	(1.23-3.65)
C7	1.5 (0.44)	2.29 (0.52)	2.25 (0.82)
Range	(1.05-1.94)	(1.77-2.81)	(1.43-3.07)

Figura 17. Resultados del estudio realizado por Stanley and cols. Tabla de resultados.³¹

Este tipo de estudio contribuye al uso del tomógrafo para la realización de estudios morfológicos en columna, sin embargo, muchas de las patologías a este nivel corresponden a tejidos blandos, los cuales son poco valorables en la tomografía computarizada. Y como, la tomografía se usa como apoyo esencial para elección de tratamiento quirúrgico o diagnóstico de canal cervical estrecho.³¹

Chazono et al. realizaron una revisión de la literatura en cuanto a las mediciones de pedículos y canal espinal óseo mediante tomografía computarizada con el objetivo de encontrar variantes étnicas. Revisaron la literatura entre 1985 y 2010. Seleccionaron 19 estudios que incluían sujetos vivos, 12 de ellos hablaban de dimensiones de pedículos y los 7 restantes de las dimensiones del canal cervical. Tomando en cuenta el "Pedicular Width" (pw), el ángulo pedicular transverso (PTA) y el diámetro anteroposterior del canal cervical, el diámetro transverso del canal cervical (TD). Estas mediciones se tomaron de C3 a C7. Se compararon estas mediciones de poblaciones americanas y europeas, con las usadas en los asiáticos. Encontrando que los valores de PW fueron menores a nivel de C4 en el hombre (5.1 mm) y en mujeres (4.1 mm), así como que las mediciones de pw fueron mucho mayor en hombres que en mujeres.

En cuanto al diámetro anteroposterior se encuentra un rango de 10.7 a 15.2. A nivel de C4 es donde se encuentra el diámetro más pequeño y aumenta progresivamente dirigiéndose hacia caudal. En los estudios se incluyeron pacientes sanos, pacientes

con radiculopatía y mielopatía, por lo que se dividió la población en dos grupos; los sanos y con mielopatía.³²

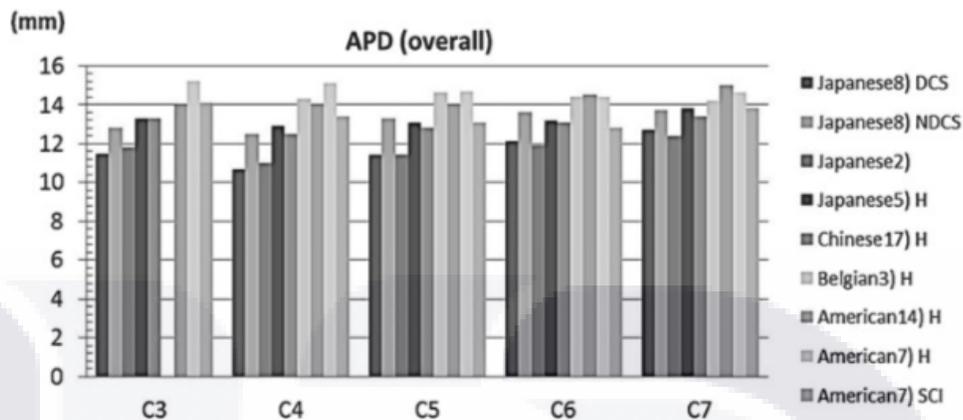


Figura 18. Resultado del diámetro antero posterior de vertebrae subaxiales. Desarrollo de estenosis de canal cervical (DCS, de sus siglas en ingles). No desarrollo de estenosis de canal cervical (NDCS), Personas sanas (H), Pacientes con lesión espinal (SCI).³²

El diámetro transversal cervical del canal óseo presenta un rango de 22.6 a 27.5 en todo el grupo. El diámetro más pequeño fue encontrado en C3 en la población asiática (22.6) y el más grande fue encontrado en la población europea a nivel de C5 con 27.5 mm. No hubo diferencia significativa en cuanto a los pacientes sanos y los pacientes con sintomatología.

Con los resultados de este estudio se observa que si se encuentra una diferencia étnica tanto en el pedículo como en el canal cervical. Que se habían valorado en estudio previos aislados como el de Panjabi et al. En donde comparaban población caucásica vs población de Singapur en donde la diferencia del valor de PW fue 25 % en pacientes caucásicos. También se observa que el diámetro TD entre a población asiática y anglosajona no se encontraba diferencia significativa. El estudio sugiere una diferencia significativa en el APD. Sin embargo una limitación de este estudio fue que el tamaño y edad de los pacientes no se puede cotejar adecuadamente.³³

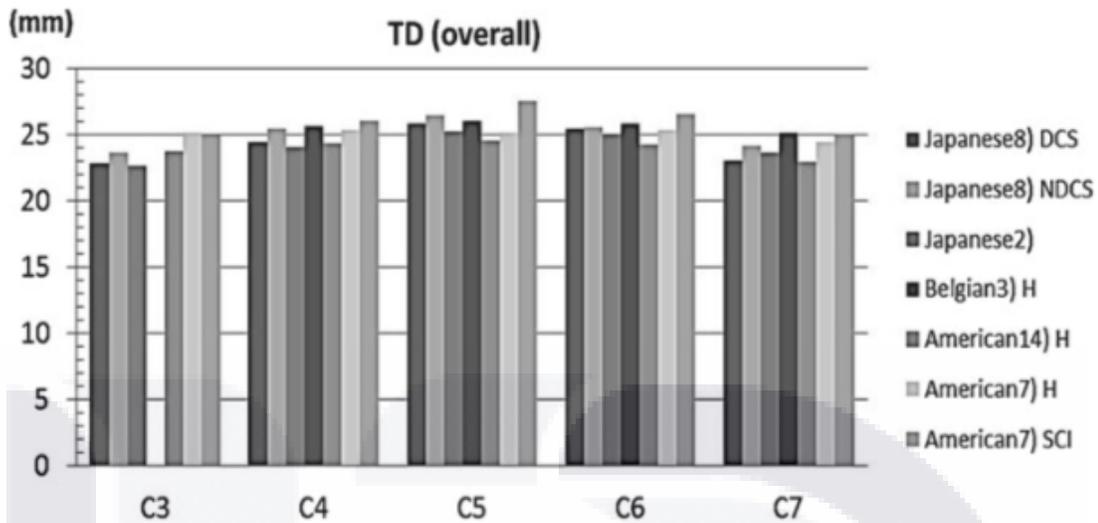


Figura 19. Grafica en donde se observa el diámetro transversal (TD) del canal medular cervical. Desarrollo de estenosis de canal cervical (DCS, de su siglas en ingles). No desarrollo de estenosis de canal cervical (NDCS), Personas sanas (H), Pacientes con lesión espinal (SCI).³²

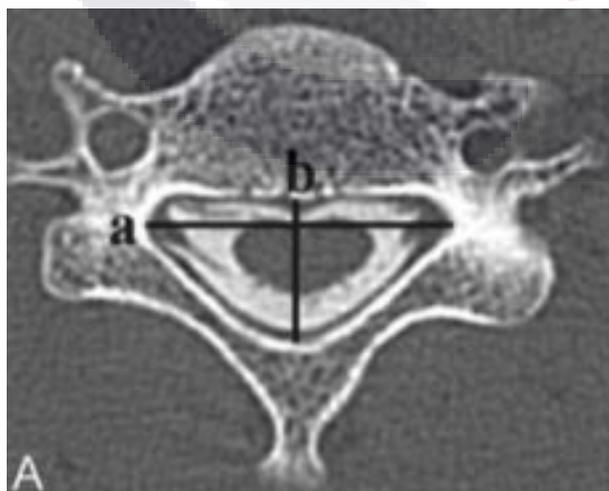
La Estenosis de canal clásicamente se ha dividido en congénita y adquirida. Sin embargo, incluso en las formas más severas de estenosis congénita, no suelen producirse síntomas, salvo que exista un componente de estenosis adquirida. La estenosis adquirida de canal suele ser una complicación de la enfermedad degenerativa de la columna. La hipertrofia de las estructuras que rodean al canal y el desplazamiento del disco contribuyen a provocar dicha estenosis.^{5,34,35}

Esta estenosis puede afectar al canal central y/o al canal lateral. En este último caso, puede afectar a la entrada del canal o receso lateral o, más frecuentemente, a su salida o foramen. La radiografía simple muestra las causas óseas de la estenosis de canal, mientras que las técnicas tomográficas, TC y RM, son las que mejor demuestran, respectivamente, las estructuras óseas y blandas responsables de la estenosis y, por tanto, su repercusión directa sobre las estructuras nerviosas. Las alteraciones de la alineación secundarias a la enfermedad degenerativa también pueden contribuir al desarrollo de la estenosis de canal. Por retrolistesis se entiende el desplazamiento posterior de la vértebra superior sobre la inferior. Generalmente es secundaria a la pérdida de material discal por osteocondrosis intervertebral o por una extrusión aguda

(hernia) del núcleo pulposo. En ocasiones, cuando existe desplazamiento vertebral, el dolor puede ser secundario a inestabilidad.^{5, 34,35}

Con el advenimiento de la resonancia magnética el diagnóstico de estenosis del canal cervical es considerablemente más específico, ya que el canal cervical se encuentra rodeado de tejido blando. Sin embargo por los artefactos secundarios a las calcificaciones y osteofitos en ocasiones se puede obtener un diámetro más pequeño que el real. En la RM los hallazgos de la estenosis espinal tiene una presentación variable dependiendo de la causa de la estenosis así como el edema asociado a los cuerpos vertebrales. La evaluación mejora con el adecuado estudio del líquido cefalorraquídeo, ya a nivel de la estenosis el flujo se interrumpe o disminuye considerablemente. La RM tiene mejor correlación con los síntomas. Sin embargo para el estudio anatómico de las vértebras no es tan específico. Razón por la cual en este sentido la tomografía es superior.³⁴⁻³⁶

En el estudio de Miyazaki et al. En donde se evaluaron retrospectivamente 52 pacientes en donde se buscaba asociar la estenosis del canal espinal cervical en desarrollo con características morfológicas de las vértebras. Dentro de las características morfológicas se encuentra el diámetro cervical transversal y longitudinal. Evaluaron de C3 a C7 en cortes axiales obteniendo un total 260 imágenes. También evaluaron otras mediciones pediculares y el diámetro de la masas laterales.³⁷



Level	SCTD (mm)	SCLD (mm)
C3		
DCS	22.8 ± 1.7	11.5 ± 1.0*
NDCS	23.6 ± 1.9	12.8 ± 0.6
C4		
DCS	24.4 ± 1.9	10.7 ± 1.3*
NDCS	25.4 ± 1.9	12.5 ± 0.4
C5		
DCS	25.8 ± 1.8	11.4 ± 1.3*
NDCS	26.4 ± 1.9	13.3 ± 1.1
C6		
DCS	25.4 ± 1.8	12.1 ± 1.8*
NDCS	25.5 ± 1.7	13.6 ± 1.2
C7		
DCS	23.0 ± 1.9	12.7 ± 1.8*
NDCS	24.1 ± 1.7	13.7 ± 1.1

Figura 20. Diámetro transversal (a), diámetro longitudinal (b). DCS (develomental canal stenosis. NDCS (no develomental canal stenosis).³⁷

Las mediciones anatómicas revelan que algunas variantes pueden ser factores de riesgo para el desarrollo de compresión de medula espinal. La estenosis tiene carácter progresivo y que los síntomas neurológicos pueden empeorar. La inserción de tornillo pedicular en pacientes con estenosis desarrollada se debe realizar con más cuidado que en el resto de los pacientes por los cambios que presentan los pedículos. Como conclusión definitiva los autores demuestran la relación de los cambios morfológicos especialmente en el diámetro del canal cervical, pedículos, masas laterales y láminas. Por lo tanto en pacientes con estenosis de canal en desarrollo es esperado que progrese la mielopatía.³⁷

Debois et al. evaluaron a 100 pacientes que fueron sometidos a cirugía por hernia discal, se midieron los diámetros transversos y longitudinales, el área del canal medular cervical, el diámetro sagital de la hernia y el foramen intervertebral por tomografía computarizada. Todo con el objetivo de evaluar la relación de los síntomas con las mediciones morfológicas en estos pacientes. 100 pacientes (53 hombres y 47 mujeres, edad media de 43), se comparan con el grupo control de 35 pacientes se son parecidos a las características demográficas de los otros pacientes.³⁸

Radicular Compression (90 cases)		Medullar Compression (10 cases)	
Neck pain	90	Neck pain	7
Brachialgia	90	Brachialgia	7
Motor deficit	50	Long tract signs in upper and lower extremities with motor deficit	10
Reflex changes	40	Sensory deficit in upper and lower extremities	7
Paresthesias	84		
Sensory deficit	50		

Figura 21. Datos clínicos de los pacientes grupo sometido a cirugía.³⁸

El diámetro sagital del canal cervical en el grupo de los 100 fue de 12.9. Se encuentra que los pacientes con déficit motor tienen una diámetro sagital de menor tamaños que en aquellos sin déficit motor. La relación entre el diámetro de hernia y el diámetro sagital del canal medular óseo fue significativamente menor en los pacientes con déficit motor.

38

Level of Measurement	Sagittal Diameter of the Bony Spinal Canal (mm)	Transverse Diameter of the Bony Spinal Canal (mm)
C4	14.31 (1.11)	25.57 (1.78)
C5	14.55 (1.06)	26.02 (2.13)
C6	14.41 (1.1)	25.84 (1.64)
C7	14.19 (1.2)	25.12 (1.57)
Mean value	14.36 (1.02)	25.64 (1.5)

Figura 22. Resultados de los diámetros del canal cervical transversal y longitudinal en el grupo de pacientes control.³⁸

Los que demuestra que los pacientes con diámetro de canal óseo disminuido con una hernia de menor tamaño presentan peor pronóstico que los pacientes con canal cervical amplio. Afectándose principalmente la función motora. Se cree que en la estenosis de cervical también genera estenosis del foramen intervertebral.

Los autores concluyen que la severidad de los síntomas tiene relación con el diámetro del canal y el diámetro de la hernia. Es decir a menor diámetro cervical la sintomatología se puede desencadenar con mayor severidad.³⁸

5 JUSTIFICACIÓN

El diámetro del canal cervical tiene relación con patologías traumáticas y degenerativas. Sin embargo no hay estudios morfológicos en población mexicana.

6 HIPÓTESIS

¿El canal medular cervical tiene menor diámetro en población mexicana comparado población europea y asiática?

7 OBJETIVO

Determinar si el diámetro del canal medular cervical es de menor diámetro en la población atendida en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo.

8 METODOLOGÍA

8.1 TIPO DE ESTUDIO

Descriptivo, observacional, retrospectivo y transversal.

8.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Pacientes entre 18 y 80 años de edad

Género: masculino y femenino

Sin diagnóstico previo de traumatismo

Sin antecedente diagnóstico de cirugía de columna

Ausencia de anormales congénitas en columna cervical

Sin cambios degenerativos severos

8.3 CRITERIOS DE EXCLUSION

Pacientes menores de 18 años

Mayores de 80 años

Indicación de la TAC sea por antecedente traumático.

Diagnóstico previo de canal lumbar estrecho

Malformaciones congénitas de columna

8.4 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

Paciente finado durante la realización del estudio

8.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES

9 MATERIALES Y MÉTODO.

Se analizan tomografías computarizadas de columna cervical de pacientes a los cuales se les realiza estudio por patologías ajenas a la columna (tiroidopatías, abscesos submandibulares, lesiones intracraneanas, patologías de tráquea, etc.) descartando todas aquellas tomografías que se tomaron en pacientes por causa traumáticas. Con un rango de edad de 18 a 80 años. Las mediciones son realizadas directamente de la imagen tomográfica el sistema digital de carestream. Se realizan cortes de 1 cm de grosor a cada vertebra. Se toman dos mediciones: la primera es de anterior a posterior (AP) (borde óseo posterior al cuerpo vertebral a la base de la apófisis espinosa), la segunda una perpendicular a la anterior tomado aquella en cual la distancia sea mayor. Se realiza la recopilación de datos en las hojas predeterminadas aplicando los criterios de inclusión y exclusión que se detallaran adelante. Los resultados se compararan con los descritos en la literatura.

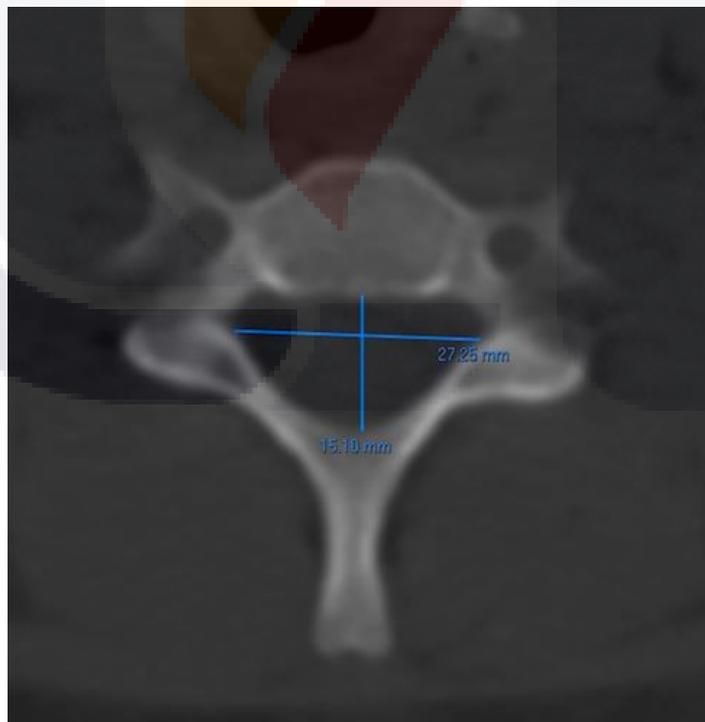


Figura 23. Vertebra C6. Paciente masculino de 22 años con diagnóstico de absceso submandibular.

9.1 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Los datos se capturan en una hoja de recolección que muestra las diversas variables a estudiar.

Se realiza una base de datos utilizando el software IBM SPSS v22, así como para el análisis estadístico de las variables

Se realizó análisis estadístico descriptivo de cada uno de las variables del estudio

Se estima la media de cada una de las mediciones por vertebra.

Se realiza una comparación de las medias obtenidas en mujeres y hombres y se aplica la T de student.

9.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La ejecución del proyecto de tesis se realizara de manera escalonada de la siguiente manera:

- Presentación de la tesis 1 de octubre del 2015.
- Revisión del protocolo de tesis por Médico asesor de tesis y comité de ética del Centenario hospital Miguel Hidalgo
- Búsqueda y recopilación de bibliografía, determinación de marco teórico
- Extracción de datos y formación de base de datos
- Análisis de resultados
- Presentación de los resultados en el auditorio del CHMH

10 RESULTADOS.

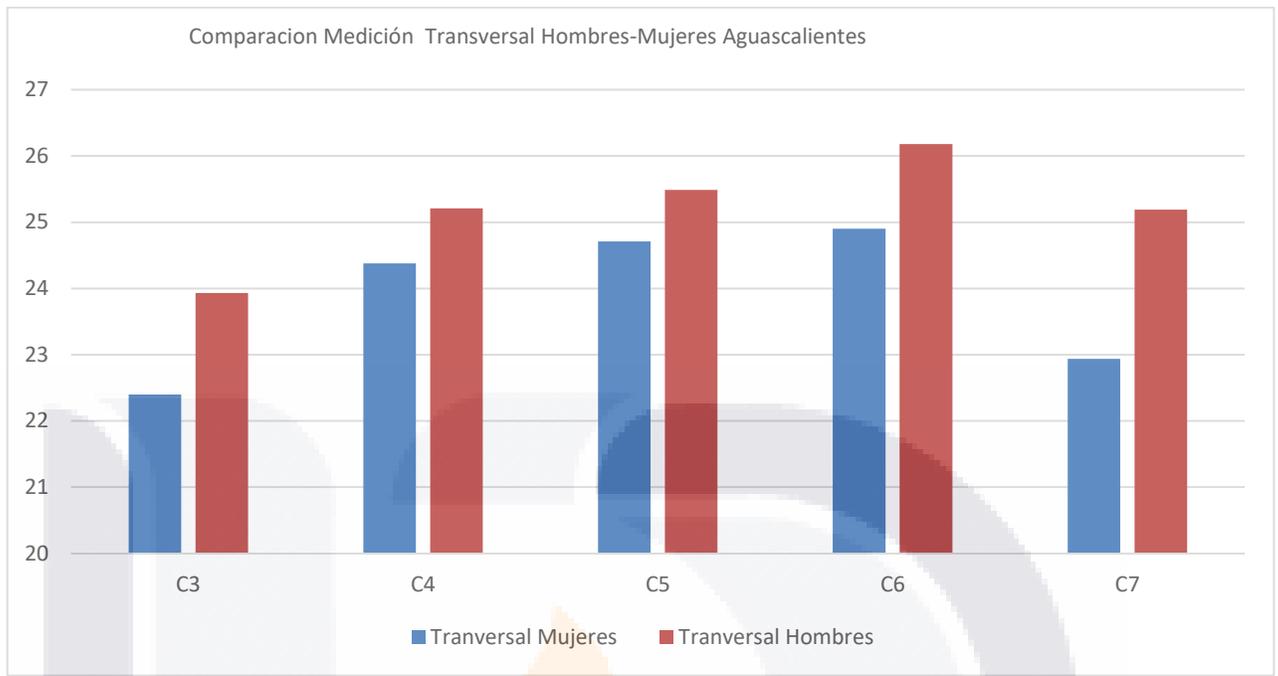
Se evaluaron el periodo de octubre del 2015 a octubre del 2016 de tomografías craneocervicales. La busca se delimita por fechas y áreas anatómicas a revisar; se obtiene un total de 53 tomografías cervicales, de las cuales 25 son pacientes femenino y 38 pacientes masculinos. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión, quedan un total de 17 pacientes femenino y 18 pacientes masculino. las razones de la exclusión son las siguientes :

- Paciente menor de 18 años : total 11
- Paciente con espondiloartrosis y espondilopatía que afecta el canal medular: total 2
- Paciente con displasia de columna cervical y alteración en la fusión posterior: total 1
- Paciente diagnóstico de canal cervical estrecho tumor en vértebra cervical dependiente de hueso. Total: 1
- Estudio mal realizado (no se observan todas la vértebras cervicales): total 3

El paciente más joven tenía la edad de 20 años y el mayor de 80 años.

Se evalúa el eje AP y el eje transversal que se muestra en la figura 22.

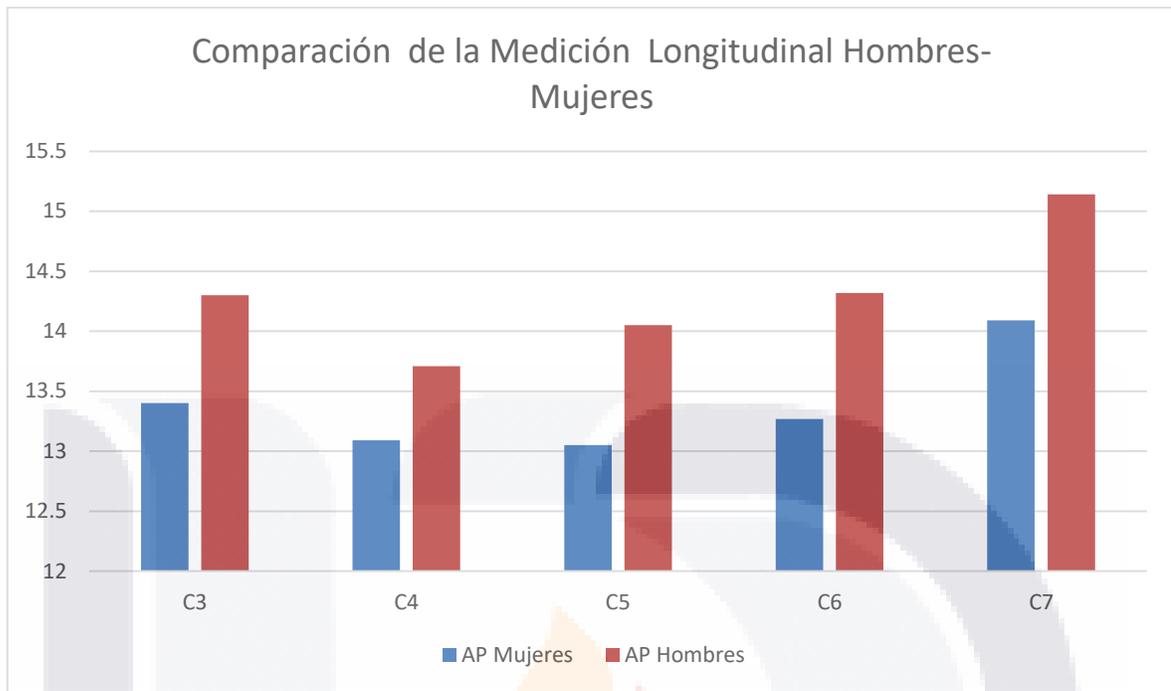
Se realiza el análisis de datos estadístico en el Software SPSS V22 en donde se obtiene una $P < 0.05$ en la diferencia de tamaño en los diámetros cervicales descritos. (longitudinal y transversal).



Grafica 1 Comparación de medición transversal hombres-mujeres Aguascalientes. Todas en todas se obtiene un valor significativo ($P < 0.05$)

Vertebras	C3	C4	C5	C6	C7
Transversal Mujeres	22.4 (± 1.48) $P < 0.05$	24.38 (± 1.97) $P < 0.05$	24.71 (± 1.43) $P < 0.05$	24.9 (± 1.40) $P < 0.05$	22.94 (± 1.97) $P < 0.05$
Transversal Hombres	23.93 (± 1.45) $P < 0.05$	25.21 (± 1.61) $P < 0.05$	25.49 (± 1.82) $P < 0.05$	26.18 (± 1.86) $P < 0.05$	25.19 (± 2.93) $P < 0.05$

Tabla 1. Se representa las medición transversal con desviación estándar de cada medición. ($P < 0.05$).

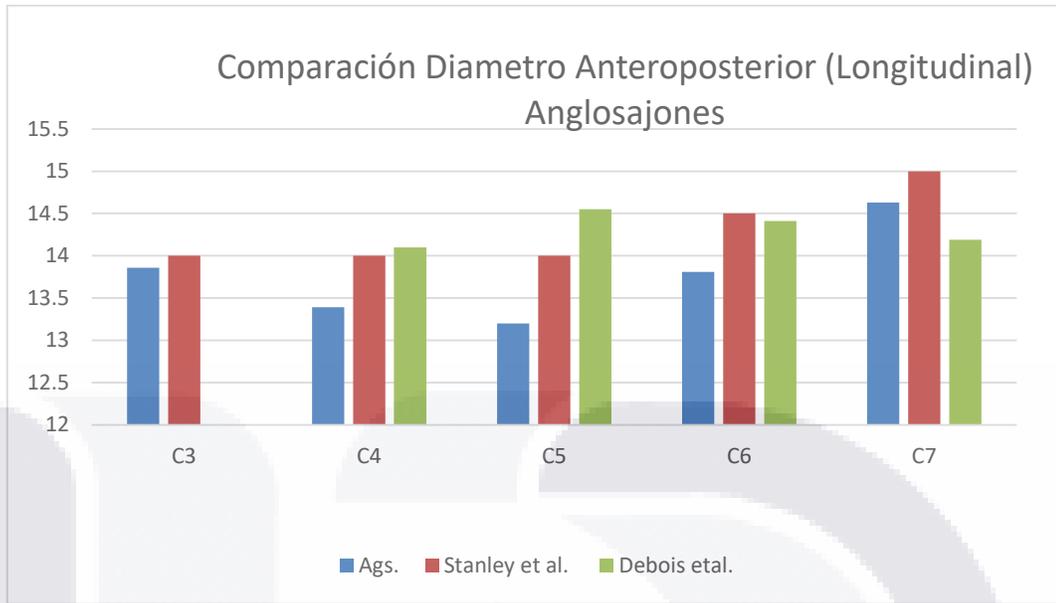


Grafica 2. Comparación de la Medición Longitudinal Hombres- Mujeres Aguascalientes. (P<0.05)

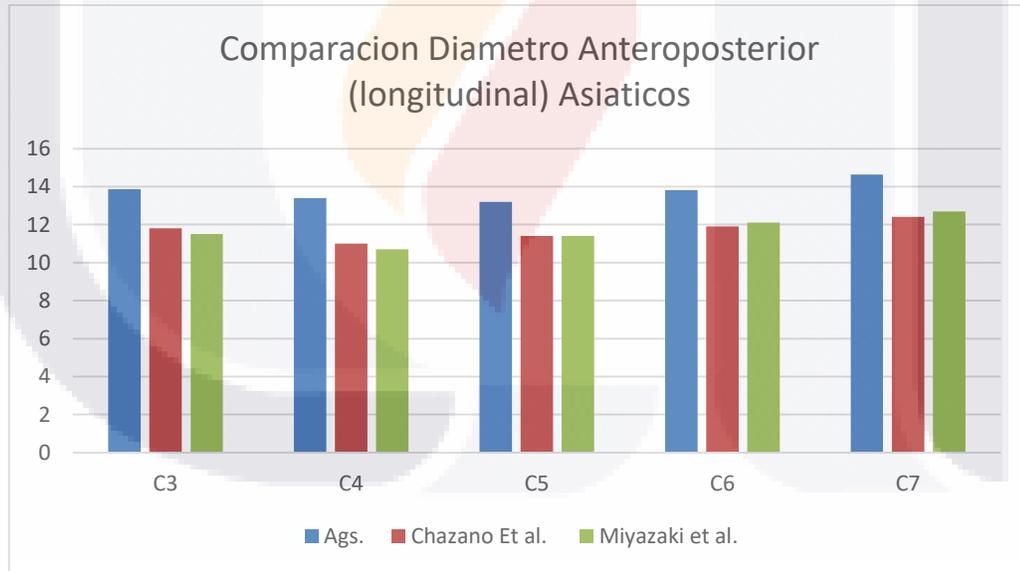
Vertebras	C3	C4	C5	C6	C7
AP Mujeres	13.4 (±1.64)	13.09 (±1.10)	13.05 (±1.03)	13.27 (±1.06)	14.09 (±1.75)
	P< 0.05				
AP Hombres	14.3 (± 1.40)	13.71 (±1.15)	14.05 (±1.31)	14.32 (±1.60)	15.14 (±1.66)
	P< 0.05				

Tabla 2. Mediciones longitudinales de las vértebras subaxiales (C3-C7). Con la desviación estándar (±). (P<0.05)

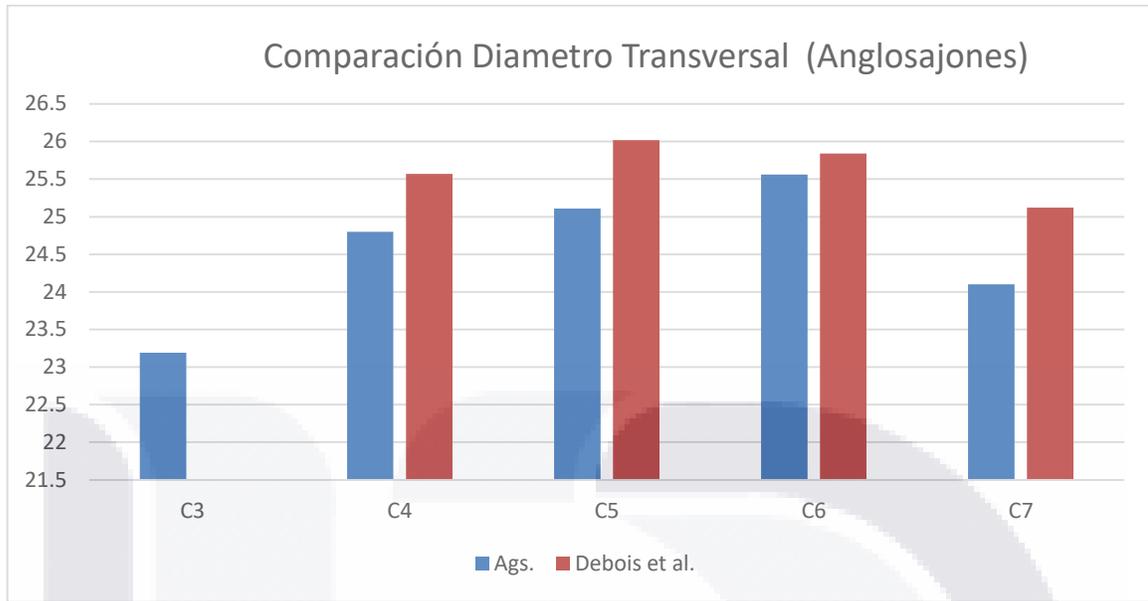
Posteriormente se procede a realizar una comparación descriptiva de las dos mediciones promediadas en la población de Aguascalientes tanto hombres como mujeres. Las cuales se representan en las siguientes tablas.



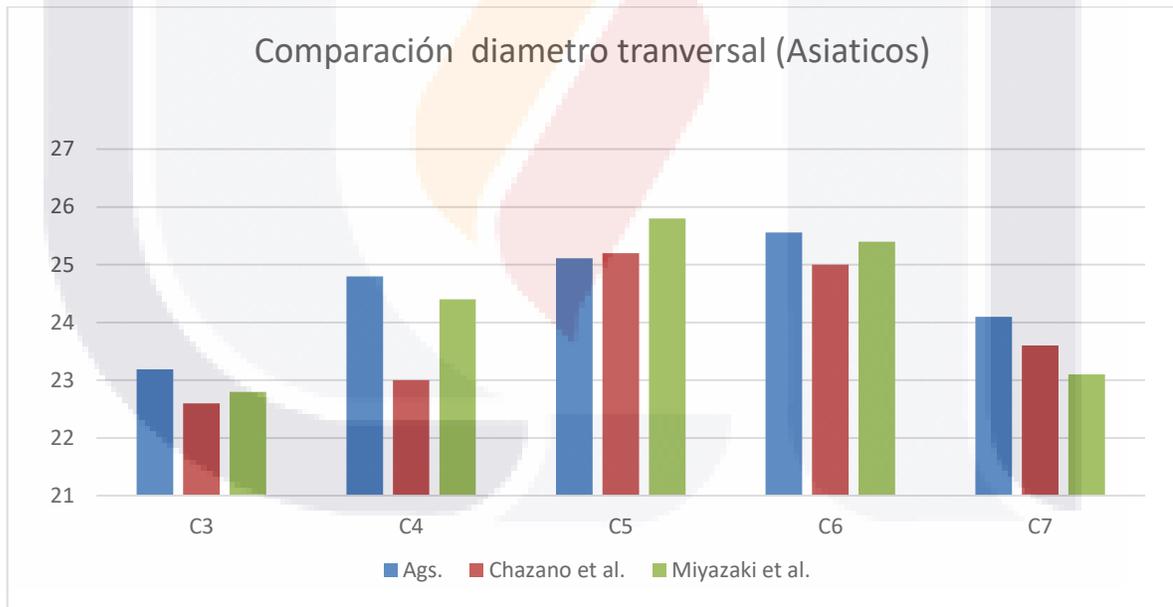
Grafica 3. En la siguiente tabla se realiza una comparación del eje longitudinal con el estudio de por J. H. Stanley y Debois et al. Americanos y Belgas respectivamente en donde se observa que comparado con la población estudiada en Aguascalientes es considerablemente menor.



Grafica 4. Comparación de la medición de Japonenses en los estudios de Chazano et al y Miyazaki et al. Ambos de población japonesa. En donde el diámetro longitudinal en la población estudiada es mayor.



Grafica 5 Se compara el diámetro transversal de la población anglosajona (belgas) del estudio de Debois et al. En donde mayor diámetro en esa población comparado con la población de Aguascalientes.



Grafica 6 Comparación de población asiática (japoneses) en el diámetro transversal comparado con la población estudiada en Aguascalientes. La principal diferencia es en C4 sin embargo, en el resto de vértebras la medición es muy similar.

11 DISCUSIÓN

En este trabajo se hablan acerca de diferentes estudios de imagen que se pueden utilizar para la medición de canal cervical. Cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas. En el caso de la tomografía se tiene la ventaja que se realiza más rápido que la resonancia y más económica, es lo ideal para medición del canal medular óseo. Sin embargo la evaluación de los tejidos blandos no es la adecuada, además de la exposición a la radiación. ¹⁷

Anteriormente se realizaba una mielografía con tomografía utilizando de manera intratecal metrizamide, pero con el advenimiento de la resonancia magnética esta ha caído en desuso. La resonancia magnética también permite hacer una mielografía sin añadir otro procedimiento invasivo. Se observa que la medición de canal óseo por TAC es mucho más exacta que la que se mide en radiografías incluso también que la resonancia magnética. ^{5, 34, 36}

Las mediciones demostraron que en la población atendida en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo hay una diferencia significativamente estadística en el tamaño del canal medular subaxial entre hombres y mujeres. Manteniendo al relación anatómica del canal en cuanto su estrechamiento y ampliación del mismo. Comienza a estrecharse a nivel de C3 , C4 y C5 para volverse a ampliar a nivel de C6 y C7. Siendo la parte más estrecha a nivel de C5-C6. Los estudios anatómicos funcionales demuestran que este nivel también es más móvil de la columna cervical. ¹

Eso demuestra por que la incidencia de mielopatía cervical es tan común encontrarla a este nivel en etapas iniciales en la mayoría de los casos. Resultado de esta comparación era el esperado y que se había demostrado en muchos otros estudios. Un inconveniente es que no se realizaron medidas antropométricas en ninguno de los pacientes para compararlas.

A diferencia con estudios antes descritos las mediciones se realizan en paciente ya con patología vertebral de carácter degenerativo incluso algunos de ellos ya con estenosis de canal cervical ⁽³²⁾. En el estudio realizado por Debois et al., en donde compara las mediciones en población enferma y sana encontrado pocas diferencias. ⁽³⁸⁾

En el caso de nuestro estudio no se evalúan pacientes sintomáticos. Esto es una limitante ya que no permite comparar el diámetro de pacientes enfermos o con

sintomatología y valorar si hay una relación entre la sintomatología y el diámetro del canal. El tamaño del canal medular varía de tamaño según la raza o población estudiada. Estos se hacen más relevantes en paciente con mayores medidas antropométricas, como es el caso de los belgas⁽³⁸⁾. Sin embargo en nuestro estudio no se toman en cuenta las medidas antropométricas lo que no nos permite discernir si el paciente con de menor tamaño el canal es más pequeño. La comparación resultante de los resultados promedio de los diámetros se comparan con los presentados por otros autores, dos con población anglosajona (Belgas y Americanos) y 2 con población asiática (Japoneses)^{31,32,37,38,41-42}

Sin embargo no se puede realizar un buen análisis estadístico comparativo ya que en los artículos no se exponen las medidas individuales de los individuos. Por lo que solo realiza una comparación descriptiva que se muestra en las gráficas anteriores, demuestra que el diámetro promedio AP y transversal es de menor tamaño en nuestra población comparado con anglosajones, pero de mayor tamaño comparado con población japonesa. Pero presentando la misma relación de amplitud y estrechamiento. Una de las limitaciones del estudio fue no contar con medidas antropométricas. La comparación de resultados de nuestra población, la población asiática y anglosajona no se puede someter a una análisis estadístico, debido a que en los artículos no se exponen todos los datos de los pacientes. Por lo que se muestra solo tablas comparativas demostrativas.^{31,32,38}

El estudio morfológico de las vértebras según la población estudiada es esencial para realizar un buen diagnóstico y tratamiento de estas patologías. Esto favorece también el diseño de implantes para su correcta aplicación, disminuyendo los riesgos de complicaciones. En ejemplo de este último sería la medición del tamaño del pedículo, tamaño del agujero vertebral, etc. Permite diseñar tornillos transpediculares.⁴³

12 CONCLUSIÓN

En este estudio se corrobora que el canal cervical en la medición anteroposterior de las vértebras C3 a C7 es más pequeño comparado con pacientes anglosajones y de mayor tamaño comparado con asiáticos. El canal cervical es más pequeño en mujeres con un valor estadístico significativo. Una limitante es el tamaño de la muestra y la comparación del tamaño cervical con lesiones cervicales agudas y crónicas.

13 BIBLIOGRAFÍA

- 1) AOSpine Masters Series. Volumen 5. Cervical Spine Trauma. Editorial Thieme. 2015.
- 2) Quiroz G. Fernando. Anatomía Humana. Editorial Porrúa. 2015. Edició.43. 2da Reimpresión.
- 3) Richard L. Drake. Gray Anatomía Básica. Editorial Elsevier. Edición 2013
- 4) F. Ruiz Santiago , L. Guzmán Álvarez, M. Tello Moreno y P.J. Navarrete González. La radiografía simple en el estudio del dolor de la columna vertebral. Radiología. 2010;52(2):126–137
- 5) F. Ruiz Santiago et al. La radiografía simple en el estudio del dolor de la columna vertebral. Radiología. 2010;52(2):126–137
- 6) Alday, R.; Gómez, P.A.; Díez Lobato et al. Traumatismos cervicales. Neurocirugía 1995; 6: 21-31
- 7) Akay KM, Ersahin Y, Tabur E. Cervical spondyloptosis: a case report. Minim Invasive Neurosurg 2002;45: 169-72.
- 8) Meyer PR Jr, Heim S. Surgical stabilization of the cervical spine. Surgery of spine trauma. New York: Churchill-Livingstone; 1989. p.397-523.
- 9) Allen BL Jr, Ferguson RL, Lehmann TR, O'Brien RP. A mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of the lower cervical spine. Spine. Phila Pa 1976 1982;7:1-27.
- 10) Rovin RA, Brown JT, Meyer PR Jr. Traumatic spondylolisthesis of the lower cervical spine: case report. Neurosurgery 1992;30:124-7.
- 11) Menku A, Kurtsoy A, Tucer B, Oktem IS, Akdemir H. The surgical management of traumatic C6-C7 spondyloptosis in a patient without neurological deficits. Minim Invasive Neurosurg 2004;47:242-4.
- 12) Amundsen T, Weber H, Lilleås F, Nordal HJ, Abdelnoor M, Mag-naes B, et al. Lumbar spinal stenosis. Clinical and radiologic features. Spine. 1995;20:1178—86.
- 13) Torg JS, Pavlov H, Genuario SE, Sennett B, Wisneski RJ. et al. Neurapraxia of the cervical spinal cord with transient quadriplegia. 1986 J Bone Joint Surg Am 68:1354–1370

- 14) Pavlov H, Torg JS, Robie B, Jahre C. Cervical spinal stenosis: determination with vertebral body ratio method. *Radiology* 1987. 164:771–775
- 15) Edwards WC, LaRocca H The developmental segmental sagittal diameter of the cervical spinal canal in patients with cervical spondylosis. *Spine* 1983 8:20–27.
- 16) Herzog RJ, Weins JJ, Dillingham MF, Sontag MJ Normal cervical spine morphometry and cervical spine stenosis in asymptomatic professional football players. 1991.*Spine (Phila Pa 1976)* Jun;16(6 Suppl):S178-86.
- 17) Hernández Muñoz y M. Mitjavila Casanovas. Introducción a la tomografía computarizada. *Rev Esp Med Nucl.* 2006;25(3):206-16
- 18) Aebli N et al. The Torg-Pavlov ratio for the prediction of acute spinal cord injury after a minor trauma to the cervical spine. *Spine J.* 2013 Jun;13(6):605-12
- 19) Yilmazlar S, Kocaeli H, Uz A, Tekdemir I. Clinical importance of ligamentous and osseous structures in the cervical uncover- tebral foraminal region. *Clin Anat.* 2003;16:404—10.
- 20) Cook C, PT, Braga-Baiak A, Pietrobon R, Shah A, Neto AC, Barros N. Observer agreement of spine stenosis on magnetic resonance Imaging analysis of patients with cervical spine myelopathy. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008; 31: 271-276.
- 21) Shafaie FF, Wippold FJ, Gado M, Pilgram TK, Riew KD. Comparison of computed tomography myelography and magnetic resonance imaging in the evaluation of cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24: 1781-1785.
- 22) Yuichiro Morishita et al . The relationship between the cervical spinal canal diameter and the pathological changes in the cervical spine. *Eur Spine J* (2009) 18:877–883
- 23) Ikuo Murone. The importance of the sagittal diameters of the cervical spinal canal in relation to spondylosis and myelopathy. *J Bone Joint Surg Br.* 1974 Feb;56(1):30-6.
- 24) D.S. Evangelopoulos, P. Kontovazenitis, S. Kouris, X. Zlatidou et al. Computerized Tomographic Morphometric Analysis of the Cervical Spine. *The Open Orthopaedics Journal*, 2012, 6, 250-254

- 25) Waly FJ, Abduljabbar FH, Nooh A, Weber M et al. Preoperative Computed Tomography Myelography Parameters as Predictors of Outcome in Patients With Degenerative Cervical Myelopathy: Results of a Systematic Review . *Global Spine Journal* 2017, Vol. 7(6) 521-528
- 26) Radue EW, Weigel M, Wiest R, Urbach H. Introduction to Magnetic Resonance Imaging for Neurologists. *Continuum (Minneapolis)* 2016;22(5):1379–1398
- 27) Horowitz AL. MRI physics for physicians. New York, NY: Springer Verlag, 1989.
- 28) McRobbie DW, Moore EA, Graves MJ, Prince MR. MRI from picture to proton. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- 29) Freeman TB, Martinez CR. Radiological evaluation of cervical spondylotic disease: limitation of magnetic resonance imaging for diagnosis and preoperative assessment. *Perspect Neurol Surg.* 1992;3:34-36.
- 30) Oseph S, Torg et Al . The Relationship of Developmental Narrowing of the Cervical Spinal Canal to Reversible and Irreversible Injury of the Cervical Spinal Cord in Football Players. An Epidemiological Study. *J Bone Joint Surg Am.* 1996 Sep;78(9):1308-14.
- 31) J. H. Stanley , S. I. SchabeP, G. D. Frey , and G. D. Hungerford . Quantitative analysis of the cervical spinal canal by computed tomography. *Neuroradiology* (1986) 28:139-143
- 32) Chazono M, Tanaka T, Kumagai Y, Sai T, Marumo K. Ethnic differences in pedicle and bony spinal canal dimensions calculated from computed tomography of the cervical spine: a review of the English-language literature. *Eur Spine J* (2012) 21:1451–14
- 33) Panjabi MM, Duranceau J, Goel V, Oxland T, Tanaka K (1991) Cervical human vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions. *Spine* 16:861–869
- 34) Lau BPH, Hey HWD, Lau ET, Nee PY, Tan KA, Tan WT. The utility of magnetic resonance imaging in addition to computed tomography scans in the evaluation of cervical spine injuries: a study of obtunded blunt trauma patients. *Eur Spine J.* 2017 Oct 9. doi: 10.1007/s00586-017-5317-y.
- 35) Yue WM, Tan SB, Tan MH, Koh DC, Tan CT. The Torg-Pavlov ratio in cervical spondylotic myelopathy. A comparative study between patients with cervical spondylotic myelopathy and a nonspondylotic nonmyelopathic population. *Spine*

2001; 26(16): 1760-4.

- 36) Freeman TB, Martinez CR. Radiological evaluation of cervical spondylotic disease: limitation of magnetic resonance imaging for diagnosis and preoperative assessment. *Perspect Neurol Surg.* 1992;3:34-36.
- 37) Masashi Miyazaki et al. Morphological Analysis of the Cervical Pedicles, Lateral Masses, and Laminae in Developmental Canal Stenosis. *Spine • Volume 35 • Number 24 • 2010*
- 38) Valère Debois et al. Soft Cervical Disc Herniation. Influence of Cervical Spinal Canal Measurements on Development of Neurologic Symptoms. *Spine • Volume 24 • Number 19 • 1999*
- 39) Inoue H, Ohmori K, Takatsu Y, Teramoto T, Ishida Y, Suzuki K (1996) Morphological analysis of the cervical spinal canal, dural tube and spinal cord in normal individuals using CT myelography. *Neuroradiology* 38:148–151
- 40) Walter C. Edwards MD. Et al The developmental Segmental Sagittal Diameter in combined cervical and lumbar Spondylosis. *Spine . volume 10 . number 1 . 1985*
- 41) Yi Zeng, Wang W(1988) CT measurement of the normal cervical and lumbar spinal canal in Chinese. *Chin Med J* 101:898–90Tan SH, Teo EC, Chua HC (2004) Quantitative three-dimensional anatomy of cervical, thoracic, and lumbar vertebrae of Chinese Singaporeans. *Eur Spine J* 13:137–146
- 42) Jones, E. Ladd et al. Cervical Pedicle Screws Versus Lateral Mass Screws: Anatomic Feasibility and Biomechanical Comparison. May 1st, 1997 - Volume 22 - Issue 9 - p 977-982