



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA**

HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

***“ESTUDIO MORFOMÉTRICO DE
MESENCÉFALO CON TÉCNICA DE KLINGLER”***

**TESIS DE POSGRADO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN NEUROCIRUGÍA**

P R E S E N T A

DR. MOISÉS M JIMÉNEZ JIMÉNEZ

ASESOR:

**DR. LUIS DELGADO REYES
MÉDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA DEL
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO**



MÉXICO, D. F.

FEBRERO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DR. CARLOS VIVEROS CONTRERA.
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

DR. RAFAEL MENDIZABAL GUERRA.
JEFE DEL SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA.
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE NEUROCIRUGÍA.
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO.

DR. LUIS DELGADO REYES
ASESOR DE TESIS.
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO.

Dedicatoria

Mi Tesis la dedico...

...a Dios. Gracias por permitirme la oportunidad de vivir y de disfrutar del tesoro invaluable que son mi familia y mis amigos...

... con el cariño de mi corazón a mamá y papá por darme las herramientas para construir mi futuro, por darme el impulso, por dedicarme su vida y todo su amor sin condición...estoy muy orgulloso de ustedes

... a mis hermanos Marco Antonio y María Elena, por acompañarme en todo momento tanto en la distancia como en momentos difíciles y ser mi motivo de alegría...

...a Stefany Alcántara M, por dar a mi vida el matiz y la experiencia del color que resalta en mis pensamientos y satura mis sentimientos hasta en lo más profundo de mi alma. ¡Gracias mi preciosa nena!...

... a mis amigos, por ser incondicionales, invaluables, perdurables y auténticos. Los llevo en el pensamiento y en mi recuerdo a todo momento...

... a mis compañeros por todas esas experiencias inolvidables que van forjando mi carácter...

... a los pacientes que su vida en mis manos confiaron entregados plena y a ojos cerrados...por ustedes

... a mis maestros por las invaluables enseñanzas que en mi trayectoria sembraron...

Y... especialmente a ti mamá, te extraño mucho, sinceramente espero volver a verte un día...

ÍNDICE

Resumen	1
1.0. Introducción	4
1.1.0. Marco Teórico	4
1.1.1. Origen y situación del mesencéfalo	4
1.1.2. Anatomía externa del mesencéfalo	7
1.1.3. Configuración externa del mesencéfalo	10
1.1.4. Estudios anatómicos del mesencéfalo	14
1.2.1. Técnica de Klingler	17
1.3.1. Cirugía de mesencéfalo	18
2.0. Planteamiento del problema	23
3.0. Justificación y uso de los resultados	25
4.0. Hipótesis	27
5.0. Objetivos	29
5.1. Objetivo general	29
5.2. Objetivos específicos	29
6.0. Material y Métodos	31
6.1. Diseño del estudio	31
6.2.1. Criterios de entrada	32
6.2.2. Criterios de salida	32
6.3. Variables del estudio	32
7.0. Análisis estadístico	33
8.0. Resultados	35
9.0. Discusión	47
10.0. Conclusiones	53
11.0. Bibliografía	55

RESUMEN.

Introducción: Los estudios anatómicos existentes del mesencéfalo hacen énfasis en la anatomía externa con visualización directa e interna a través del estudio microscópico. La técnica por congelación de Klingler para el estudio de las fibras del tronco encefálico ha sido poco utilizada. Su aplicación en esta región proporcionará información que ayude en el tratamiento de las lesiones situadas en el mesencéfalo.

Material y métodos: Se estudiaron 10 especímenes (20 lados) de mesencéfalo con técnica de Klingler. Se procedió a la disección y medición de los pedúnculos cerebrales, con atención de sus fibras Frontopontinas (FP), el Tracto Corticoespinal (CE) y las fibras Parietotemporooccipitopontinas (FPTOP). Se estudió al tercer par craneal (III) en su trayecto parenquimatoso. Posteriormente, se hicieron cortes en el mesencéfalo a nivel de colículo superior (CS) y colículo inferior (CI), se realizó disección desde el surco mesencefálico lateral (SML) en cada uno de los niveles, hacia la profundidad y se midieron las distancias hacia el borde posterior de la sustancia nigra (SN), fascículo longitudinal medial (FLM), sustancia gris periacueductal (SGP), decusación del pedúnculo cerebeloso superior (PCS) y núcleo del cuarto nervio craneal (IV) en el nivel del colículo inferior (CI), mientras que en el nivel del colículo superior (CS) se realizaron mediciones hacia núcleo rojo (NR), borde posterior de la sustancia nigra (SN), núcleo de Edinger-Westphal (NEW), Fascículo Longitudinal Medial (FLM), y sustancia gris periacueductal (SGP). Todos los pasos de la disección se realizaron con espátulas de madera, instrumentos de microdisección y sistemas de succión, bajo visión con magnificación de 6x a 20x, utilizando microscopio Zeiss OPMI 1.

Resultados: Encontramos que las mediciones morfométricas desde la superficie de mesencéfalo a la profundidad no presentan cambios significativos de un espécimen a otro, con valores mínimos en la desviación estándar de los datos. Las fibras frontopontinas (FP), corticoespeinales (CE) y parietotemporoopontinas (PTOP) se dividen por surcos que son menos constantes, apareciendo solo en 15% para la división de las fibras CE y FP, mientras que se aprecia en 90% de los lados. La presencia del surco mesencefálico lateral se encuentra en el 100% de los especímenes, siendo la referencia externa más constante.

Discusión: Los datos obtenidos en sus descripciones cualitativas nos ha permitido sugerir la formación de un modelo de cuadrantes para el estudio del mesencéfalo, con diferentes componentes a cada uno. Los límites inferiores en cada rango deben servir como guía para la exploración quirúrgica y ser apoyado por otras herramientas tales como el monitoreo transoperatorio.

Conclusiones: La técnica de Klingler aporta conocimiento anatómico tridimensional que puede tener aplicación quirúrgica. Las fibras CE, FP y PTOPTOP siguen un curso diferente al descrito previamente. El mesencéfalo puede dividirse en cuadrantes para su abordaje quirúrgico.

1. Datos del alumno

Jiménez

Jiménez

Moisés Mayolo

55 29 15 29 28

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina

Neurocirugía

096267909

2. Datos del Asesor

Delgado

Reyes

Luis

3. Datos de la tesis

“Estudio Morfométrico de Mesencéfalo con técnica de Klingler”
58 pags.

Folio: HJM1965/10.12.16-R

INTRODUCCIÓN

1.0.0. INTRODUCCIÓN.

El mesencéfalo pertenece al tronco encefálico, en este trabajo de tesis, en orden de tener una definición precisa del mesencéfalo abordaremos al tronco encefálico en su conjunto inicialmente, por la estrecha relación con el puente y la médula oblongada. Posteriormente, abordaremos al mesencéfalo en relación a la importancia particular de esta región del sistema nervioso central desde el punto de vista embriológico, anatómico y funcional, haciendo énfasis en los estudios anatómicos realizados en el área. Con ello también se entenderá el impacto que tienen las patologías en esta zona tan delicada del Sistema Nervioso Central, resaltando las que en este momento reciben tratamiento quirúrgico.

La técnica de Klingler, mediante la congelación del encéfalo, sirve principalmente para estudiar la sustancia blanca del Sistema Nervioso Central, su uso en el tronco encefálico ha sido limitado a unos pocos estudios reportados en la literatura. En este trabajo aplicamos la mencionada técnica al mesencéfalo con objeto de obtener conocimiento para su posible aplicación quirúrgica. La mejoría en los índices de sobrevida de los pacientes sometidos a tratamiento quirúrgico en esta zona es un constante objetivo de los trabajos científicos en el área con el que pretendemos contribuir con la siguiente obra.

1.1.0 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Origen y situación del mesencéfalo en el Sistema Nervioso Central

El Sistema Nervioso Central para estudio se divide en Encéfalo y Médula Espinal [1]. El primero, a su vez se divide en tres segmentos, en base a las

tres vesículas encefálicas primitivas: 1) *El cerebro posterior o rombencéfalo*: que deriva de la vesícula encefálica posterior y que da origen a la médula oblongada, puente y cerebelo 2) *El cerebro medio o mesencéfalo*: que procede de la vesícula encefálica media y está constituido por los pedúnculos cerebrales y los colículos y, finalmente 3) *El cerebro anterior o prosencéfalo* que comprende las diferentes partes de los centros nerviosos derivados de la vesícula encefálica anterior, es decir, los hemisferios cerebrales y las formaciones interhemisféricas [1] (figura 1).

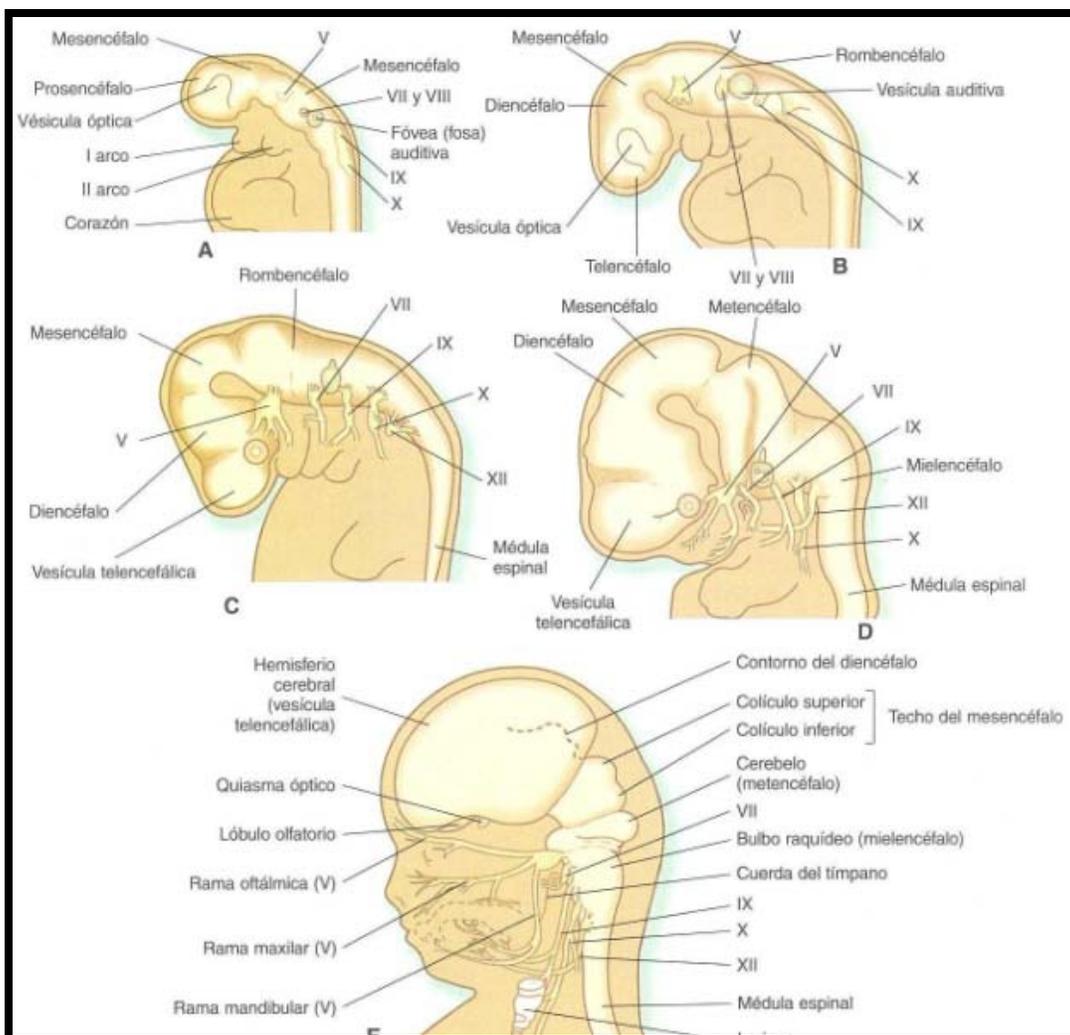


Figura 1. Desarrollo embrológico del sistema nervioso central. A) Inicialmente existen tres vesículas. Prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo. B) C) D) y E) Estadios posteriores de desarrollo en los que se originan de la vesícula anterior o prosencéfalo el diencefalo y los hemisferios cerebrales. La vesícula media origina al mesencéfalo y la vesícula posterior da origen al puente, bulbo raquídeo y el cerebelo. (Tomada de Carlson, Embriología humana y biología del desarrollo, 3ª edición)

En este esquema de desarrollo embriológico anteriormente descrito, el tronco encefálico, que se compone de médula oblongada y puente derivan de la vesícula posterior, mientras que el mesencéfalo deriva de la vesícula media [1]. El tronco del encéfalo se ubica en la fosa posterior y conecta al diencefalo, situado rostralmente con la médula espinal de forma caudal, representa solamente la quincuagésima parte de la masa y peso del encéfalo, sin embargo es una estructura vital al contener importantes vías de paso entre la médula espinal, cerebro y cerebelo. Contiene en su interior los núcleos de los 10 últimos pares craneales, además de núcleos que le son propios y que regulan funciones tan complejas como son el ciclo sueño vigilia [1], el despertar [1], la deglución [1], la motilidad voluntaria, conducta sexual e incluso se ha reportado que algunos de estos núcleos podrían tener importancia en funciones cognoscitivas [1].

El tronco encefálico se localiza en la fosa posterior por delante del cerebelo que lo cubre y posterior al clivus, hacia arriba cruza la incisura tentorial y hacia abajo cruza ligeramente el foramen magno [1-3]. Su límite superior se traza con una línea que va de la comisura posterior a los cuerpos mamilares, y se separa así del diencefalo, mientras que su límite inferior va en dirección de una línea que cruza el sector medio del arco anterior del atlas, a la altura del primer nervio craneal y lo separa de la médula espinal. La forma general es de un cono invertido, su menor diámetro es a nivel bulbar (10 a 12 mm) en tanto que el mayor corresponde a la protuberancia y al mesencéfalo (aproximadamente 40 mm). Dos surcos horizontales se encargan de dividir al mesencéfalo en tres sectores de arriba hacia abajo: mesencéfalo, puente y bulbo raquídeo. A su vez, tres surcos separan al mesencéfalo del cerebelo: cerebelo-mesencefálico, cerebelo-pontino y cerebelo bulbar.

1.1.2 Anatomía Externa del Mesencéfalo

Procede de la transformación de la vesícula encefálica media. El límite anatómico anterior del mesencéfalo se encuentra, como ya se ha mencionado, trazando una línea que va de la comisura posterior a los cuerpos mamilares, separándose así del diencefalo [4]. Su límite inferior se encuentra a nivel del surco ponto-mesencefálico. Desde el punto de la anatomía externa el mesencéfalo se divide del diencefalo por el surco entre los tractos ópticos y los pedúnculos cerebrales [4]. En una vista anterior o ventral destaca la presencia de una depresión, triangular, de base superior, localizada en la línea media, llamada fosa interpeduncular que contiene a su vez la sustancia perforada posterior en el fondo, esta última denominada así por la presencia de numerosos orificios que se encuentran atravesados por los vasos sanguíneos [2]. Las raíces del tercer par craneal surgen en la profundidad de la fosa interpeduncular y forman también parte de las paredes de ésta, lateral a la sustancia perforada posterior [2]. En ocasiones, se describe un surco denominado *surco del nervio oculomotor* que se encuentra a nivel del borde medial del pedúnculo cerebral. Una depresión en la línea media conocida como el foramen ciego superior, se encuentra en la parte más caudal de la fosa interpeduncular [5]. Destaca en esta vista la presencia de los pedúnculos cerebrales, se encuentran formados por los haces de las fibras frontopontinas (FP) ocupando el quinto medial, las fibras del haz corticoespinal (CE) en los tres quintos intermedios y las fibras parietotemporooccipitopontinas (PTOP) en el quinto lateral restante, en conjunto forman las paredes laterales de la fosa interpeduncular en su borde medial, con una superficie convexa, llevan una dirección superior, anterior y lateral, se funden superiormente en la parte inferior del diencefalo (figura 2).

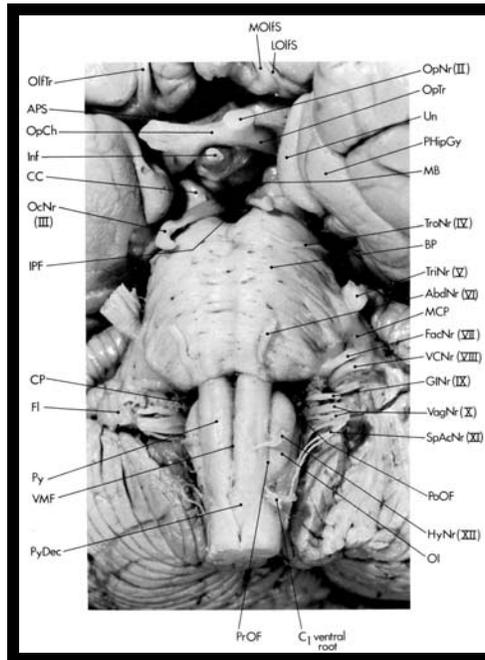


Figura 2. Vista de la cara ventral o anterior del tronco encefálico. El mesencéfalo se ubica en la parte más rostral del tronco encefálico, por delante del cerebelo y por detrás del Clivus. Abreviaturas MOIfS= Estría Olfatoria Medial, LOIfS= Estría Olfatoria Lateral, OlfTr= Tracto Olfatorio, OpNr= Nervio Optico, OpTr= Tracto Optico, APS= Sustancia Perforada Anterior, OpCh= Quiasma Optico, Un= Uncus, PHipGy= Giro Parahipocámpico, Inf= Infundíbulo, CC= Crus Cerebri, MB= Cuerpo Mamilar, OcNr (III)= Nervio Oculomotor, IPF= Fosa Interpeduncular, TroNr (IV)= Nervio Troclear, BP= Cara anterior del puente, TriNr (V)= Nervio Trigémico, AbdNr (VI)= Nervio Abducent, MPC= Pedúnculo Cerebeloso Medio, FacNr (VII)= Nervio Facial, VCNr (VIII)= Nervio Vestibulococlear, CP= Plexo Coroideo del IV Ventriculo, FI= Flocculus Cerebelli, GINr (IX)= Nervio Glossofaríngeo, VagNr (X)= Nervio Vago, SpAcNr (XI)= Nervio Nervio Accesorio espinal, Py= Pirámide bulbar, VMF= Fisura (surco) Medio Anterior, PoOF= Fisura (fosita) Postolivar (retrolover), HyNr (XII)= Nervio Hipogloso, PyDec= Decusación Piramidal, OI= Oliva Inferior, PrOF= Fisura (surco) Preolivar, C1 ventral root= Raíz Ventral de Cervical (Tomada de disecciones Dr. Valadez)

En la cara lateral del mesencéfalo se aprecia la división hecha entre el mesencéfalo y el puente por el surco pontomesencefálico se extiende desde el foramen ciego superior al surco mesencefálico lateral, un surco vertical que divide el tegmento de los pedúnculos cerebrales. Este surco se extiende desde el cuerpo geniculado lateral como límite superior al surco pontomesencefálico inferiormente y se continua con el surco interpeduncular que separa el pedúnculo cerebeloso superior del medio.

En su cara posterior (figura 3) se encuentra la región pineal por su estrecha relación con esta estructura [6], que presenta un techo, piso, pared anterior y

paredes laterales, la lámina cuadrigémina se encuentra en el centro de la pared anterior, ésta se divide en colículos superiores y colículos inferiores, los primeros se relacionan con los cuerpos geniculados laterales y por ende, con la vía visual, mientras que los inferiores se relacionan con los cuerpos geniculados mediales y se relacionan con la vía auditiva. Los colículos superiores se encuentran separados de los inferiores por un surco cóncavo superiormente, mientras que los colículos derechos se encuentran separados de los izquierdos por un surco anteroposterior. Por debajo de los colículos inferiores se encuentra la emergencia del IV par craneal.

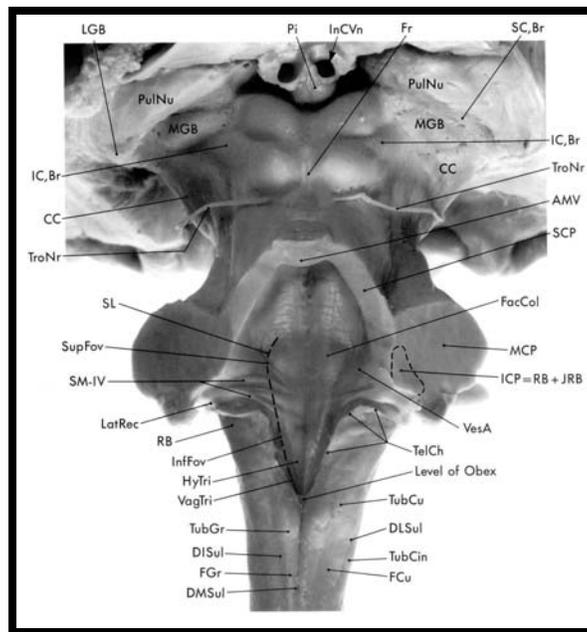


Figura 3. Vista Posterior del tronco encefálico en donde se muestra la cara posterior del mesencéfalo demarcada por los colículos superiores e inferiores. Cada par de colículos cuenta con un brazo de tejido que los conecta con los cuerpos geniculados. Por debajo del colículo inferior encontramos la emergencia del cuarto par craneal. Abreviaturas LGB= Cuerpo Geniculado Lateral, Pi= Glándula Pineal, InCVn= Vena Cerebral Interna, SC,Br= Brazo del Colículo Superior, PulNu= Núcleo Pulvinar Talámico, MGB= Cuerpo Geniculado Medial, IC,Br= Brazo del Colículo Inferior, CC= Crus Cerebri, TroNr= Nervio Troclear, Fr= Frenulum Colliculi (Frenillo), AMV= Velo Medular Anterior (Superior), SCP= Pedúnculo Cerebeloso Superior, SL= Surco Limitante, FacCol= Colículo Facial, SupFov= Fovea (Fosita) Superior, SMIV= Estructuras Medulares del IV Ventriculo, MCP= Pedúnculo Cerebeloso Medio, ICP= Pedúnculo Cerebeloso Inferior, LatRec= Receso Lateral, VesA= Area Vestibulococlear, RB= Cuerpo Restiforme, InfFov= Fovea Inferior, TelCh= Tela Coroidea, HyTri= Trígono Hipoglosal, Ovex= Cerrojo, VagTri= Trígono Vagal, TubCu= Tubérculo Cuneatus, TubGr= Tubérculo Gracilis, DLSul= Surco Dorsolateral, TubCin= Tubérculo Cinereum, FG= Fascículo Gracilis, FCu= Fascículo Cuneatus, DMSul= Surco Medio Posterior (Tomada de disecciones Dr. Valadez)

1.1.3 Configuración Interna del Mesencéfalo

Haciendo un corte transversal del mesencéfalo, lo podemos dividir en tres porciones: la primera de ellas son los pedúnculos cerebrales (*cruz cerebri*) que se encuentran por delante de la *sustancia nigra*, mientras que por detrás de ésta se encuentra el segmento intermedio denominado calota (*tegmento*) y por detrás de una línea imaginaria que cruza el acueducto de Silvio encontramos la placa cuadrigeminal o el tecto (*tectum*) [1, 7]. La región de los pedúnculos cerebrales se encuentra principalmente formada por las fibras de los tractos descendentes provenientes de la corteza y algunas provenientes de centros subcorticales. Estas fibras se distribuyen de la siguiente manera: Las fibras frontopontinas ocupan el quinto medial y provienen principalmente del brazo anterior de la cápsula interna. Por otro lado las fibras corticoespinales ocupan los tres quintos intermedios y provienen del brazo posterior de la cápsula interna rostralmente y caudalmente se continúan con la base del puente y, más caudalmente aún, se continúan con las pirámides en la médula oblongada. Finalmente, las fibras corticoparietotemporopontinas ocupan el quinto lateral. La sustancia nigra se encuentra justo por detrás de las fibras en los pedúnculos cerebrales y contiene neuronas pigmentadas, divididas en dos zonas, la porción compacta y la porción reticulada. Por detrás de la sustancia nigra localizamos la calota del mesencefalo o tectum, aquí encontramos 1) fibras ascendentes y descendentes y 2) grupos nucleares. Se mencionarán a continuación, las vías tanto ascendentes y descendentes, así como los grupos nucleares que revisten importancia para este trabajo (figura 4).

En las fibras ascendentes y descendentes encontramos, dentro de las primeras, a las fibras procedentes del *brachium conjunctivum* (pedúnculo

cerebeloso superior), que provienen del núcleo dentado del cerebelo con dirección al núcleo rojo, presentan una decusación a nivel del colículo inferior antes de terminar en el núcleo rojo. El *lemnisco medial*, otro sistema de fibras ascendentes se encuentra lateral a la decusación, este sistema de fibras transporta el tacto discriminativo y la vibración. El *lemnisco trigeminal* se encuentra por detrás del lemnisco medial y comparte el trayecto con este último hacia el tálamo [1, 7]. El *tracto espinotalámico* se encuentra justo lateral al lemnisco medial y se encarga principalmente de llevar sensaciones relacionadas con el dolor y la temperatura. El *lemnisco lateral* se encuentra justo dorsal y lateral al tracto espinotalámico y es parte de la vía ascendente auditiva. El *fascículo longitudinal medial* se encuentra en una posición profunda en el tegmento del mesencéfalo, tiene la función de comunicar entre sí los núcleos encargados de la motilidad ocular. Otros tractos encontrados a este nivel son el *tracto tegmental central* y el *fascículo rubroespinal* [1, 7](figura 4).

Los grupos nucleares del mesencéfalo son múltiples y muchos de ellos se encuentran estrechamente relacionados, como ocurre con los núcleos encargados de la motilidad ocular a través del *fascículo longitudinal medial*, muchos de estos núcleos participan en múltiples funciones, las cuales aún no se categorizan del todo y cada día son más complejas.

El *núcleo del nervio troclear* se encuentra a nivel del colículo inferior, sus fibras rodean a la sustancia gris periacueductal y emergen por debajo del colículo inferior. El *núcleo interpeduncular* es un grupo de células que se encuentra en la cisterna interpeduncular, recibe fibras del tracto habenuointerpeduncular y tiene funciones principalmente autónomas [1]. El *núcleo tegmental dorsal* se encuentra justo dorsal al fascículo longitudinal medial y tiene función autónoma.

El *núcleo tegmental ventral* junto con el núcleo tegmental dorsal participa en circuitos que controlan la conducta y la emoción [1]. El núcleo pedunculopontino se encuentra en mesencéfalo caudal y parte del puente rostral, es un núcleo encargado de funciones motoras principalmente, la estimulación directa a esta zona origina movimientos de la marcha de forma automática, por lo que se le llama *centro de la locomoción* [1]. Otros núcleos encontrados a este nivel son: *núcleo parabraquial pigmentoso*, *núcleo supratroclear*, *área parabigeminal* y *locus ceruleus*.

A nivel del colículo superior (figura 4) encontramos tractos que se originan a este nivel y que solo mencionaremos: tectoespinal, tectopontocerebeloso, tectoreticular, tectotalámico [1]. Por otro parte, la mayoría de los tractos ya mencionados a nivel del colículo inferior mantienen sus mismas posiciones dentro del tegmento. Sin embargo, es a este nivel donde aparecen otros grupos nucleares que son importantes para este trabajo. El *núcleo rojo* denominado así por el abundante aporte vascular que tiene, es la principal estructura a este nivel, terminan en este núcleo fibras procedentes del cerebelo a través del núcleo dentado del cerebelo. El *núcleo oculomotor* se encuentra dorsal al fascículo longitudinal medial, con una longitud de 10 mm y cerca de la línea media, contiene los grupos nucleares encargados de los movimientos oculares voluntarios. En la línea media y en estrecho contacto encontramos a los núcleos de Edinger-Westphal, encargados principalmente de dar la inervación parasimpática a la pupila. Los *núcleos accesorios oculomotores* como el núcleo intersticial de Cajal, el núcleo rostral intersticial del fascículo longitudinal medial, el núcleo de Darkschewitsch y el núcleo de la comisura posterior [1].

La sustancia gris periacueductal rodea el acueducto de Silvio contiene múltiples núcleos y vías tanto ascendentes como descendentes que se encargan de funciones varias tales como el control de dolor, el ciclo sueño-vigilia, la vocalización, la conducta reproductiva, modula los centros respiratorios, la conducta agresiva y los movimientos verticales de los ojos, participa además en los reflejos de llenado vesical y micción [1].

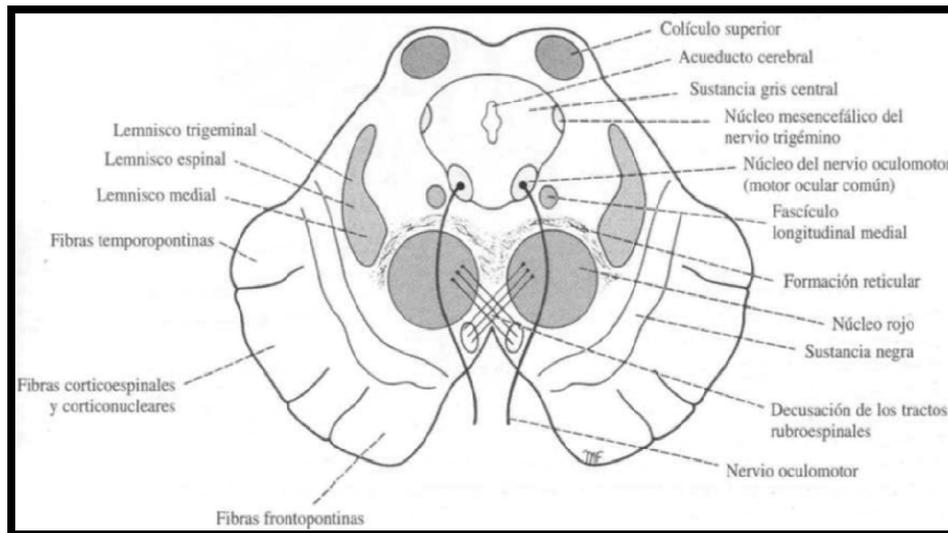


Figura 4. Esquema del mesencéfalo a nivel del CS. Se muestran los principales tractos ascendentes y descendentes a este nivel, así como los núcleos correspondientes. (Véase texto). Tomada de Snell R. "Neuroanatomía Clínica" 5ª Ed. 2001 Editorial Medica Panamericana

Por último encontramos por detrás de la sustancia gris periacueductal a nivel de una línea que cruza el acueducto de Silvio el tectum o región del techo en donde se encuentran los colículos superiores e inferiores, los primeros involucrados en la vía visual y los segundos siendo relevo de la vía auditiva [1, 7]. Se ha dicho ya que la anatomía externa en una vista posterior nos permite observar no solo los colículos si no también los brazos de los colículos que los conectan con los cuerpos geniculados.

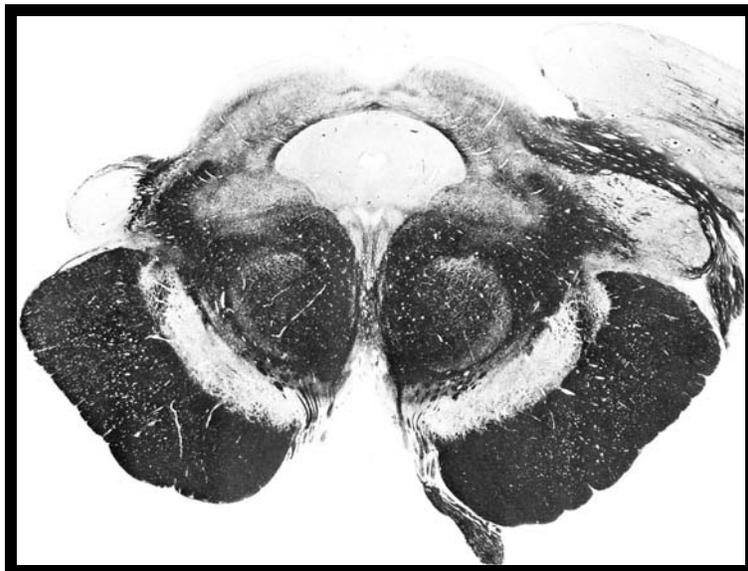


Figura 5. Corte de mesencefaloa nivel del pedúnculo cerebeloso superior con técnica de tinción de fibras mielínicas en negro. Se observan hacia la base del mesencéfalo los fascículos descendentes. Por detrás la sustancia nigra en forma de una banda blanca. En el tegmento se aprecia una estructura redondeada que corresponde al núcleo rojo, dorsal a este último encontramos la posición de los núcleos de Edinger Westphal, Núcleo del tercer par craneal. La Sustancia Gris Periacueductal se encuentra rodeando al acueducto de Silvio y por detrás encontramos a los colículos superiores.

La anatomía tanto interna como externa del mesencéfalo es compleja y se requiere su total comprensión antes de realizar un tratamiento quirúrgico de la zona, estudios con múltiples técnicas han abordado al mesencéfalo, los cuales analizaremos a continuación.

1.1.4 Estudios anatómicos del Mesencéfalo

La disección del cerebro comienza con los primeros intentos realizados por Constanzo Varolio (1543 – 1575) en 1575, que publica en su obra *De nervis optici* [8]. Las descripciones iniciales del Sistema Nervioso utilizaban analogías con otras partes de la anatomía, así pues las descripciones de los colículos superiores e inferiores hacían referencia a los testículos y a los glúteos, respectivamente. Los estudios iniciales, por tanto, estaban enfocados en la anatomía externa del mesencéfalo con descripciones detalladas de los

elementos que lo rodean, como arterias, venas, cisternas y elementos óseos [2].

Los estudios realizados de la anatomía interna del sistema nervioso enfocados en el análisis de los tractos probablemente son anteriores al siglo XVII, puesto que, a pesar de que la técnica no se encuentra descrita en la obra *De Homine* escrita por Descartes en 1662, describe la trayectoria de la vía óptica desde los nervios ópticos hasta un punto cercano al cuerpo geniculado lateral [9]. Posteriormente, Nicolas Steno (1638 – 1686) disecciona los tractos de la sustancia blanca del encéfalo en todas sus direcciones en la segunda mitad del siglo XVII [8]. Este fue el método para estudiar las relaciones internas entre los tractos y los centros del sistema nervioso central por casi dos siglos [9]. Esta técnica fue más tarde abandonada en la segunda mitad del siglo XIX por el uso cada vez más frecuente de las técnicas microscópicas. En el inicio del siglo XX cuando Golgi y Cajal reciben el premio nóbel, las técnicas de tinción se convierten en el método de elección para el estudio de la anatomía interna del Sistema Nervioso Central [9] (figura 5). Es hasta después de la primera mitad del siglo XX cuando se introduce la técnica de congelación del encéfalo para su estudio por Joseph Klingler, sin embargo, han sido pocas las publicaciones relacionadas con el uso de esta técnica desde la publicación de la obra *Atlas Cerebri Humani* [8, 10]. La utilidad clínica de esta técnica se demuestra con las publicaciones de Yasargil y Ture [11] enfocadas en la descripción de los tractos a nivel supratentorial, puesto que tales tractos se afectan principalmente en los tumores profundos a la corteza cerebral con extensiones periventriculares, o bien, ya sea lesiones puramente intraventriculares, cerca de la línea media donde las estructuras son aún más complejas y el tratamiento puede llevar a déficits más severos [11, 12]. El conocimiento obtenido ha permitido a los

autores desarrollar recomendaciones en los abordajes quirúrgicos a las lesiones profundas con el objeto de preservar las estructuras con mayor peso en la evolución posquirúrgica de los pacientes [11].

Recientemente, por ejemplo, la técnica de disección de fibras se ha utilizado para demostrar la presencia de las vías en el tronco encefálico en pocos especímenes en donde se ha seguido el trayecto del lemnisco lateral [9]. Recalde y cols. [4], aborda el estudio de la anatomía quirúrgica del tronco encefálico utilizando la técnica de Klingler desde el punto de vista de las “zonas de entrada seguras” (safe entry zones en inglés) para el tratamiento quirúrgico de las lesiones del tronco encefálico, con el objetivo de correlacionar de forma práctica los hallazgos de la anatomía y aplicarlos en la cirugía. Este mismo objetivo había sido ya abordado por Strauss y cols [13]. quienes definen la anatomía microscópica de los núcleos y tractos a través de cortes histológicos con el objetivo de definir más exactamente la posición en el piso del cuarto ventrículo para ayudar al momento de decidir abordajes quirúrgicos a través del cuarto ventrículo. Sin embargo, son solo dos muestras de la tendencia que existe al entendimiento ultraestructural que debe tener la microcirugía del Sistema Nervioso Central.

El uso de la tecnología con la introducción resonancia magnética ha permitido estudiar las conexiones producidas entre el sistema nervioso central utilizando el tensor de difusión de imagen [14]. Esta técnica se ha empleado para el estudio de encéfalos pos-mortem en fresco con el objetivo de establecer de forma más exacta los fascículos en el sistema nervioso humano [9]. Sin embargo, las aplicaciones de esta nueva tecnología revisten importancia clínica en el momento de planear abordajes quirúrgicos que involucran lesiones

profundas en el parénquima cerebral, así pues, además de un mejor entendimiento de la anatomía normal y la patológica se busca menor daño con los tratamientos aplicados [14].

1.1.5 Técnica de Klingler

En 1935 Joseph Klingler (1888 – 1963) introduce la técnica que lleva su nombre, de la congelación del encéfalo para la disección de la sustancia blanca y la publica en su obra *Atlas Cerebri Humani* [8, 10]. En dicha obra realiza un profundo estudio de haces de fibras del encéfalo, principalmente de la región supratentorial, dejando un vacío de la región del tronco del encéfalo y la medula espinal.

La técnica de disección de fibras de sustancia blanca, descrita por Klingler consiste en la fijación del encéfalo fresco de autopsia, con formalina al 10% durante cuatro semanas y posteriormente se somete a congelación a – 8 °C durante dos semanas, posterior a lo cual, el siguiente paso es descongelar el encéfalo y se procede a retirar los vasos sanguíneos, aracnoides y piamadre bajo visión con microscopio. Posteriormente, se retira la sustancia gris con disectores blandos de madera y equipo de microdisección, lo anterior permite dejar la sustancia blanca para su estudio [8, 10, 12].

El uso principal de ésta técnica ha sido en el espacio supratentorial dando como resultado la demostración de la fibras en la vía visual, los grandes fascículos supratentoriales antero posteriores, los tractos que rodean al sistema ventricular, empleada solo ocasionalmente para demostrar algunos tractos en el tronco encefálico [12].

La aplicación de esta técnica en el tronco encefálico no ha sido difundida ampliamente, por lo que creemos que su aplicación en el mesencéfalo permitirá, no solo ampliar los conocimientos en el área, si no sugerir recomendaciones para el tratamiento quirúrgico de las lesiones en esta área con el objetivo de mejorar el pronóstico de los pacientes con patologías intrínsecas del tallo cerebral.

1.1.6 Cirugía en Mesencéfalo

En el mesencéfalo, se ubican una cantidad importante de procesos morbosos, que van desde lesiones desmielinizantes hasta procesos neoplásicos [15], vasculares [16-26], pasando por infecciones [27] y procesos degenerativos. Especialmente en el caso de lesiones neoplásicas y vasculares éstas, bajo una cuidadosa selección de los casos pueden considerarse candidatas a tratamiento quirúrgico [7, 16-19, 21-24, 26], a pesar de no existir acuerdo entre la mayoría de los autores. Actualmente los cavernomas y tumores de origen glial constituyen las dos principales indicaciones de cirugía en esta zona [7, 16, 17, 19, 21]. Los primeros son lesiones vasculares que tienen la tendencia a ocasionar sangrados dentro del parénquima cerebral con la tendencia a comportarse como una lesión neoplásica especialmente, en el tronco encefálico [16, 20, 21, 28]. Al microscopio, se encuentra que se trata de lesiones hamartomatosas de vasos sanguíneos [20], que pueden presentar comportamiento agresivo con ruptura intraoperatoria [29]. Por otro lado, las lesiones tumorales de origen glial que se consideran ideales para el tratamiento quirúrgico, comúnmente son aquellas que se alcanzan la superficie del tronco encefálico con un plano aracnoideo que las separa del parénquima normal.

Mientras que aquellas lesiones profundamente situadas se reservan generalmente para un manejo más expectante o bien, se reservan a tratamientos tales como radiocirugía [16, 21, 22, 25, 30].

Sin embargo, las lesiones en el tronco del encéfalo, comúnmente se catalogan como lesiones con alta morbi-mortalidad [16, 21, 28]. Durante mucho tiempo el mesencéfalo, junto con las demás estructuras del tronco encefálico se ha considerado “tierra de nadie” sin que fuera posible el tratamiento de los cavernomas o los tumores gliales en esta zona [16, 18, 28].

La introducción de los estudios de imagen a partir de la segunda mitad del siglo XX con la tomografía axial computada y la resonancia magnética permiten el diagnóstico cada vez más preciso de los procesos morbosos del sistema nervioso central, puesto que permiten una visualización directa del parénquima cerebral y no solo indirecta como los datos que hasta entonces eran capaces de proporcionar la angiografía cerebral y el electroencefalograma [14, 16, 28]. Así pues, las patologías del tronco encefálico comienzan a diagnosticarse antes de que ocasionen la muerte a los pacientes y de forma más precisa [16].

A pesar de ello, las lesiones del tronco encefálico fueron abordadas anecdóticamente en casos aislados durante gran parte del siglo XX, y es hasta después de la segunda mitad de este siglo cuando estas lesiones comienzan a ser abordadas para su remoción quirúrgica [16, 28].

La primera remoción exitosa de un cavernoma pontino fue reportada en 1973 por Scott et al. Posteriormente Yoshimoto y Suzuki fueron los primeros en teorizar la posibilidad de abordar de forma quirúrgica los angiomas cavernosos

del tronco encefálico [31]. Desde entonces la cirugía del tronco encefálico ha sido cada vez más común para el tratamiento principalmente de los angiomas cavernosos y los tumores que afectan al mesencéfalo.

Con la cirugía del tronco encefálico aparece un término denominado las “zonas seguras de entrada” o *safety entry zones*, como se describe principalmente en la literatura anglosajona y manejado hasta la actualidad por muchos autores [7, 16, 31]. Sin embargo, este término define vagamente sitios en el tronco encefálico en donde el parénquima se puede incidir de forma más o menos impune sin causar mayor déficit, en aéreas del tronco encefálico que se encuentran libres de arterias perforantes [7, 16, 31]. En ocasiones, existe contradicción entre los autores sobre cómo definir de forma correcta estas áreas. Kyoshima et al., por su parte define un área paramedia para el acceso al cuarto ventrículo sobre el núcleo del facial [28], lo cual contrasta con lo reportado por Bricolo y Turazzi que recomiendan el acceso por la línea media para el acceso al piso de cuarto ventrículo [7].

En lo que respecta a la cirugía del mesencéfalo, ésta puede dividirse en cirugía de la región ventral y ventrolateral del mesencéfalo [7, 32], la vía más comúnmente empleada es la vía transilviana a través de abordajes pterionales, transcavernosos, según las necesidades y extensión de las lesiones [5, 7, 16, 24, 32]. A este nivel del mesencéfalo se han descrito corredores propuestos en la región lateral a la emergencia del tercer par para lesiones que se encuentran cerca de la superficie y mediales, en el borde de la pared de la cisterna interpeduncular. La ruta subtemporal se ha propuesto para lesiones más lateralmente situadas [24, 31, 33-35]. Los abordajes combinados para lesiones complejas se utilizan en forma menos frecuente [32, 36-38].

Recientemente Recalde y cols [4]., realiza un estudio de las zonas de entrada en el tronco encefálico en donde se propone la entrada a lesiones profundamente situadas a través del surco mesencefálico lateral. En lo que a la cara posterior del mesencéfalo se refiere las recomendaciones principales son los abordajes por vía suprecerebeloso infratentorial [24, 39]. Se ha descrito también la vía transacueductal para lesiones profundas del tegmento con buenos resultados [40]. Es aquí donde la importancia de los estudios subsecuentes de la anatomía ultraestructural revisten importancia para dejar de ver al mesencéfalo como una región inalcanzable desde el punto de vista quirúrgico y comenzar a explorar oportunidades para abordar patologías acompañados de un arsenal de herramientas, dentro de ello, el conocimiento anatómico. Con ello se pretende mejorar el pronóstico de los pacientes y quizás en el futuro de pueda ampliar la gama de lista de patologías susceptibles de tratamiento quirúrgico en el mesencéfalo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.0.0. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las lesiones intrínsecas del tronco encefálico son devastadoras y comúnmente consideradas inalcanzables desde el punto de vista quirúrgico, con altas probabilidades de secuelas severas o aún, la muerte. Los avances en las técnicas microquirúrgicas hacen cada vez más posible la resección de lesiones en zonas consideradas previamente “tierra de nadie” en el tronco encefálico. El estudio anatómico dirigido al entendimiento matemático y espacial de la microestructura de los núcleos y tractos en el mesencéfalo en relación a sus elementos de superficie ayudarán a definir zonas de mayor a menor seguridad para la disección microquirúrgica inicialmente, buscando como consecuencia inmediata, un impacto positivo en el pronóstico de los pacientes que se someten a cirugía del mesencéfalo. Además, los datos aquí presentados, podrían aportar en el futuro ideas que sirvan para tratamientos emergentes y expandir la corta lista de padecimientos que pueden resolverse en esta región del Sistema Nervioso Central.

JUSTIFICACION Y USO DE LOS RESULTADOS

3.0.0. JUSTIFICACION Y USO DE LOS RESULTADOS.

El conocimiento anatómico morfométrico de la configuración externa del tallo cerebral en relación a estructuras subyacentes, como núcleos y tractos, utilizando la técnica de Klingler, proporcionará una comprensión tridimensional que se busca, sea de ayuda vital al cirujano encargado del tratamiento quirúrgico de las lesiones profundamente situadas en el mesencéfalo. Esperamos, de igual forma, que esto se vea reflejado en el pronóstico de los pacientes que son tratados por cirugía en mesencéfalo.

HIPÓTESIS

4.0.0. HIPÓTESIS.

La anatomía externa del mesencéfalo, sus núcleos y tractos parenquimatosos tendrán datos morfométricos constantes al estudiarlos con la técnica de Klingler de tal forma que será posible estimar zonas de seguridad al momento de realizar disecciones quirúrgicas.

OBJETIVOS

5.0.0. OBJETIVOS.

5.1.0 Objetivo General

Definir relaciones morfométricas entre la anatomía externa y estructuras parenquimatosas del mesencéfalo por medio de la técnica de disección de fibras descrita por Klingler.

5.2.0 Objetivos Específicos

1. Realizar mediciones morfométricas de las fibras Frontopontinas (FP), Corticoespinales (CE) y Parietotemporooccipitopontinas (PTOP) en la base del mesencéfalo.
2. Describir la anatomía relacionada con las fibras del tercer par en la cisterna interpenduncular, su relación con el núcleo rojo (NR) y su trayecto parenquimatoso.
3. Realizar mediciones morfométricas desde el surco mesencefálico lateral (SML) hacia estructuras profundas como tractos y núcleos en a nivel de colículo superior (CS) y colículo inferior (CI).
4. Encontrar corredores quirúrgicos de seguridad entre tractos y núcleos que permitan evadir zonas elocuentes en el mesencéfalo.
5. Describir y proponer zonas de riesgo creciente en el mesencéfalo que ayuden a tomar decisiones quirúrgicas

MATERIAL Y MÉTODOS

6.0.0 MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1.0 Diseño del estudio.

Es un estudio descriptivo, prospectivo, no experimental, observacional y transversal.

Se estudiaron 10 especímenes (20 lados) de tronco encefálico, con especial atención en mesencéfalo, se les retiró aracnoides, vasos sanguíneos, duramadre, previamente fijados con formalina al 10 % durante cuatro semanas y posteriormente se sometieron a congelación, a una temperatura de – 15 °C durante 8 días. Después de este tiempo, los especímenes se descongelaron completamente y se realizaron mediciones de los elementos de superficie del mesencéfalo sus caras anteriores, laterales y posteriores. Se procedió a la disección de los pedúnculos cerebrales, siguiendo los tractos desde la cápsula interna hasta el mesencéfalo y se realizaron transversales las fibras Frontopontinas (FP), el Tracto Corticoespinal (CE) y las fibras Parietotemporooccipitopontinas (FPTOP) en mesencéfalo. Se sigue el trayecto de las fibras del tercer par craneal desde la fosa interpeduncular hasta su núcleo de origen con el objeto de describir su trayecto parenquimatoso y su relación con el núcleo rojo. Posteriormente, se hicieron cortes mesencéfalo a nivel de colículo superior (CS) y colículo inferior (CI), se realizó disección desde el surco lateral mesencefálico (SML) en cada uno de los niveles, hacia la profundidad y se midieron las distancias hacia el borde posterior de la sustancia nigra (SN), fascículo longitudinal medial (FLM), sustancia gris periacueductal (SGP), decusación del pedúnculo cerebeloso superior (PCS) y núcleo del cuarto nervio craneal en el nivel del colículo inferior (CI), mientras que en el nivel del colículo superior (CS) se realizaron mediciones hacia núcleo rojo (NR), borde posterior de la sustancia nigra (SN), núcleo de Edinger-

Westphal (NEW), Fascículo Longitudinal Medial (FLM), y sustancia gris periacueductal (SGP). Además, se definieron los grados en los que se encuentran tales estructuras a partir de las zonas de entrada. Todos los pasos de la disección se realizaron con espátulas de madera, instrumentos de microdisección y sistemas de succión, bajo visión con magnificación de 6x a 20x, utilizando microscopio Zeiss OPMI 1.

6.2.0 Criterios de Entrada

1. Se utilizaron 10 especímenes (20 lados) de tronco encefálico proporcionados por el departamento de Anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México, sin patología en el tronco encefálico.

6.3.0 Criterios de Salida

1. Aquellos especímenes que se encontraron con patología del sistema nervioso central en su anatomía externa.
2. Especímenes que mostraron lesiones parenquimatosas en el momento de las disecciones se excluyeron del estudio.

6.4.0 Variables

Las variables incluidas en este estudio fueron las siguientes:

1. Anatomía externa del mesencéfalo: descripción cualitativa de las caras anteriores, laterales y posteriores del mesencéfalo.
2. Estructuras parenquimatosas del mesencéfalo: son variables de tipo dimensionales.

- a. Medición de las fibras Frontopontinas (FP), el Tracto Corticoespinal (CE) y las fibras Parietotemporooccipitopontinas (FPTOP).
 - b. Distancias desde el SML hacia el borde posterior de la sustancia nigra (SN), fascículo longitudinal medial (FLM), sustancia gris periacueductal (SGP), núcleo del cuarto par craneal (IV) y decusación del pedúnculo cerebeloso superior (PCS) en el nivel del colículo inferior (CI).
 - c. Mediciones desde el SML hacia núcleo rojo (NR), borde posterior de la sustancia nigra (SN), núcleo de Edinger-Westphal (NEW), sustancia gris periacueductal (SGP) y núcleo del tercer par (III) en el nivel del colículo superior (CS).
 - d. Grados en los que se encuentran tales estructuras a partir de las zonas de entrada.
3. Otras estructuras del mesencéfalo se describieron de forma cualitativa.
- a. Fibras del tercer par craneal (III) desde la fosa interpeduncular hasta su núcleo de origen y su relación con el núcleo rojo.
 - b. Morfología del SML

6.5.0 Análisis Estadístico.

Las variables dimensionales se cuantificaron en milímetros y se analizaron por medio de medias y desviación estándar.

RESULTADOS

8.0.0. RESULTADOS.

En esta descripción se incluyó la información de los 10 especímenes en los que aplicó la técnica de Klingler. Los resultados se dividieron en los apartados siguientes:

1. Cara ventral o anterior

El mesencéfalo es la porción más anterior del tronco encefálico, en su cara anterior o ventral encontramos los pedúnculos cerebrales, continuación de las fibras procedentes de la cápsula interna que forman el tracto corticoespinal (CE) y corticobulbar (CB), siguen a nivel del mesencéfalo una dirección de lateral a medial, formando un ángulo de 15 a 20 grados respecto de la línea media vertical, teniendo un reacomodo de las fibras a este nivel conforme descienden hacia el puente (figura 6).

Realizamos mediciones de la distancia en el sentido vertical y transversal de los pedúnculos cerebrales. Como límites, para la distancia vertical, se consideró el surco entre el mesencéfalo y el nervio óptico rostralmente, mientras que el límite inferior es el surco pontomesencefálico. Los límites para distancia transversal fueron la fosa interpeduncular medialmente y el SML lateralmente. La distancia media del pedúnculo cerebral derecho transversal fue de 16.42 mm (DE = 1.14) y el valor medio de la distancia longitudinal del pedúnculo cerebral derecho fue de 10.63 mm (DE = 1.81). Como se puede notar en la tabla 1, los valores medio de las mediciones en los pedúnculos del mesencéfalo son muy parecidos a los del lado izquierdo, sin que exista una diferencia significativa con respecto al lado. Estos datos cobran importancia al

relacionarlos más adelante con las divisiones individuales de las fibras en el mesencéfalo, es decir, los tractos CE, FP y PTOF.

Tabla 1. Datos morfométricos de los pedúnculos cerebrales del mesencéfalo en cara anterior					
	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Pedúnculo Cerebral Derecho Transversal	10	14.15	18.12	16.42	1.14
Pedúnculo Cerebral Izquierdo Transversal	10	12.46	18.23	15.93	1.71
Pedunculo Cerebral Derecho Longitudinal	10	8.08	14.44	10.63	1.81
Pedunculo Cerebral Izquierdo Longitudinal	10	8.50	14.52	10.66	1.94

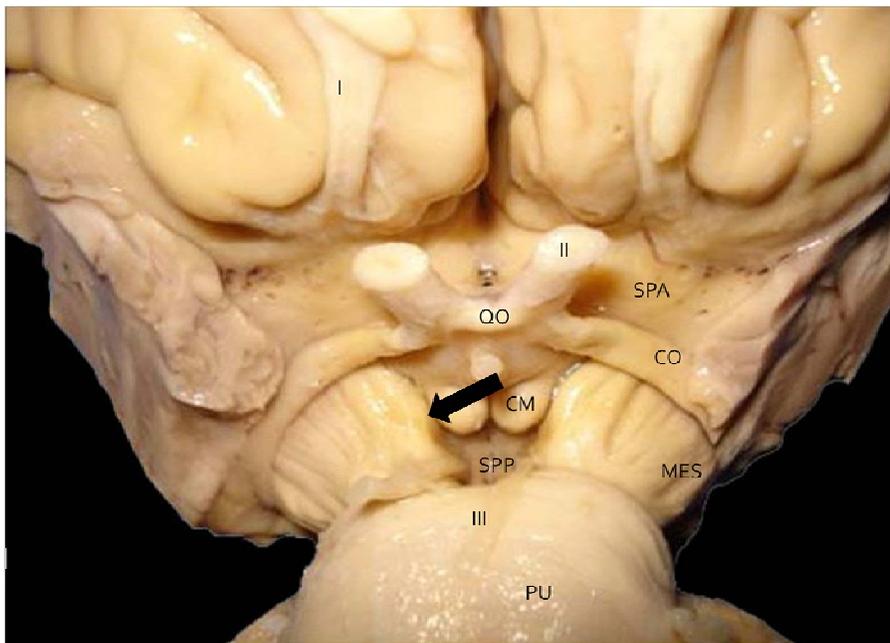


Figura 6. Cara anterior de tronco encefálico que muestra la cara anterior del mesencéfalo. Se muestra en los pedúnculos cerebrales la presencia de surcos con dirección lateral a medial, en ocasiones oblicuos, no muy profundos. Ambos pedúnculos cerebrales delimitan la fosa interpeduncular lateralmente, rostralmente encontramos a los cuerpos mamilares y en la base encontramos las fibras del puente. La fosa interpeduncular muestra la sustancia perforada posterior que contiene núcleos de células con funciones autónomas. La emergencia del tercer par es lateral a esta sustancia perforada posterior.

En el 100% de los especímenes estudiados encontramos que las fibras provenientes de la cápsula interna, en su brazo anterior, siguen un curso medial pero, especialmente las provenientes del tracto Frontopontino (FP),

además, sufren, un cambio de dirección medial y dorsal (figuras 7 y 8), no ocupando la superficie del quinto medial, como clásicamente se ha descrito (figura 8). Existe además una división más o menos precisa en la superficie, en la forma de un surco entre las fibras provenientes del tracto Frontopontino (FP) y las fibras del tracto Corticoespinal (CE) (figura 8), este surco se encontró solamente en el 15% de los especímenes estudiados. Cuando se encontró presente, se observó con una dirección lateral a medial, más profundo y marcado que los demás surcos existentes en la superficie del pedúnculo cerebral. Lateral a este surco encontramos las fibras del tracto CE y corticobulbar (CB), estas fibras, por otra parte se compactan a medida que la disección en más profunda hacia la sustancia nigra, extendiéndose, en una vista ventral, desde el borde lateral del mesencéfalo hasta el surco mencionado que las separa de las fibras del tracto FP, dando la apariencia de ocupar toda la vista de la cara anterior, lateral a estas fibras, tenemos las fibras parietotemporooccipitopontinas (PTOP), éstas fibras se observan mejor en una vista lateral y se encuentran separadas del tracto CE por otro surco, que tiene una dirección más vertical y se encuentra muy próximo al borde lateral del mesencéfalo que limita la cara ventral de la lateral.



Figura 7. Pasos de la disección las fibras de los tractos desde la Capsula Interna hacia mesencéfalo en donde se demuestra el tracto CE. Tiene, a diferencia de los tractos FP y PTOPT en el mesencéfalo, una dirección más recta de las fibras en su camino a la cápsula interna y hacia la base del mesencéfalo.

Entre ambos pedúnculos cerebrales encontramos la Fosa Interpeduncular, (figura 6) que se encuentra delimitada lateralmente por los pedúnculos cerebrales, teniendo sus fibras una disposición de anterior a posterior, con dirección caudal, en esta porción encontramos a la sustancia perforada posterior, esta cisterna se encuentra delimitada en su porción superior por el borde posterior de los cuerpos mamilares e inferiormente por el borde superior de las fibras del puente y su unión con el mesencéfalo. En el fondo de esta cisterna, la sustancia perforada posterior, es la estructura anatómica más llamativa, nombrada así porque es sitio de entrada de las arterias perforantes. Esta zona contiene al núcleo o sustancia gris interpeduncular, y tiene forma de una delgada capa de sustancia gris que recubre a las fibras de los pedúnculos cerebrales en su cara medial y el espacio entre éstos.



Figura 8. Pasos en la disección de la cápsula interna hacia el mesencéfalo. Puede observarse en este espécimen una clara delimitación entre las fibras Frontopontinas (FP), provenientes del brazo anterior de la cápsula interna y las Corticoespinales (CS), que provienen del brazo posterior de la cápsula interna a manera de un surco que la separa. Puede notarse adicionalmente que las fibras en su dirección caudal tienen una dirección de reacomodo medial.

Descripción morfométrica de los tractos FP, CE y PTOP en el mesencéfalo.

Descripción morfométrica de los tractos FP, CE y PTOP en el mesencéfalo. La medición aquí, se realiza en el plano transversal a la mitad de la distancia entre

el surco entre el mesencéfalo y los nervios ópticos. Se disecan las fibras desde la cápsula interna separándolas en las FP, CE y PTO. Encontramos que las fibras FP se limitan de las CE por un surco ubicado en el borde más anterior de la Fosa Interpeduncular, parcialmente ocultas estas fibras por la presencia de la sustancia perforada posterior (figura 7). La media de la longitud de las fibras FP en el lado derecho ($X=4.48$, $DE = .84$) fue ligeramente inferior a la longitud media de las fibras en el lado izquierdo ($X = 4.36$, $DE = 1.11$). Sin embargo, tal diferencia no representa importancia desde el punto de la anatomía quirúrgica.

Tabla 2. Tamaño de las fibras en el mesencéfalo					
	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Frontopontinas (lado derecho)	10	3.45	6.12	4.48	.84
Corticoespinales (lado derecho)	10	6.70	16.14	12.09	2.79
Parietooccipitopontinas (lado derecho)	10	3.81	7.46	6.08	1.24
Frontopontinas (lado izquierdo)	10	2.00	5.85	4.36	1.11
Corticoespinales (lado izquierdo)	10	9.76	15.10	12.25	1.78
Parietooccipitopontinas (lado izquierdo)	10	4.80	8.38	6.58	1.32

Las fibras CE a nivel del mesencéfalo ocupan la mayor parte de las fibras del mesencéfalo en su cara anterior, en nuestros especímenes encontramos que se extienden desde el borde anterior de la Fosa Interpeduncular hasta el borde lateral del mesencéfalo en donde en el 90% de los especímenes encontramos un surco que las separa de las fibras PTO. Combinando los resultados del lado derecho e izquierdo encontramos un valor mínimo de 6.70 mm, con valor máximo de hasta 16.14 mm, pero con valores medios de 12.09 mm y 12.25 mm para los lados derecho e izquierdo respectivamente, sin importantes desviaciones en los valores. Resalta la importancia de los valores por tratarse de las fibras responsables de la motilidad voluntaria que generalmente pretenden no dañarse en la cirugía del mesencéfalo.

Fibras del tercer par craneal

Las fibras del tercer par craneal aparecen se emergen lateral al borde de la sustancia perforada posterior (figura 9) cerca de surco que previamente describimos que divide las fibras FP y de las CS, conforme realizamos una disección más profunda, siguiendo la trayectoria del tercer par craneal encontramos que la fibras del tercer par se separan entre sí para rodear al núcleo rojo conforme se acercan a este (figura 9).

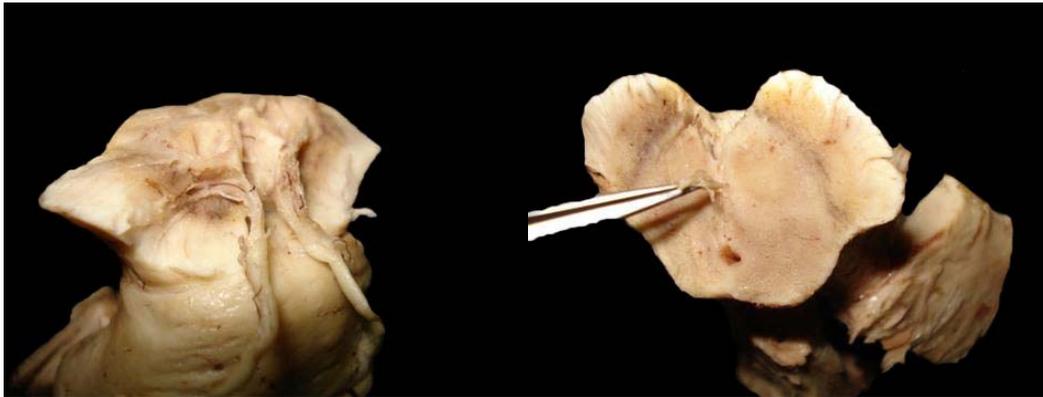


Figura 9. Disección de las fibras del tercer par craneal en su trayecto parenquimatoso. Se aprecia que las fibras tercer par se separan mientras se acercan al núcleo rojo, para posteriormente volver a converger cerca de su origen en el núcleo del tercer par. Se aprecia además la relación con la sustancia nigra

2. Cara Lateral

Surco Mesencefálico Lateral (SML)

Se encuentra en la cara lateral del mesencéfalo en 100% de los especímenes estudiados y marca la división externa entre el tegmento y la base del mesencéfalo (figura 10). Comienza en el cuerpo geniculado lateral y termina caudalmente en el surco pontomesencefálico que, a su vez, se continua con el surco interpeduncular que separa el pedúnculo cerebeloso superior del pedúnculo cerebeloso inferior. Durante la disección que involucra el retiro de la aracnoides y los vasos sanguíneos en esta zona encontramos la presencia de

la vena mesencefálica lateral que se encontró presente hasta en el 95% de los casos.

Encontramos dos diferentes morfologías del SML. La primera de ellas se presenta en un 65% de los lados con una convexidad posterior, siendo esta máxima a la mitad de la distancia, mientras que en el 35% restante de los lados encontramos una morfología lineal. El valor medio de la medición del surco mesencefálico lateral derecho fue de 10.81 mm (DE= 1.57 lado derecho; 1.56 lado izquierdo), con valores equiparables para el lado contralateral (tabla 3). El SML es la referencia anatómica más importante a considerar en los abordajes laterales al tronco encefálico.

Tabla 3. Mediciones del Surco Mesencefálico Lateral					
	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Surco mesencefálico lateral derecho	10	8.25	13.08	10.81	1.57
Surco mesencefálico lateral izquierdo	10	8.48	13.32	10.94	1.56

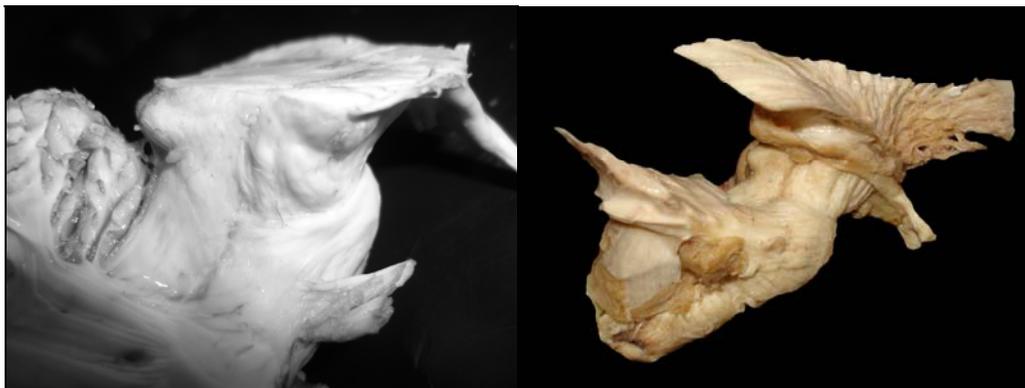


Figura 10 Morfología del Surco Mesencefálico Lateral (SML) A) En el 65% se encuentra una convexidad posterior. B) En el 35% restante el SML es recto.

Datos morfométricos parenquimatosas a partir del Surco Mesencefalico Lateral a Nivel Colículo Superior hacia estructuras y núcleos profundos

Tabla 4. Distancias desde el Surco Mesencefalico Lateral Izquierdo. Nivel de Colículo Superior					
	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Sustancia Nigra	10	1.58	11.99	3.36	3.13
Núcleo Rojo	10	4.12	7.70	6.04	1.20
Sustancia Gris Periacueductal	10	7.34	10.75	8.39	.97
Núcleo de Edinger Westphal	10	10.12	13.12	11.37	1.09
Núcleo del Tercer Par	10	8.29	12.20	9.79	1.37
Fascículo Longitudinal Medial	10	7.65	11.49	9.19	1.51

Tabla 5. Distancias desde el Surco Mesencefalico Lateral Derecho. Nivel de Colículo Superior					
	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Sustancia Nigra	10	1.54	3.16	2.013	0.5
Núcleo Rojo	10	5.35	6.64	6.031	0.41
Sustancia Gris Periacueductal	10	6.97	8.5	7.87	0.54
Núcleo de Edinger Westphal	10	9.57	13.80	11.19	1.34
Núcleo del Tercer Par	10	6.43	11.65	9.23	1.47
Fascículo Longitudinal Medial	10	7.73	11.04	9.11	0.91

Las tablas 4 y 5 resumen las distancias a la profundidad a partir del SML en el nivel del Colículo Superior (CS). Creemos que a este nivel existen circunstancias que son importantes señalar y el primero de ellos es que la distancia menor registrada en ambos lados fue de 4.12 mm entre el SML y el NR y sobretodo que la angulación para tal propósito es por delante de una línea que va de un SML al contralateral (figura 12).

La siguiente es que la disección realizada en línea recta con la dirección al SML del surco contralateral nos da acceso a región del NEW y núcleo del tercer par (III) con una diferencia de 2 mm apenas entre uno y otro, siendo el NEW el más alejado por encontrarse muy cerca de la línea media. Aquí las distancia de trabajo sean un poco mayores pero no existen reportes de series clínicas que apoyen nuestra teoría al respecto. Los déficits relacionados

estarían relacionados con las vías sensitivas de ascenso que cruzan por esta zona tales como la vía del menisco espinal, tracto espinotalámico y lemnisco trigeminal.

Por último, notamos que la disección siguiendo una línea imaginaria que va de SML a SML nos dará acceso a la región de la SGP, aquí los resultados pueden ser muy diversos pues que entre más cerca de esta zona la formación reticular encargada del despertar se encuentra en su periferia. Así pues, nuestro valor inferior encontrado de 6.37 para la distancia del SML a SGP quizás tenga menor margen de seguridad por el hecho de que la formación reticular se encuentra alrededor de esta zona. Datos que requieren ser aun validados por estudios ulteriores tanto clínicos como anatómicos.

Datos morfométricos parenquimatosas a partir del Surco Mesencefálico Lateral a Nivel Colículo Inferior hacia estructuras y Nucleos Profundos

	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Sustancia Nigra	10	1.93	3.77	2.78	.65
Decusación Pedunculo Cerebeloso Superior	10	5.98	7.12	6.57	.42
Sustancia Gris Periacueductal	10	6.18	8.75	7.47	.84
Núcleo del Cuarto Par Craneal	10	8.92	12.13	9.89	.91
Fascículo Longitudinal Medial	10	8.02	12.10	9.19	1.16

	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Sustancia Nigra	10	1.85	4.70	3.03	0.74
Decusación Pedunculo Cerebeloso Superior	10	5.75	7.10	6.32	0.36
Sustancia Gris Periacueductal	10	6.54	9.56	8.04	0.92
Núcleo del Cuarto Par Craneal	10	7.10	12.23	10.11	1.48
Fascículo Longitudinal Medial	10	8.03	11.87	9.43	1.2

Las tablas 6 y 7 nos muestran las distancias realizadas a este entre el SML como punto de referencia anatómico para abordaje quirúrgico. En donde las relaciones más importantes son con la SGP el núcleo del cuarto craneal y el

FLM. De igual forma, como ocurre la relación existente de SGP con la formación reticular alerta a la posibilidad de acorta el margen de seguridad a valores inferiores a los 6 mm de distancia en el momento de profundizarse en esta zona. El cuarto par craneal se encuentra dorsal a la SGP y la dirección para encontrarlo será más dorsal que la necesaria para encontrar a la SGP y aunque consideramos que es difícil pensar en aventurarse en esa dirección decidimos mencionar esta relación establecida.

3. Cara posterior

En la cara posterior se realizan mediciones a partir de la línea media por debajo del nivel del colículo inferior (figura 11) estableciendo la relación existente entre la línea media y la salida del cuarto par craneal del tronco encefálico. Estructura importante al momento de realizar abordajes a región pineal. La media de la cuarta emergencia en el lado izquierdo fue de 4.45 mm (DE = 0.98) y de 4.01 mm (DE = 1.17) en el lado derecho.

Tabla 8. Distancias del IV par craneal a partir línea media					
	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	DE
Lado izquierdo	10	2.52	6.22	4.45	0.98
Lado derecho	10	2.29	5.83	4.01	1.17

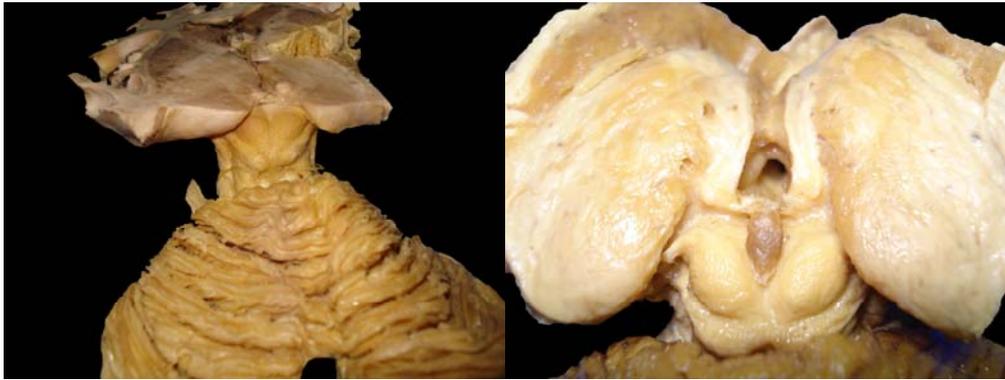


Figura 11 A) Cara posterior del tronco encefálico. Se aprecia el cerebelo por detrás del tronco encefálico cubriendo al cuarto ventrículo. En la cara dorsal del mesencéfalo es posible encontrar los colículos superiores e inferiores. La emergencia del cuarto par craneal se encuentra caudal al colículo inferior.
 B) Acercamiento de la cara posterior en donde se aprecia la glándula pineal entre los colículos superiores.

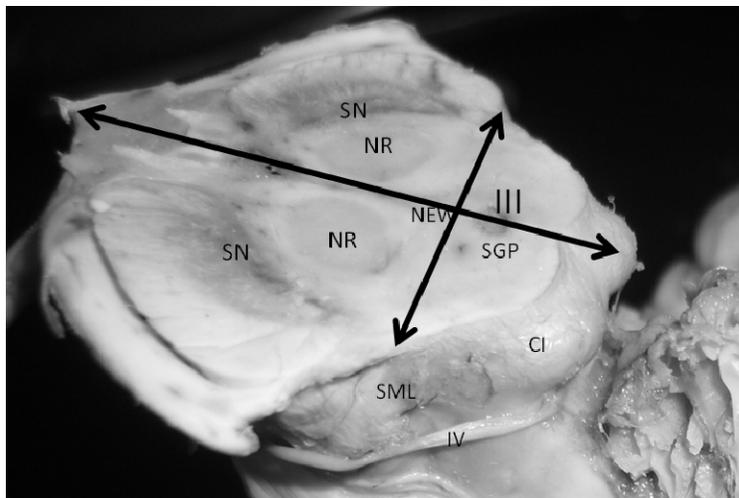


Figura 12 Espécimen con corte de mesencéfalo a nivel del colículo superior que muestra nuestro esquema de propuesta en plano cartesiano para localizar las estructuras en mesencéfalo. La línea transversal va de un surco mesencefálico lateral (SML) al contralateral, mientras que la línea vertical se traza justo en la línea media dividiendo dos mitades exactas. En este esquema la entrada por el SML con anterior a la línea transversal nos dará acceso a la SN y al NR, mientras que la dirección en línea recta nos llevara al NEW. Por detrás de la línea transversal tendremos acceso al núcleo del III y SGP en grados de 10 y 25 respecto a la línea vertical.

DISCUSIÓN

7.0.0. DISCUSIÓN.

Las descripciones realizadas de los pedúnculos cerebrales en la literatura existente hacen referencia solo a la dirección de sus fibras, sin ser muy precisos en la morfología que adoptan. Los surcos existentes en la base del pedúnculo cerebral suelen estar ocultos por la anatomía vascular y las cisternas aracnoideas. Comúnmente, se describe solamente la dirección de las fibras. Encontramos que conforme las fibras sufren la transición hacia el mesencéfalo se distribuyen de la siguiente forma: FP mediales y separadas de las CE por un surco no bien delimitado y frecuentemente cubierto por la sustancia perforada posterior, presente solo en un 15% de los casos. Las fibras PTOP por otra parte se encuentran muy separadas del tracto CE por un surco visible, con una frecuencia de estar presente hasta en el 90% de los hemisferios, más profundo que los observados en toda la convexidad del pedúnculo cerebral. Sugerimos que la disección cuidadosa y bajo visión microscópica permitirá encontrar en el quirófano. Las imágenes de las disecciones proporcionan datos concluyentes de que las clásicas descripciones de la distribución de las fibras en quintos no es precisa, los datos aquí presentados requieren desde luego, ser validados en una mayor cantidad de especímenes, además de utilizar otras técnicas para su estudio.

Se ha propuesto que una zona de entrada al mesencéfalo sea un área delimitada por las fibras del tercer par craneal, y medialmente por las fibras frontopontinas (FP) [7, 31], pero consideramos que deben complementarse con los resultados de la morfología aquí presentada. No hemos encontrado ninguna referencia que mencione un punto de entrada a través de las fibras PTOP, es una posibilidad teórica por el hecho de que se trata de fibras que llegan un

rumbo definido al mesencéfalo, sin embargo, tal situación debe complementarse con estudios ulteriores que involucren técnicas de monitoreo estrecho.

Los datos morfométricos de los pedúnculos cerebrales y las fibras que viajan a este nivel, es decir, los tractos CE, FP y PTO se han mostrado ya en las tablas de resultados 1 y 2. Las desviaciones estándar encontradas son muy pequeñas, mostrando que existe poca variación en los resultados encontrados y permiten tener en mente que las distancias ya sea en los pedúnculos y los tractos serán muy constantes y por tanto, es muy posible que se encuentren los mismo valores en muestras de especímenes mayores. Lo cual además puede ser útil desde el punto de vista quirúrgico en casos donde la patología puede ocultar o modificar la anatomía circundante a los pedúnculos mesencefálicos.

Las fibras del tercer par emergen de la fosa interpeduncular y las descripciones hechas en preparados histológicos, estudios anatómicos microscópicos o correlaciones clínico-quirúrgicas no son del todo precisas y no concuerdan en la literatura, en ocasiones muestran que las fibras del tercer par atraviesan al núcleo rojo y en otras que transitan por su lado medial. Nuestros hallazgos concuerdan parcialmente con los hallazgos de Recalde y cols. [4], en su estudio hace mención de que el borde lateral del NR es sitio de tránsito de tales fibras, mientras que nuestros especímenes muestran que las fibras se separan alrededor del NR, rodean al espacio ocupado al parecer, sin atravesar su estructura para posteriormente reunir nuevamente sus fibras y tomar un curso medial hacia el núcleo del tercer par y el núcleo de Edinger-Westphal (NEW). Bricolo y Turazzi describen un corredor lateral a la emergencia de las fibras del

tercer par en la Fosa Interpeduncular [7, 28]. El trayecto a este nivel normalmente se funde las fibras FP, por lo que esta particularidad anatómica puede utilizarse como un corredor de entrada al tegmento, puesto que las fibras CE se encuentran laterales. Una forma adicional de proteger las fibras a este nivel puede ser a través del monitoreo de sus músculos, lo ha sido publicado anteriormente con resultados prometedores sin la aparición de nuevos déficits [41].

En la cara lateral del mesencéfalo encontramos el SML en donde las referencias anatómicas clásicas mencionan a esta estructura como un límite para la base del tegmento. Recalde y cols. [4], analizan su longitud y encuentran una media de 9.6 mm con una desviación estándar de 1.41 mm, nosotros encontramos valores de 10.81 mm (DE= 1.57 lado derecho; 1.56 lado izquierdo), con valores equiparables para el lado contralateral. Sin que exista una diferencia importante, podemos decir que nuestros datos aportan la descripción de la morfología de esta estructura con 2 variantes principales, una forma convexa posterior encontrada en el 65% de los hemisferios y en 35%, una forma lineal del SML.

Autores con experiencia en el manejo de las lesiones quirúrgicas en el mesencéfalo concuerdan que la entrada hacia la profundidad a partir del SML permite solo una entrada de no más de 5 mm puesto que las fibras del tercer par craneal se encuentran a esta distancia [4]. Sin embargo, esta descripción es ambigua y no representa, desde nuestro punto de vista, una respuesta práctica en el momento de realizar cirugía en mesencéfalo. La distancia al núcleo rojo (NR) es para nosotros el dato a considerar si se desea evitar el daño a las fibras del tercer par craneal. En nuestros especímenes encontramos

que la distancia más corta fue de poco más de 4 mm, pero este dato requiere un comentario extra y es el hecho que representa la distancia al NR en su punto más cercano con una dirección de 45 grados anteriormente a partir del punto de entrada en SML, en otras palabras, al entrar por SML inclinándose 45 grados hacia delante, la distancia más corta al NR será de 4 mm. Esto último lo creemos de importancia extrema, ya que indicará al cirujano no solo la profundidad si no los grados en los que se encuentran estructuras vitales], asumiendo que la lesión no es lo suficientemente grande para modificar de forma importante la anatomía normal. Las correlaciones con estudios histológicos como lo ha hecho Strauss [13] es necesaria para darle aún más peso a estos hallazgos.

Creemos que es necesario señalar que nuestros hallazgos marcan diferencia respecto al nivel de entrada en el mesencéfalo. Puesto, que las diferencias más importantes radican en el hecho de presentarse la decusación del pedúnculo superior al nivel del colículo inferior que se presentara con una lista diferente de alteraciones. Son los textos anatómicos y clínicos los encargados de realizar estas diferencias, sin que éstas se hubiesen abordado de forma previa quirúrgicamente, o bien en su estudio anatómico, como en el presente estudio.

La cara posterior finalmente se aborda con el dato más relevante que consideramos es el punto de salida del IV craneal por debajo del colículo inferior, por lo que atención especial debe considerarse cuando se planea un abordaje supracolicular por debajo de las salidas del IV pero por arriba del colículo facial. La distancia de 4 mm alejado de la línea media da una sensación de que existe mucha distancia, sin embargo, en patologías neoplásicas de la zona quizás vale la pena mantener este dato en cuenta para

evitar daño a las fibras del IV par craneal en su salida del Tronco Encefálico. Los abordajes a la parte posterior del mesencéfalo describen zonas de entrada intercoliculares, a través de la línea media o bien, por debajo del colículo inferior pero rostral a la presencia del colículo facial [31]. La variabilidad extensa de la ubicación del núcleo del nervio facial ponen de manifiesto la necesidad de la evaluación de los pacientes con monitoreo transoperatorio [42]. Se ha comentado ya que esta región compleja por naturaleza ha sido abordada incluso en reportes anecdóticos vía transacueductal [40]. Por tanto, los datos anatómicos del cuarto par craneal en esta zona y evitar con ello el daño a sus fibras en los puntos de salida es importante.

CONCLUSIONES

8.0.0. CONCLUSIONES.

La técnica de Klingler es un método invaluable para la obtención de conocimientos que darán al cirujano un entendimiento tridimensional de la anatomía quirúrgica de sitios complejos, como en este caso el mesencéfalo.

Nuestro estudio muestra que la distribución de las fibras en la base del mesencéfalo adopta una morfología diferente, a la previamente descrita en la literatura, por lo que es necesario corroborar los datos con otras técnicas para determinar su exactitud.

Los datos proporcionados morfométricos obtenidos muestran que en la mayoría de las regiones no existió una desviación estándar que sea significativa. Siendo aún menos importante desde el punto de vista quirúrgico. Las distancias siendo por tanto, constantes de un espécimen a otro nos permitirán estimar la profundidad de las estructuras vitales en el tronco encefálico con objeto de no dañar centros nucleares y vías necesarias.

Los grados anteriores o posteriores respecto a una línea que cruza de SML a SML determinarán las estructuras a encontrar en la exploración quirúrgica. A grados anteriores de exploración encontraremos SN y NR, en línea recta sin grados encontraremos NEW y a grados posteriores encontraremos III, SGP y FLM en mesencéfalo a nivel del CS.

BIBLIOGRAFÍA

9.0.0. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Afifi, A.K. and R.A. Bergman, *Functional neuroanatomy : text and atlas*. 2nd ed. 2005, New York: Lange Medical Books/McGraw-Hill. ix, 494 p.
2. Rhoton, A.L., Jr., *The posterior fossa cisterns*. Neurosurgery, 2000. **47**(3 Suppl): p. S287-97.
3. Kawase, T., *Light up the "no-man's land" on the brain stem*. Keio J Med, 1995. **44**(4): p. 133-9.
4. Recalde, R.J., E.G. Figueiredo, and E. de Oliveira, *Microsurgical anatomy of the safe entry zones on the anterolateral brainstem related to surgical approaches to cavernous malformations*. Neurosurgery, 2008. **62**(3 Suppl 1): p. 9-15; discussion 15-7.
5. Figueiredo, E.G., et al., *Anatomical and quantitative description of the transcavernous approach to interpeduncular and prepontine cisterns. Technical note*. J Neurosurg, 2006. **104**(6): p. 957-64.
6. Little, K.M., A.H. Friedman, and T. Fukushima, *Surgical approaches to pineal region tumors*. J Neurooncol, 2001. **54**(3): p. 287-99.
7. Giliberto, G., et al., *Brainstem cavernous malformations: anatomical, clinical, and surgical considerations*. Neurosurg Focus, 2010. **29**(3): p. E9.
8. Pérez Cruz, J. and et al, *Estandarizacion del método Klingler y su visualización tridimensional*. Rev Hops Jua Mex 2008. **75**(2): p. 99-108.
9. Shinohara, H., et al., *Fiber dissection technique for demonstrating the lateral lemniscus of the human brain*. Okajimas Folia Anat Jpn, 2004. **80**(5-6): p. 115-8.
10. Ludwig E and Klingler J, eds. *Atlas Cerebri Humani*. 1956, Basel, S. Karger.
11. Yasargil, M.G., U. Ture, and D.C. Yasargil, *Surgical anatomy of supratentorial midline lesions*. Neurosurg Focus, 2005. **18**(6B): p. E1.
12. Mahaney, K.B. and S.I. Abdulrauf, *Anatomic relationship of the optic radiations to the atrium of the lateral ventricle: description of a novel entry point to the trigone*. Neurosurgery, 2008. **63**(4 Suppl 2): p. 195-202; discussion 202-3.
13. Strauss, C., E. Lutjen-Drecoll, and R. Fahlbusch, *Pericolicular surgical approaches to the rhomboid fossa. Part I. Anatomical basis*. J Neurosurg, 1997. **87**(6): p. 893-9.
14. Zausinger, S., et al., *Cavernous malformations of the brainstem: three-dimensional-constructive interference in steady-state magnetic resonance imaging for improvement of surgical approach and clinical results*. Neurosurgery, 2006. **58**(2): p. 322-30; discussion 322-30.
15. Mehta, V.S., et al., *Surgical considerations for 'intrinsic' brainstem gliomas: proposal of a modification in classification*. Neurol India, 2009. **57**(3): p. 274-81.
16. Gross, B.A., et al., *Brainstem cavernous malformations*. Neurosurgery, 2009. **64**(5): p. E805-18; discussion E818.
17. Ferroli, P., et al., *Brainstem cavernomas: long-term results of microsurgical resection in 52 patients*. Neurosurgery, 2005. **56**(6): p. 1203-12; discussion 1212-4.
18. Porter, R.W., et al., *Cavernous malformations of the brainstem: experience with 100 patients*. J Neurosurg, 1999. **90**(1): p. 50-8.
19. Abla, A.A., et al., *Cavernous malformations of the brainstem presenting in childhood: surgical experience in 40 patients*. Neurosurgery, 2010. **67**(6): p. 1589-98; discussion 1598-9.

20. Bertalanffy, H., et al., *Cerebral cavernomas in the adult. Review of the literature and analysis of 72 surgically treated patients.* Neurosurg Rev, 2002. **25**(1-2): p. 1-53; discussion 54-5.
21. Bozinov, O., et al., *Current clinical management of brainstem cavernomas.* Swiss Med Wkly, 2010. **140**: p. w13120.
22. Wang, C.C., et al., *Surgical management of brain-stem cavernous malformations: report of 137 cases.* Surg Neurol, 2003. **59**(6): p. 444-54; discussion 454.
23. Bhardwaj, R.D., et al., *Management of pediatric brainstem cavernous malformations: experience over 20 years at the hospital for sick children.* J Neurosurg Pediatr, 2009. **4**(5): p. 458-64.
24. Asaad, W.F., et al., *Operative management of brainstem cavernous malformations.* Neurosurg Focus, 2010. **29**(3): p. E10.
25. Samii, M., et al., *Surgical management of brainstem cavernomas.* J Neurosurg, 2001. **95**(5): p. 825-32.
26. Sandalcioğlu, I.E., et al., *Surgical removal of brain stem cavernous malformations: surgical indications, technical considerations, and results.* J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2002. **72**(3): p. 351-5.
27. Imai, H., et al., *Diagnosis and treatment of brainstem abscess using magnetic resonance imaging and microsurgical aspiration--case report.* Neurol Med Chir (Tokyo), 1995. **35**(3): p. 160-4.
28. Kyoshima, K., et al., *A study of safe entry zones via the floor of the fourth ventricle for brain-stem lesions. Report of three cases.* J Neurosurg, 1993. **78**(6): p. 987-93.
29. Lekovic, G.P., et al., *Intraoperative rupture of brainstem cavernous malformation. Case report.* Neurosurg Focus, 2006. **21**(1): p. e14.
30. Batay, F., G. Bademci, and H. Deda, *Critically located cavernous malformations.* Minim Invasive Neurosurg, 2007. **50**(2): p. 71-6.
31. Cantore, G., P. Missori, and A. Santoro, *Cavernous angiomas of the brain stem. Intra-axial anatomical pitfalls and surgical strategies.* Surg Neurol, 1999. **52**(1): p. 84-93; discussion 93-4.
32. Abla, A.A., et al., *Surgical approaches to brainstem cavernous malformations.* Neurosurg Focus, 2010. **29**(3): p. E8.
33. Sarma, S. and L.N. Sekhar, *Brain stem cavernoma excised by subtemporal-infratemporal approach.* Br J Neurosurg, 2002. **16**(2): p. 172-7.
34. Kashimura, H., et al., *Pontine cavernous angioma resected using the subtemporal, anterior transpetrosal approach determined using three-dimensional anisotropy contrast imaging: technical case report.* Neurosurgery, 2006. **58**(1 Suppl): p. ONS-E175; discussion ONS-E175.
35. Quinones-Hinojosa, A., E.F. Chang, and M.T. Lawton, *The extended retrosigmoid approach: an alternative to radical cranial base approaches for posterior fossa lesions.* Neurosurgery, 2006. **58**(4 Suppl 2): p. ONS-208-14; discussion ONS-214.
36. Jittapiromsak, P., et al., *The challenge of access to the pontomesencephalic junction: an anatomical study of lateral approach and exposure.* Skull Base, 2010. **20**(5): p. 311-20.
37. Horgan, M.A., et al., *Transcrural approach to the petroclival region with hearing preservation. Technical note and illustrative cases.* J Neurosurg, 2001. **94**(4): p. 660-6.
38. Tummala, R.P., E. Coscarella, and J.J. Morcos, *Transpetrosal approaches to the posterior fossa.* Neurosurg Focus, 2005. **19**(2): p. E6.

39. de Oliveira, J.G., et al., *Supracerebellar infratentorial approach to cavernous malformations of the brainstem: surgical variants and clinical experience with 45 patients*. Neurosurgery, 2010. **66**(2): p. 389-99.
40. Dammers, R., E.J. Delwel, and A.F. Krisht, *Cavernous hemangioma of the mesencephalon: tonsilloveal transaqueductal approach*. Neurosurgery, 2009. **64**(5 Suppl 2): p. 296-9; discussion 299-300.
41. Sekiya, T., et al., *Intraoperative electrophysiological monitoring of oculomotor nuclei and their intramedullary tracts during midbrain tumor surgery*. Neurosurgery, 2000. **47**(5): p. 1170-6; discussion 1176-7.
42. Bertalanffy, H., et al., *Inter- and inpatient variability of facial nerve response areas in the floor of the fourth ventricle*. Neurosurgery, 2011. **68**(1 Suppl Operative): p. 23-31; discussion 31.

ABREVIATURAS

CE = Tracto Corticoespinal
CB = Tracto Corticobulbar
CI = Colículo Inferior
CM = Cuerpo Mamilar
CO = Cintilla Optica
CS = Coliculo Superior
FP = Tracto Frontopontino
MES = Mesencéfalo
NR = Núcleo Rojo
NEW = Núcleo de Edinger Westphal
QO = Quiasma Optico
SML = Surco Mesencefálico Lateral
SN = Sustancia Nigra
SGP = Sustancia Gris Periacueductal
SPP = Sustancia Perforada Posterior
PU = Puente
PTOP = Fibras parietotemporooccipitopontinas
I = Primer par craneal
II = Segundo par craneal
III = Tercer par craneal
IV = Cuarto par craneal
V = Quinto par craneal
VI = Sexto par craneal