



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DELEGACION SUR DE LA CIUDAD DE MEXICO
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI**

TÍTULO:

UTILIDAD DE LA TRACTOGRAFIA EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

TESIS QUE PRESENTA:

DRA. ITZEL ALVARADO MORALES
PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA ESPECIALIDAD DE
IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

ASESOR

DR. SERGIO MARTÍNEZ GALLARDO

CIUDAD DE MÉXICO

JULIO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



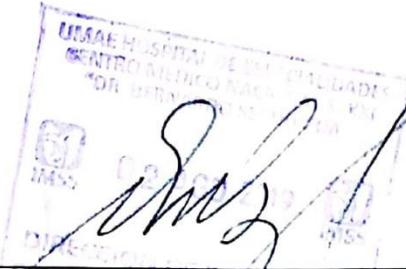
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

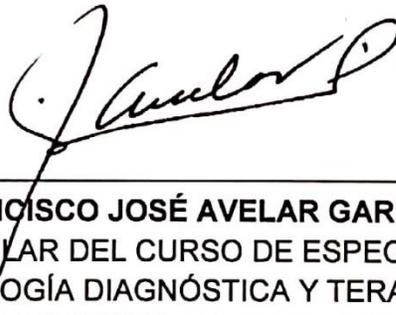
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

UTILIDAD DE LA TRACTOGRAFIA EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

A blue official stamp from the UMAE Hospital de Especialidades CMN Siglo XXI is partially visible. It contains the text 'UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI' and 'CENTRO DE DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICA'. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

DRA. VICTORIA MENDOZA
JEFE DE DIVISIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Francisco J. Avelar', is written over a horizontal line.

DR. FRANCISCO JOSÉ AVELAR GARNICA
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN
EN IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sergio Martínez Gallardo', is written over a horizontal line.

DR. SERGIO MARTÍNEZ GALLARDO
DIRECTOR DEL ÁREA DE RESONANCIA MAGNÉTICA
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud 3601.
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES Dr. BERNARDO SEPULVEDA GUTIERREZ, CENTRO MEDICO NACIONAL
SIGLO XXI

Registro COFEPRIS 17 CI 09 015 034

Registro CONRIDÉFICA CONBIOÉTICA 09 CEI 023 2017082

FECHA Lunes, 15 de julio de 2019

Dr. SERGIO MARTINEZ GALLARDO

PRESENTE

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **UTILIDAD DE LA TRACTOGRAFIA EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional
R-2019-3601-173

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junto de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

Dr. Carlos Freddy Cuevas García
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3601

Imprimir

IMSS
SEGURIDAD SOCIAL

DATOS DEL ALUMNO	
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)	Alvarado Morales Itzel
Universidad Facultad o escuela	Universidad Nacional Autónoma de México.
Carrera	Medicina Humana
No. De cuenta UNAM	516227690
Matrícula IMSS	99348704
Correo electrónico	cheli246@hotmail.com
Celular:	492 101 22 59
DATOS DEL ASESOR	
Apellido paterno Apellido materno Nombre	Martínez Gallardo Sergio
Matrícula IMSS	9140824
Correo electrónico	sergiomtzgallardo@hotmail.com .
DATOS DE LA TESIS	
Título	UTILIDAD DE LA TRACTOGRAFIA EN LA PATOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO CENTAL
No. de páginas	27
Año	2019
NÚMERO DE REGISTRO	R-2019 - 3601 - 173

ÍNDICE

I.	RESUMEN.....	5
II.	MARCO TEÓRICO	6
III.	JUSTIFICACIÓN	15
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
V.	HIPÓTESIS	16
VI.	OBJETIVOS	16
VII.	MATERIAL Y MÉTODOS	17
VIII.	DEFINICIÓN DE VARIABLES	18
IX.	ANÁLISIS DE DATOS	19
X.	ASPECTOS ÉTICOS	20
XI.	RECURSOS PARA EL ESTUDIO	20
XII.	RESULTADOS	21
XIII.	DISCUSIÓN	24
XIV.	CONCLUSIÓN	25
XV.	BIBLIOGRAFÍA	26
XVI.	ANEXOS	28

I. RESUMEN

Antecedentes: Las fibras de la sustancia blanca hemisférica se clasifican desde el punto de vista anatómico en tres categorías: fibras de asociación, que a su vez pueden ser cortas y largas, fibras comisurales y fibras de proyección (1). La tractografía de las fibras de la sustancia blanca cerebral basada en el tensor de difusión es una técnica de resonancia magnética que proporciona la visualización de la anatomía y la integridad de los tractos de dicha sustancia blanca. (2). Los patrones de afectación de la sustancia blanca son en base a su comportamiento; son de desviación, infiltrante, edematoso y destructivo. (4). La aplicación clínica más extendida es la planificación prequirúrgica en la resección de tumores cerebrales (2). ha demostrado ser útil en el estudio del infarto cerebral, en la evaluación de la degeneración Walleriana secundaria a un infarto cerebral (6), en el campo de la epilepsia, es útil en la evaluación posquirúrgica de la lobectomía temporal. (2). Ha sido extensamente empleada en el estudio de la esclerosis múltiple; en la evaluación del tracto piramidal en la esclerosis lateral amiotrófica, es útil en el diagnóstico temprano de la enfermedad de Alzheimer (5) y en las anomalías congénitas del SNC así como en la leucomalacia periventricular (5).

Objetivo: Determinar la utilidad de la tractografía en el diagnóstico de la patología del Sistema Nervioso Central. Conocer los aspectos técnicos para la realización del método y sus variantes.

Tipo de estudio: Estudio observacional de tipo transversal, analítico y de prevalencia.

Material y métodos: Se revisaron 52 estudios de resonancia magnética de encéfalo con patología cerebral, que cuentan con tractografía, los cuales fueron realizados en el servicio de Radiología e Imagen del Hospital de Especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda” del CMN Siglo XXI, en el periodo comprendido del 30 de marzo del 2018 al 28 de febrero del 2019.

Resultados:

Conclusión: La difusión por tensión, tractografía, es de gran utilidad para valorar los fascículos o haces elocuentes, e incluso estudiar su estado funcional (fracción anisotrópica). En casos de tumores se puede establecer si hay desplazamiento o invasión de la sustancia blanca, mejorando la precisión en planeación quirúrgica. Otros padecimientos como esclerosis múltiple, se verán también favorecidos por el poder informativo de esta técnica de IRM.

II. MARCO TEORICO.

RECUESTO ANATÓMICO:

Para contribuir a la comprensión del funcionamiento cerebral es necesario dilucidar como éste conduce el impulso electro-químico y es capaz de conectar diferentes áreas neuronales según el tipo de información transportada. A escala microscópica, las neuronas transmiten la información a otras células neuronales a través de su axón. Los axones representan la fibra nerviosa, los que unidos a otras fibras forman paquetes nerviosos denominados tractos neuronales.

Las fibras de la sustancia blanca hemisférica se clasifican desde el punto de vista anatómico en tres categorías: a) fibras de asociación, que a su vez pueden ser cortas (unen la corteza de dos circunvoluciones próximas, generalmente adyacentes, también denominadas fibras arqueadas o en U, debido a su forma) y largas (unen la corteza de dos puntos distantes pero en el mismo hemisferio); b) fibras comisurales, que unen ambos hemisferios y c) fibras de proyección, que unen la corteza con formaciones de niveles inferiores, fundamentalmente los tálamos, el tronco del encéfalo y la médula. (1).

Fibras largas de asociación: Forman fascículos extensos, situados en la profundidad de la sustancia blanca hemisférica. Los principales fascículos de asociación son: fascículo longitudinal superior, fascículo longitudinal inferior, fascículo fronto-occipital superior, fascículo fronto-occipital inferior, fascículo unciforme y cíngulo.

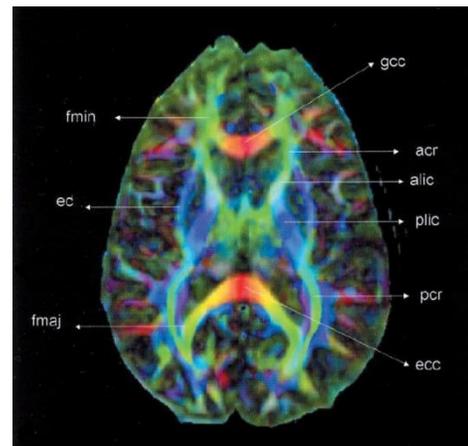


Fig. 5. Mapa en color de anisotropía fraccional a la altura de la rodilla y el esplenio del cuerpo calloso; acr: corona radiada anterior; alic: brazo anterior de la cápsula interna; ec: cápsula externa; ecc: esplenio del cuerpo calloso; fmaj: *forceps major*; fmin: *forceps minor*; gcc: rodilla del cuerpo calloso; pcr: corona radiada posterior; plic: brazo posterior de la cápsula interna.

Fibras comisurales: Existen comisuras telencefálicas, derivadas de la placa comisural embrionaria (el cuerpo calloso, la comisura blanca anterior y la región posterior del fórnix, denominada *psalterium* o lira de David) y comisuras diencefálicas y mesencefálicas (la comisura blanca posterior, la comisura de Gudden, que une los cuerpos geniculados internos y los tubérculos cuadrigéminos inferiores, la comisura de Meynert, que une las regiones sublenticulares y las sustancias innominadas, y la comisura gris del tercer ventrículo o adhesión talámica).

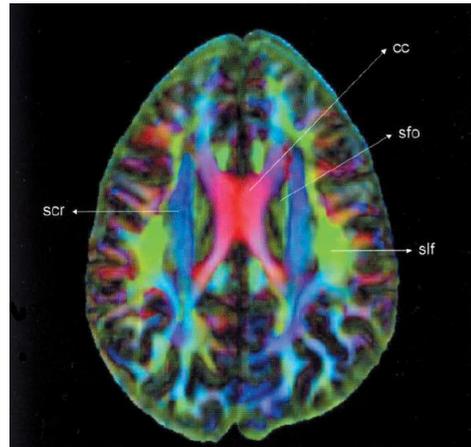


Fig. 6. Mapa en color de anisotropía fraccional a la altura del cuerpo calloso; cc: cuerpo calloso; scr: corona radiada superior; sfo: fascículo fronto-occipital superior; slf: fascículo longitudinal superior.

Fibras de proyección: se extienden entre la corteza cerebral y las formaciones inferiores del SNC; sus estructuras anatómicas más importantes son la corona radiada o radiante y la cápsula interna, y sus fibras principales los tractos corticoespinal, corticobulbar y las radiaciones talámicas, que en su componente más posterior incluyen las radiaciones ópticas.

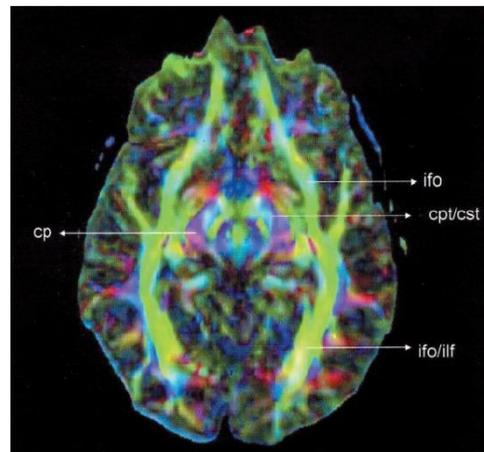


Fig. 3. Mapa en color de anisotropía fraccional a la altura de los pedúnculos cerebrales; cp: pedúnculos cerebrales; cpt/cst: tractos corticopontino y corticoespinal; ifo/lif: fascículos fronto-occipital inferior y longitudinal inferior.

(1)

TRACTOGRAFÍA BASADA EN TÉCNICA DE DIFUSIÓN

Actualmente, la imagen de resonancia magnética potenciada en difusión (DWI) corresponde a la única técnica no invasiva capaz de revelar la micro-arquitectura de los tejidos. La tractografía de las fibras de la sustancia blanca cerebral basada en el

tensor de difusión es una técnica de resonancia magnética que proporciona la visualización de la anatomía y la integridad de los tractos de dicha sustancia blanca.

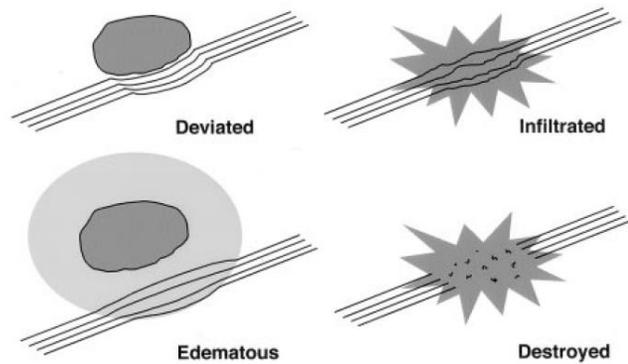
La difusión es una técnica que muestra el movimiento aleatorio de las moléculas del agua; en la sustancia blanca se encuentra limitado por las vainas de mielina que rodean a los axones de los fascículos; éstos determinan, mediante su trayecto, la velocidad y la direccionalidad de las moléculas del agua. Mide la velocidad del movimiento del agua mediante el coeficiente de difusión aparente (CDA) y la direccionalidad mediante la fracción de la anisotropía (FA). Se entiende por isotropía al movimiento libre del agua que después de determinado tiempo suele distribuirse en forma homogénea y anisotropía al movimiento limitado del agua que al cabo de determinado tiempo va a tener una dirección preferencial. Una lesión importante, utilizando este método, se podrá notar por una limitante en el movimiento de las moléculas del agua o por el efecto de T2, y con el proceso de coeficiente de difusión aparente se determinará cuál es; el edema persistirá hiperintenso por el efecto T2, y la restricción de las moléculas del agua será hipointenso. (2)

Los tensores de la difusión sirven para determinar la direccionalidad del movimiento del agua medido por la fracción de anisotropía (FA) y la tractografía para el mapeo de la direccionalidad del movimiento del agua. La FA representa el grado en que la difusión varía hacia diversas direcciones. La FA es diferente en varias regiones del parénquima del cerebro adulto y varía con la edad. El FA tiene un valor de “0” cuando la difusión es libre o isotrópica y “1” cuando hay máxima anisotropía. Puede ser utilizada para la diferenciación del tumor, determinar su grado de malignidad y valorar la respuesta al tratamiento. (2)

En los mapas bidimensionales en color del tensor de difusión pueden distinguirse con claridad los tractos de sustancia blanca en color rojo, verde y azul según las orientaciones en el espacio derecha-izquierda, anterior-posterior y superior-inferior, respectivamente. (3)

PATRONES DE AFECTACIÓN DE LA SUSTANCIA BLANCA POR LOS TUMORES:

Estos son en base a su comportamiento; la “desviación” corresponde a tumores de bajo grado de malignidad que produce compresión de las fibras; el patrón “infiltrante” se da cuando el tumor



se mete por entre las fibras, como los fibrilares o los anaplásicos; el “edematoso” produce dispersión de las fibras y el “destrutivo” se determina cuando el tumor es muy agresivo e interrumpe el paso de las fibras. (4)

UTILIDAD DE TRACTOGRAFÍA

A la cantidad de herramientas de neuroimagen disponibles para la planeación quirúrgica se han adicionado las técnicas de determinación de la activación cerebral funcional (RMF), para la detección de áreas elocuentes, y a tractografía por tensores de difusión (DTI), por su sigla en inglés), para caracterizar la conectividad cerebral. Aunque son de mucha utilidad aplicadas por separado, su

combinación en un mismo estudio promete ampliar nuestro entendimiento de la conectividad funcional cerebral y su aplicación a múltiples patologías. (5)

En su papel principal como técnica de planeación prequirúrgica, la combinación de RMF con DTI le permite al neurocirujano tener mayor certeza sobre la ubicación de las activaciones, así como visualizar la sustancia blanca, que provee conectividad a esas áreas elocuentes. Esto evita su transección y, por ende, un déficit neurológico.

La aplicación clínica más extendida es la planificación prequirúrgica en la resección de tumores cerebrales. La ITD permite cuantificar la proximidad de un tumor a los tractos elocuentes de sustancia blanca, mejorando la precisión en la valoración del riesgo quirúrgico y aportando una valiosa información sobre la posible vía de acceso al tumor. Se han mostrado los beneficios prequirúrgicos de la tractografía mediante la ITD cuando se complementa con la resonancia magnética funcional (RMf), ya que la combinación de ambas técnicas, realizable en el mismo equipo y en la misma exploración, logra una mejor estimación de proximidad de los bordes del tumor a las áreas cerebrales elocuentes, e informa del posible desplazamiento de los tractos de sustancia blanca respecto a su trayectoria habitual por el efecto de masa de los tumores. (2)

El edema y el efecto de masa alteran la arquitectura normal de la sustancia blanca y dificultan la selección de la ROI sobre la que se planifica el estudio de ITD; con la información aportada por la RMf, la ROI puede ser seleccionada con mayor precisión, mejorando el resultado final del mapa funcional prequirúrgico.

La tractografía puede ser integrada en un sistema estándar de neuronavegación, facilitando la visualización intraoperatoria de los principales tractos de sustancia blanca, como la vía piramidal y las radiaciones ópticas.

La exploración mediante la ITD de los niños prematuros está permitiendo el estudio de la arquitectura laminar del cerebro y del desarrollo de la sustancia blanca antes de la mielinización. Las nuevas revelaciones acerca de la maduración cerebral aportadas por la ITD habrán de mejorar el diagnóstico y la evaluación de las alteraciones cerebrales congénitas, metabólicas y del desarrollo. (5)

Adicionalmente, la sinergia de las técnicas DTI-RMF permite explorar el concepto de conectividad funcional cerebral, es decir, las interconexiones entre diferentes áreas de función cerebral detectadas mediante RMF, con lo cual se han hecho importantes avances en el campo de las neurociencias cognitivas.

En esencia, la DTI-RMF es una técnica de fusión multimodal de imágenes en la cual se fusionan los resultados de las manipulaciones neuropsicológicas en la forma de mapas paramétricos estadísticos, la adquisición volumétrica anatómica y las fibras derivadas de la anisotropía fraccional por difusión.

En lo que concierne a la DTI, por razones de costo computacional, normalmente se generan los tractos seleccionando fibras específicas derivadas de áreas de interés (ROI, por su sigla en inglés) para el operador. Estas ROI se escogen basándose en regiones anatómicas conocidas para obtener el tracto deseado. En la técnica combinada de DTI-RMF, las ROI se generan de manera semiautomática a partir de las áreas de activación cerebral derivadas de exploraciones con RMF. Estas ROI

volumétricas sirven como “puntos semilla” de los algoritmos de generación de tractos a partir de los mapas de anisotropía fraccional, es decir, cualquier tracto que entre en contacto con el área de activación funcional será generado y visualizado de manera selectiva, y de esta manera ofrecerá datos invaluable sobre la conectividad de dicha área activada. (5)

Las entidades patológicas que alteran la microestructura tisular del cerebro no sólo pueden afectar a la difusión general, sino también a la difusión anisotrópica. Entre estos procesos patológicos se encuentra la tumefacción celular, la ampliación o disminución del espacio extracelular o la pérdida de la organización tisular, que producen cambios transitorios o permanentes en la difusión. Así, la tractografía basada en el tensor de difusión ha demostrado ser útil en el estudio del infarto cerebral, tanto en el pronóstico, por su capacidad de valorar la integridad de los tractos de sustancia blanca adyacentes al área isquémica, como en la evaluación de la degeneración Walleriana secundaria a un infarto cerebral; los datos de la ITD han mostrado una significativa reducción de la FA en la vía piramidal del hemisferio afectado en las dos primeras semanas tras un infarto, cuando todavía no existen hallazgos detectables en la RM convencional. (6)

En el campo de la epilepsia se ha detectado un incremento de la difusión y una reducción de la anisotropía en los hipocampos escleróticos con cambios sutiles en las imágenes potenciadas en T2, aumento del CDA y disminución de la FA en las anomalías del desarrollo cortical y diferencias estadísticamente significativas en los índices de difusión en pacientes con RM negativa y epilepsia del lóbulo temporal

con alteraciones estructurales menores epileptógenas ocultas. Asimismo, la tractografía 3D es útil en la evaluación posquirúrgica de la lobectomía temporal. (2)

La ITD ha sido extensamente empleada en el estudio de la esclerosis múltiple, no sólo en la cuantificación de las placas y en el estudio 3D de las vías adyacentes, sino en el análisis de áreas aparentemente normales mediante RM convencional, que muestran reducción de la anisotropía e incremento de la difusión que traduce un daño estructural inadvertido con otras técnicas de imagen. Un avance capital en la ITD es que es capaz de distinguir entre un área de desmielinización y otra de dismielinización, ambas igualmente hiperintensas en las secuencias potenciadas en T2, ya que la dismielinización, tal como sucede por ejemplo, en la enfermedad de Pelizaeus-Merzbacher, no altera la anisotropía. (5)

En la evaluación del tracto piramidal en la esclerosis lateral amiotrófica, convirtiéndola en una herramienta útil en la monitorización de la progresión de la enfermedad. (5)

La valoración de la circunvolución del cíngulo mediante el tensor de difusión ha mostrado reducciones en la FA antes del desarrollo de demencias, y es útil en el diagnóstico temprano de la enfermedad de Alzheimer.

Las anomalías congénitas del SNC suelen mostrar conexiones aberrantes de la sustancia blanca; así, la tractografía pone de manifiesto las conexiones hemisféricas anormales en la agenesia parcial o completa del cuerpo calloso, descenso en la anisotropía de la sustancia blanca adyacente a la corteza malformada, y es frecuente encontrar un curso aberrante de los tractos de sustancia

blanca subyacentes a un área de displasia cortical severa. El síndrome de Joubert comprende la malformación del vermis cerebeloso y unas conexiones aberrantes entre el cerebelo y la corteza cerebral por unos pedúnculos cerebelosos superiores elongados y anormales que pueden ser bien estudiados mediante la ITD. (5)

En la leucomalacia periventricular la tractografía demuestra un tracto corticoespinal intacto y una disminución de las conexiones sensoriales talamocorticales, que son responsables de la espasticidad de la parálisis cerebral debida a lesión de la función inhibitoria.

Por lo anterior se hace la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la utilidad de la tractografía en la afectación de la sustancia blanca en pacientes con patología de sistema nervioso central?

III. JUSTIFICACIÓN.

La resonancia magnética ha demostrado ser un método muy útil para el estudio de múltiples estructuras del organismo, especialmente del sistema nervioso central. El empleo de nuevas técnicas de difusión, parece abrir un camino al entendimiento de algunos procesos patológicos intracerebrales.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El sistema nervioso central, específicamente las fibras de la sustancia blanca puede presentar diferentes procesos funcionales y patológicos, los cuales pueden tener

mejor entendimiento a través de la resonancia magnética con las técnicas de tractografía basadas en tensor de difusión.

V. HIPOTESIS

La tractografía puede demostrar la orientación y la integridad de las fibras de la sustancia blanca in vivo y su valoración puede ser de utilidad para el tratamiento y pronóstico de diversos procesos patológicos del sistema nervioso central.

VI. OBJETIVOS

Objetivo general.

1. Determinar la utilidad de la tractografía en el diagnóstico de la patología del Sistema Nervioso Central.
2. Conocer los aspectos técnicos para la realización del método y sus variantes.

Objetivos específicos.

1. Determinar la prevalencia y sus características por imagen de la tractografía en patología del sistema nervioso central en la población mexicana.
2. Determinar las condiciones clínicas asociadas con la patología y la tractografía.

VII. MATERIAL Y METODOS

1. Tipo de estudio: se realizó un estudio observacional de tipo transversal, analítico y de prevalencia.
2. Lugar y periodo: se revisaron los estudios de resonancia magnética de encéfalo con patología cerebral y que cuentan con tractografía, que fueron realizados en el servicio de Radiología e Imagen del Hospital de Especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda” del CMN Siglo XXI, en el periodo comprendido del 30 de marzo del 2018 al 28 de febrero del 2019.
3. Universo de trabajo: pacientes derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social con diagnóstico de patología cerebral y que cuentan con estudios de tractografía de encéfalo realizados en el servicio de Radiología e Imagen del Hospital de Especialidades UMAE “Dr. Bernardo Sepúlveda” del CMN Siglo XXI.
4. Criterios de selección:
 - a. Criterios de inclusión: pacientes del Instituto Mexicano del Seguro Social de ambos sexos de carácter adulto con diagnóstico de patología cerebral, que se realizaron estudio de tractografía de encéfalo en el Hospital de Especialidades de la UMAE Centro Médico Nacional Siglo XXI en el periodo comprendido del 30 de marzo del 2018 al 28 de febrero del 2019.
 - b. Criterios de exclusión: pacientes con diagnóstico de patología cerebral que no cuenten con estudio de tractografía de encéfalo. Pacientes que presenten con diagnóstico de lesión cerebral con estudio de tractografía fuera de tiempo del periodo del estudio.

VIII. DEFINICION DE LAS VARIABLES

VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
EDAD	Cuantitativo ordinal Independiente	La edad que se consignará en el expediente radiológico	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo	Se consignó la edad referida en el expediente radiológico
GÉNERO	Cualitativo nominal Independiente	El género que se consignará en el expediente radiológico	Se define como el conjunto de características naturales o biológicas en base a los genitales externos de cada individuo	Se consignó el género del paciente referido en el expediente radiológico
CONDICIONES CLÍNICAS ASOCIADAS	Cualitativo nominal Independiente	Son los signos y síntomas que se presentan al momento de contar con diagnóstico de lesión cerebral.	Son los signos y síntomas presentados al momento de contar con diagnóstico de lesión cerebral.	Signos y síntomas de presentación clínica asociados a la lesión cerebral y documentados en el expediente clínico
DIAGNÓSTICO RADIOLÓGICO	Cualitativo normal Independiente	Son los diagnósticos imagenológicos que se reportarán en el expediente radiológico de los estudios realizados	Son los diagnósticos que se integran en base a las imágenes de resonancia magnética de encéfalo	Se consignaron los diagnósticos imagenológicos que se reportaron de los estudios realizados
SECUENCIAS DE RESONANCIAS	Cualitativo nominal	Son las secuencias a realizar en el	Tipos de secuencias a realizar en el	Secuencias demostradas que se

A MAGNÉTICA	Independiente	protocolo de resonancia magnética de encéfalo documentadas en el reporte radiológico	protocolo de resonancia magnética de encéfalo	consignarán en el reporte radiológico
PATOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL	Cualitativo nominal Dependiente	Son las patologías que muestran una afectación de la región cerebral documentadas en el expediente	Patologías con afección de la región cerebral	Patologías con afección de la región cerebral consignadas en el expediente clínico

IX. ANÁLISIS DE DATOS

Se expresaron en promedio, desviación estándar o en mediciones y rangos, así como frecuencias dependiendo de la distribución de los datos, asociaciones positivas entre los hallazgos encontrados por prueba de Fisher y regresión logística.

Se determinó análisis de regresión logística de los hallazgos positivos encontrados por imagen de las características de las diferentes patologías cerebral en las diferentes secuencias de resonancia magnética de encéfalo y la tractografía.

La base de datos fue capturada en Excel de Office y su análisis se realizó en el programa estadístico SPSS versión 21.

X. ASPECTOS ÉTICOS

El presente trabajo se efectuó tomando en cuenta las recomendaciones emitidas por la declaración de Helsinki para estudios biomédicos y los parámetros establecidos por la SSA para la investigación biomédica en la República Mexicana en 1982. De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación el riesgo de esta investigación es considerado como Investigación sin riesgo, ya que son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta

El estudio fue revisado para su aprobación por el comité local de investigación del Hospital de Especialidades UMAE CMN Siglo XXI.

XI. RECURSOS PARA EL ESTUDIO

Recursos humanos:

Los pacientes del Instituto Mexicano del Seguro Social en Hospital de Especialidades de la UMAE Centro Médico Nacional Siglo XXI en el periodo comprendido del 30 de marzo del 2018 al 28 de febrero del 2019, que cumplan con los criterios de inclusión para dicho estudio.

Lós médicos especialistas, jefe de servicio y médicos colaboradores en el área de Resonancia Magnética de la UMAE Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Recursos materiales:

Los estudios fueron realizados con equipo de resonancia magnética 3 Teslas Skyra SIEMENS. Protocolo de encéfalo (cráneo rutina, secuencias a obtener son T1, T2, T1 contraste y tractografía), el medio de contraste utilizado fue gadolinio, considerado un medio de contraste paramagnético de tipo lantánido, su administración fue vía endovenosa a razón de 0.1 mmol/Kg/dosis. En este estudio la muestra tuvo una mayor proporción de sexo en masculinos, con una media de edad de

La prevalencia de afectación de los tractos de la sustancia blanca es de 55.8% con un patrón de desviación; seguido por

XII. RESULTADOS

En este estudio la muestra tuvo una mayor proporción de sexo en masculinos, con una media de edad de 63.4 ± 11 .

La prevalencia de afectación de los tractos de la sustancia blanca en las patologías del sistema nervioso central analizadas, es de 55.8% con un patrón de desviación; seguido por un patrón edematoso, infiltrante y destructivo (23.1%, 11.5% y 5.8% respectivamente). (Tabla 1)

Se observó que la comorbilidad de mayor predominio fue la hipertensión arterial sistémica con un porcentaje de 36.5%, seguida de diabetes mellitus.

Tabla 1. Datos clínicos de la población estudio

Variables	Total n=52
Edad (años)	63.4 ± 11
Sexo, n (%)	
Mujeres	15 (28.8)
Hombres	37 (71.2)
Comorbilidades	
Diabetes mellitus	11 (21.2)
Hipertensión arterial sistémica	19 (36.5)
Cáncer	1 (1.9)
Lupus eritematoso sistémico	2 (3.8)
Enfermedad renal crónica	1 (1.9)
Diagnóstico radiológico	
Glioma de alto grado	5 (9.6)
Meningioma	12 (23.1)
Glioma de bajo grado	10 (19.2)
Oligodendroglioma	2 (3.8)
Cavernoma	3 (5.8)
Metástasis cerebral	7 (13.5)
Linfoma cerebral	2 (3.8)
Absceso cerebral	1 (1.9)
Quiste epidermoide	2 (3.8)
Craneofaringioma	1 (1.9)
Esclerosis múltiple	5 (9.6)
Ganglioglioma	2 (3.8)
Patrón de afectación de la sustancia blanca	
De desviación	29 (55.8)
Destructivo	3 (5.8)
Edematoso	12 (23.1)
Infiltrante	6 (11.5)
Sin patron	2 (3.8)

Los datos se presentan como porcentajes, medias (desviación estándar) y medianas (rangos intercuantiles) de acuerdo al tipo de variable y a su distribución.

En la Tabla 2 se puede observar que de acuerdo al análisis bivariado los sujetos que tuvieron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0.05$ fueron glioma de alto grado, meningioma y metástasis cerebral ($p=0.013$, $p < 0.001$ y $p=0.035$ respectivamente) con un patrón de afectación de sustancia blanca de desviación.

Tabla 2. Comparación del patrón de afectación entre los sujetos que presentaron en el diagnóstico radiológico.

	PATRÓN DE DESVIACION			PATRÓN DESTRUCTIVO			PATRÓN EDEMATOSO			PATRÓN INFILTRANTE		
	SI n=29	NO n=23	p	SI n=3	NO n=49	p	SI n=12	NO n=40	p	SI n=6	NO n=46	p
Glioma de alto grado	0	21.7	0.013	33.3	8.2	0.266	16.7	7.5	0.325	33.3	6.5	0.096
Meningioma	41.4	0	<0.001	0	24.5	1.000	0	30	0.047	0	26.1	0.316
Glioma de bajo grado	13.8	26.1	0.307	0	20.4	1.000	25	17.5	0.679	50	15.2	0.077
Oligodendroglioma	3.4	4.3	1.000	0	4.1	1.000	8.3	2.5	0.412	0	4.3	1.000
Cavernoma	6.9	4.3	1.000	0	6.1	1.000	0	7.5	1.000	0	6.5	1.000
Metástasis cerebral	3.4	26.1	0.035	0	14.3	1.000	41.7	5	0.005	16.7	13	1.000
Linfoma cerebral	0	8.7	0.191	66.7	0	0.002	0	5	1.000	0	4.3	1.000
Absceso cerebral	0	4.3	0.442	0	2	1.000	0	2.5	1.000	0	2.2	1.000

Quiste epidermoide	6.9	0	0.497	0	4.1	1.000	0	5	1.000	0	4.3	1.000
Craneofaringioma	3.4	0	1.000	0	2	1.000	0	2.5	1.000	0	2.2	1.000
Esclerosis múltiple	13.8	4.3	0.368	0	10.2	1.000	8.3	10	1.000	0	10.9	1.000
Ganglioglioma	6.9	0	0.497	0	4.1	1.000	0	5	1.000	0	4.3	1.000

Para demostrar que no existen diferencias se realizó Chi Cuadrada tomando un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo.

XIII. DISCUSIÓN

La principal utilidad de la secuencia de tractografía en patología del sistema nervioso central, en la población de nuestro estudio, es la planeación quirúrgica de tumores cerebrales, la cual es concordante con la bibliografía reportada. La segunda utilidad en frecuencia fue determinar los haces de sustancia blanca preservados en los pacientes con esclerosis múltiple.

Los sujetos que tuvieron diferencias estadísticamente significativas con una $p < 0.05$ fueron glioma de alto grado, meningioma y metástasis cerebral ($p=0.013$, $p < 0.001$ y $p=0.035$ respectivamente) con un patrón de afectación de sustancia blanca de desviación.

El resto de los diagnósticos radiológicos no se observaron diferencias estadísticamente significativas ya que el número de sujetos en estudio no era representativo.

En la patología de esclerosis múltiple, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en este grupo de diagnóstico radiológico, sin embargo, posterior a los tumores cerebrales, fue la segunda patología en frecuencia en donde se utilizó la secuencia de tractografía.

De la interpretación de estos resultados se debe considerar que existen algunas limitantes. El diseño de un estudio observacional de tipo transversal no permite generar ninguna relación causa efecto y el tamaño de la muestra se realizó a conveniencia, por lo que no se pueden extrapolar los resultados.

Finalmente, estos resultados demuestran que la secuencia de tractografía se utiliza en protocolos ya establecidos en tumores cerebrales como planeación prequirúrgica, limitando su utilidad en el resto de las patologías cerebrales como esclerosis múltiple, infarto cerebral, enfermedad de Alzheimer y epilepsia, por lo que se propone utilizar esta secuencia de difusión en los protocolos de resonancia magnética en pacientes con los diagnósticos previamente referidos.

XIV. CONCLUSIÓN

La difusión por tensión, tractografía, es de gran utilidad para valorar los fascículos o haces elocuentes, e incluso estudiar su estado funcional (fracción anisotrópica).

En casos de tumores se puede establecer si hay desplazamiento o invasión de la sustancia blanca, mejorando la precisión en planeación quirúrgica. Otros padecimientos como esclerosis múltiple, se verán también favorecidos por el poder informativo de esta técnica de RM.

XV. BIBIOGRAFÍA

1. A. Duque, E. Roa y J. Castedo. Anatomía de la sustancia blanca mediante tractografía por tensor de difusión. Sección de Neurorradiología. Hospital Madrid-Montepíncipe. Madrid. España. Radiología. 2008; 50(2):99-111.
2. Roger Antonio Carrillo Mezo, et al. Conceptos modernos en radiología e imagen de tumores cerebrales. Acta médica Grupo Ángeles. 2016;14(1): 27-32.
3. Manuel Martínez, Alberto Prosen, Carlos Castillo, Carlos J. Morales, Claudio Bruno. Fisiología cerebral por imágenes: Difusión por tensión - Tractografía. Fundación Científica del Sur – H. Yrigoyen 8680, Lomas de Zamora, Pcia de Buenos Aires, Argentina. Rev Argent Neuroc 2007, 21: 59.
4. Brian J. Jellison, Aaron S. Field, Joshua Medow, Mariana Lazar, M. Shariar Salamat, and Andrew L. Alexander. Diffusion Tensor Imaging of Cerebral White Matter: A Pictorial Review of Physics, Fiber Tract Anatomy, and Tumor Imaging Patterns. AJNR Am J Neuroradio 2004; 25:356–369.
5. Seung-Koo Lee, Dong Ik Kim, Jinna Kim, Dong Joon Kim, Heung Dong Kim, Dong Seok Kim, Susumu Mori. Diffusion-Tensor MR Imaging and Fiber Tractography: A New Method of Describing Aberrant Fiber Connections in Developmental CNS Anomalies. RadioGraphics 2005; 25:53– 68.
6. Reyes-Vaca JG1, Rodríguez-Aguilar JA2, Escalante Padrón FJ3, Bravo-Oro A4, Villegas-Aguilera M5, Hernández-Sierra JF6. Estudio comparativo, mediante resonancia magnética, de los tractos del cíngulo y de las radiaciones talámicas anteriores de pacientes con trastorno por déficit de atención y controles sanos. Anales de Radiología México 2016 oct;15(4):327-338.
7. TM. Javier Urriola Y(1), Dr. Ricardo Wenger C(2). Más allá del tensor de difusión: Experiencia preliminar en Tractografía HARDI-CSD y Super-Resolución en 1.5T. Revista Chilena de Radiología. 2013; 19(4) 166-173.
8. Toh CH, Castillo M, Wong AM, Wei KC, Wong HF, Ng SH et al. Primary cerebral lymphoma and glioblastoma multiforme: differences in diffusion

characteristics evaluated with diffusion tensor imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008; 29 (3): 471-475.

9. Lu SS, Kim SJ, Kim HS, Choi CG, Lim YM, Kim EJ et al. Utility of proton MR spectroscopy for differentiating typical and atypical primary central nervous system lymphomas from tumefactive demyelinating lesions. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2014; 35 (2): 270-277.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Estimado paciente lo estamos invitando a participar en un estudio de investigación que se lleva a cabo en el servicio de Radiología e Imagen del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

El estudio se denomina: UTILIDAD DE LA TRACTOGRAFÍA EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

Lugar y fecha: Ciudad de México a ___ de _____ del 2018.

Número de registro: R-2019 - 3601 – 173

Justificación y objetivo del estudio:

La resonancia magnética es un método útil para el estudio de múltiples estructuras del organismo, especialmente del sistema nervioso central. El empleo de nuevas técnicas de difusión, parece abrir un camino al entendimiento de algunos procesos patológicos intracerebrales.

Procedimientos: En caso de aceptar a participar en el estudio, se tomarán datos de su expediente radiológico del servicio de Imagenología del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI, los cuales serán utilizados en esta investigación.

Posibles riesgos y molestias:

Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio: Usted no obtendrá algún beneficio, sin embargo, se espera que los resultados nos permitan conocer mejor la eficiencia de las secuencias.

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento: Durante el transcurso de este estudio, se informará al Comité Local de Investigación en Salud, y al participante de cualquier hallazgo nuevo (ya sea positivo o no) que sea importante en su salud.

Participación o retiro: La participación en este estudio es completamente voluntaria. Si usted decide no participar, seguirá recibiendo la atención médica a que tiene derecho en el IMSS, se le ofrecerán los procedimientos establecidos dentro de los servicios de atención médica del IMSS. Es decir, que si usted no desea participar en el estudio, su decisión, no afectará su relación con el IMSS y su derecho a obtener los servicios de salud u otros servicios que recibe de éste.

Si en un principio desea participar y posteriormente cambia de opinión, usted puede abandonar el estudio en cualquier momento. El abandonar el estudio en el momento que usted quiera no modificará de ninguna manera los beneficios que tiene como derechohabiente del IMSS. Para los fines de esta investigación sólo utilizaremos la información que usted nos ha brindado desde el momento en que aceptó participar hasta el momento en el cual nos haga saber que ya no desee participar.

Privacidad y confidencialidad: Para garantizar su privacidad, la información de los participantes, ni las bases de datos ni las hojas de colección contendrá información que pudiera ser utilizada para identificarla/o (como su nombre, teléfono y dirección), y será guardada de manera confidencial y por separado por el investigador principal bajo llave. Cuando los resultados de este estudio sean publicados o presentados en conferencias, por ejemplo, no se dará información que pudiera revelar su identidad. La identidad será protegida y ocultada. Para proteger la identidad del participante le asignaremos un número que utilizaremos para identificar sus datos, y usaremos ese número en lugar de su nombre en nuestras bases de datos.

En caso de colección de material biológico:

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | No autoriza que se tome la muestra. |
| <input type="checkbox"/> | Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio. |
| <input type="checkbox"/> | Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros. |

Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes: Como derechohabiente se le garantizará que durante su participación en el estudio siempre se le proporcionará el tratamiento necesario para atender su condición de salud actual o cualquier problema que pueda surgir durante el estudio.

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a: Si tiene preguntas o quiere hablar con alguien sobre este estudio de investigación puede comunicarse de 9:00 a 14:00 h, de lunes a viernes con el Dr. Sergio Martínez Gallardo, que es el investigador responsable del estudio, al teléfono 55 56276900. También puede comunicarse en el mismo horario con el investigador asociado (colaboradora):

Dra. Itzel Alvarado Morales, al teléfono 492 101 22 59, o a través del correo electrónico cheli246@hotmail.com.

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Col. Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, Correo electrónico: comision.etica@imss.gob.mx