



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

SECRETARÍA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

**“CORRELACIÓN DEL ELECTROENCEFALOGRAMA CUANTITATIVO
CON LOS NIVELES DE DISCAPACIDAD
FÍSICA Y COGNITIVA EN PACIENTES
CON SECUELAS DE TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO.”**

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE MÉDICO ESPECIALISTA EN

MEDICINA DE REHABILITACIÓN

PRESENTA

DR. JULIO JOSÉ MACÍAS GALLARDO

PROFESOR TITULAR

DR. LUIS GUILLERMO IBARRA

ASESORES

DR. en C. PAUL CARRILLO MORA

DR. HÉCTOR BRUST CARMONA



MÉXICO D.F

FEBRERO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



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. Luis Guillermo Ibarra
Profesor Titular
Director General Instituto Nacional de Rehabilitación

Dra. Matilde L. Enríquez Sandoval
Directora de Enseñanza

Dra. Xochiquetzal Hernández López
Subdirección de Posgrado y Educación Continua

Dr. Alberto Ugalde Reyes Retana
Jefe de Servicio de Enseñanza Médica

Dr. en C. Paul Carrillo Mora
División de Neurociencias/Subdivisión de Neurobiología
Asesor Clínico

Dr. Héctor Brust Carmona
Laboratorio de Electroencefalografía
Asesor Metodológico

AGRADECIMIENTOS

Muchas Gracias a mi familia por todo su apoyo y motivación.

Compañeros de residencia y amigos

Médicos y maestros.

Contenido

| | |
|-------------------------------------|--------|
| I. RESUMEN..... | - 7 - |
| II. ANTECEDENTES | - 8 - |
| III. JUSTIFICACIÓN..... | - 33 - |
| IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | - 33 - |
| V. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN..... | - 34 - |
| VI. HIPÓTESIS..... | - 34 - |
| VII. OBJETIVO GENERAL..... | - 34 - |
| VIII.METODOLOGÍA..... | - 35 - |
| IX. RESULTADOS..... | - 41 - |
| X. DISCUSIÓN..... | - 50 - |
| XI. CONCLUSIÓN | - 52 - |
| XII. BIBLIOGRAFÍA..... | - 53 - |
| XIII.ANEXOS | - 61 - |

I. RESUMEN

Introducción: Hasta un 50% de los pacientes con TCE grave no se pueden reintegrar a actividades laborales y/o escolares. Para los médicos especialistas en neurorrehabilitación resulta un reto establecer un pronóstico funcional en estos pacientes basado en indicadores objetivos e individualizados. Actualmente se carece de marcadores pronósticos fiables que además brinden información sobre el proceso de recuperación de los pacientes con secuelas TCE. En este sentido el electroencefalograma cuantitativo (EEGc) es un estudio que resulta sensible, económico y no invasivo; ha permitido obtener algunos indicadores cuantitativos que pueden estar relacionados con la severidad de la lesión cerebral y con el estado clínico. Sin embargo, dicha asociación no ha sido demostrada plenamente.

Material y Métodos: Estudio transversal, observacional, descriptivo. Se realizaron estudios electroencefalográficos a 18 pacientes que se valoraron funcionalmente al internarse en el servicio de rehabilitación neurológica. Se obtuvo la potencia absoluta de las 4 bandas de frecuencias, y los índices delta/alfa, theta/alfa y delta+theta / beta+alfa. Se realizó análisis de correlación entre el nivel funcional al inicio de la rehabilitación y las variables neurofisiológicas, también entre el porcentaje de recuperación y las variables neurofisiológicas, por último se hizo un análisis entre grupos: grupo 1, con más de 40% de mejoría y grupo dos menos de 40% de mejoría.

Resultados: Se encontró una correlación negativa fuerte y significativa entre el índice theta/alfa con el FIM $r=-0.79$ y $p=0.001$ y con el índice de Barthel $r=-0.72$ $p=0.001$, el porcentaje de mejoría y el índice theta/alfa obtuvieron correlaciones con la escala de equilibrio Berg $r=-0.72$ $p=0.002$, la escala de Barthel $r=-0.66$ y $p=0.002$, y FIM $r=-0.61$ $p=0.002$. Se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos a expensas del índice theta/alfa $p=0.03$ y en la potencia absoluta de delta $p=0.03$.

Conclusiones: En este estudio el índice theta/alfa correlaciona con los niveles de funcionalidad en pacientes con secuelas de TCE. Los pacientes con menor índice theta/alfa y con menor potencia absoluta de delta obtuvieron mayor potencial de recuperación durante un mes de tratamiento rehabilitatorio.

II. ANTECEDENTES

TCE epidemiología

El traumatismo craneoencefálico (TCE) se define como cualquier daño o lesión ocasionada al tejido cerebral como producto de la aplicación violenta de una fuerza externa, que puede ser contusa o penetrante, y deja como resultado grados variables de déficits motores, sensitivos, emocionales, cognitivos, etc. que dependen de la localización y extensión de la lesión de las complicaciones secundarias y de las alteraciones asociadas. ⁽¹⁾

En México la incidencia del traumatismo craneoencefálico oscila entre los 200 a 400 pacientes/100,000 habitantes/año, 10% de ellos son graves. Los accidentes son la tercera causa de muerte, con una mortalidad de 38.8 por 100 mil habitantes. Por género se distribuye hombres y mujeres 3:1, población de 15 a 45 años y los accidentes de tráfico corresponden al 75% de las causas. Se estima que en países occidentales el 1.5% de la población ha sufrido un traumatismo craneoencefálico de los cuales el 30% han necesitado hospitalización, y la mitad de estos pacientes presentan algún tipo de secuela severa o permanente ⁽²⁾. En el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), de acuerdo al análisis de 22,094 expedientes del año 2011, 14 % del total de los pacientes atendidos correspondieron a enfermedades mentales o del sistema nervioso de acuerdo a la clasificación CIE-10. ⁽³⁾

Algunos estudios reportan que hasta un 50% de los pacientes con TCE grave no se pueden reintegrar a actividades laborales y/o escolares, lo que representa un problema impactante, ya que la mayor parte de éstos suceden en gente joven en edad productiva. Lo que hace necesario la búsqueda y desarrollo de nuevas herramientas de evaluación y pronósticas, con la finalidad de predecir la recuperación global del paciente e instaurar de forma más temprana medidas para mejorar la calidad de vida y abatir los costos derivados de su atención, los cuales pueden ascender hasta 1000 dólares diarios. ^{(4) (5)}

Posterior al tratamiento agudo y a las complicaciones asociadas al trauma son varias las secuelas de un paciente que sufre un TCE, las más importantes son limitaciones en la movilidad, alteraciones en el tono muscular, alteraciones cognitivas y conductuales. En conjunto condicionan dificultad para la ejecución de las actividades de la vida diaria y su participación en diferentes roles sociales. ⁽⁵⁾

Los procesos de rehabilitación son llevados a cabo por un equipo multidisciplinario que incluye médicos de diferentes especialidades, terapeutas, psicólogos, trabajadores sociales, entre otros. En años recientes se ha agregado la atención médica y psicológica al cuidador primario que se encarga de atender al paciente. Los procesos se centran en la evaluación y tratamiento de complicaciones médicas y tratamiento rehabilitatorio enfocado a una recuperación máxima y adaptación adecuada o compensatoria de las deficiencias remanentes, sin embargo el pronóstico de mejoría en ocasiones es incierto. ⁽⁶⁾

Fisiopatología de la lesión por TCE

El mecanismo principal de la lesión cerebral por trauma encefálico consta de daños primarios y secundarios, los primeros incluyen fuerzas biomecánicas como la aceleración, desaceleración, cizallamiento y rotación; existen contusiones y zonas de isquemia focales que exponen al cerebro a reducción en la concentración de oxígeno, formación de radicales libres y daño celular. Puede verse comprometida la barrera hematoencefálica exponiendo a las células a productos sanguíneos tóxicos para la neuroglía. ⁽⁷⁾ Por último el trauma puede causar disminución en la vasoreactividad lo que contribuye al edema vascular encefálico y al aumento de la presión intracraneal.

Como daño secundario inmediato a la lesión, las neuronas presentan una descarga masiva de neurotransmisores, lo que produce un flujo iónico que cambia el equilibrio intra y extracelular. Principalmente el glutamato abre la puerta

fisiopatológica a la muerte celular secundaria asociado a la excitotoxicidad, lo cual puede ser seguido de una supresión de la actividad neuronal. El glutamato liberado se une a su receptor y produce un aumento intracelular del ion calcio y sodio, causando edema celular, siendo éste el principal mecanismo detrás del edema cerebral ⁽⁸⁾. La entrada de sodio produce también una salida de potasio, impulsado por la bomba metabólica de sodio-potasio, la cual necesita ATP. Aumenta la demanda de energía, la cual está limitada debido al trauma. Esto induce formación de radicales libres, que puede resultar en muerte celular por necrosis/apoptosis, proceso al cual se la ha adjudicado en años recientes el daño axonal difuso. Se ha evidenciado la presencia de bulbos axonales debido a la acumulación de material intracelular que normalmente se transporta de forma axoplásmica, pero que se mantiene obstruido debido al daño axonal proximal. La misma cascada iónica que causa el daño a nivel del cuerpo celular es responsable del daño a nivel axonal. ⁽⁹⁾

Escalas de Valoración

Las escalas de valoración utilizadas en secuelas de traumatismo craneoencefálico fueron utilizadas poco después de la incorporación de la escala de coma de Glasgow, la cual clasifica al paciente en el estado agudo a través de la respuesta a estímulos verbales o dolorosos, dando tres categorías: severo cuando el puntaje es de 8 o menos, o por un estado de amnesia postraumático que dura más de 24 horas; moderado se define cuando el puntaje en la escala de coma de Glasgow es de 9 a 12 puntos y leve cuando el puntaje es de 13 a 15 puntos. ⁽¹⁰⁾

En el año de 1975 el mismo grupo desarrolló la escala pronóstica de Glasgow para evaluar la evolución de los pacientes posterior al traumatismo craneoencefálico que se encontraban en estado de coma. Sin embargo ésta escala ha mostrado para algunos autores tener poca precisión por lo cual desde 1981 se han propuesto otras escalas para evaluar el nivel de discapacidad

producido por el daño cerebral adquirido con implicaciones pronósticas y terapéuticas importantes. ^{(6) (10)}

A continuación se mencionan las escalas de valoración utilizadas en el presente estudio:

Índice de Barthel: Es una medida que se desarrolló en los años 50s por Mahoney y Barthel. ⁽¹⁰⁾ Es una medida genérica que valora el nivel de independencia del paciente con respecto a la realización de algunas actividades básicas de la vida diaria (AVD), mediante la cual se asignan diferentes puntuaciones según la capacidad del sujeto examinado para llevar a cabo las actividades. ⁽¹¹⁾

Es de fácil obtención, interpretación y aplicación, asigna a cada paciente una puntuación en función de su grado de dependencia. Los valores que se asigna a cada actividad dependen del tiempo empleado y de la necesidad de ayuda para realizarla. Las AVD incluidas son 10: 1) comer, 2) trasladarse entre la silla y la cama, 3) aseo personal, 4) uso del retrete, 5) bañarse, 6) desplazarse, 7) vestirse, 8) control de esfínter intestinal, 9) control de esfínter vesical, y 10) subir y bajar escaleras. Las actividades se valoran de forma diferente pudiéndose asignar 0 puntos, 5 puntos, 10 puntos o 15 puntos. El rango global puede variar del 0 al 100 donde 0 es dependencia completa y 100 puntos completamente dependiente. Así permite también una valoración categórica donde 0-20 puntos indica dependencia total, 21-60 dependencia severa, 61-90 dependencia moderada, 91-99 puntos dependencia escasa, 100 puntos independencia. ^{(11) (12)}

Cuenta con alto grado de fiabilidad y validez ^{(13) (14)} y sensible a detectar cambios ⁽¹⁵⁾. Su adaptación a diferentes ámbitos culturales resulta casi inmediata y existe una traducción al español. ⁽¹³⁾

Escala de independencia funcional (FIM): El FIM, "*Functional Independence measure*", es la medida de mayor uso en medicina de rehabilitación, es una prueba de 18 ítems en una escala ordinal que se utiliza en una población de pacientes con discapacidad. Aparece actualmente como estándar en la literatura mundial, ha sido utilizado ampliamente en diferentes patologías y grupos etarios, demostrando ser un instrumento válido, sensible y confiable. ⁽¹⁶⁾ ⁽¹⁷⁾

El FIM es un indicador de funcionalidad, se mide en términos de la intensidad de asistencia dada por una tercera persona al paciente con limitaciones funcionales. Incluye 18 actividades de la vida diaria que son medidas en una escala de 7 niveles. El nivel 1 indica una dependencia completa (asistencia total) y el nivel 7 una completa independencia. Los ítems del FIM pueden ser sumados para crear el FIM total o FIM-18, los valores obtenidos pueden ir de 18 a 126 puntos. También puede ser desagregado en un FIM-motor, que es la suma de los primeros 13 ítems y en un FIM-cognitivo, que representa los últimos 5. Es un instrumento confiable para la evaluación de los niveles de discapacidad en el ambiente clínico. Permite evaluar periódicamente los cambios que se producen como resultado de un programa de rehabilitación, como también evaluar la eficiencia y eficacia de los mismos. ⁽¹⁸⁾

Houlden *et al.*, ⁽¹⁹⁾ realizó un estudio donde analizó la idoneidad y aplicabilidad del Índice de Barthel y la Medida de Independencia Funcional (FIM), durante la rehabilitación hospitalaria temprana después de una lesión cerebral. Se determinaron la Adecuación y capacidad de respuesta mediante el análisis de la distribución de las puntuaciones y por cálculo de la magnitud del efecto. En todos los grupos de pacientes se observó una mejoría significativa y se concluyó que las dos escalas eran apropiadas para pacientes menores de 65 años sometidos a rehabilitación hospitalaria por lesión cerebral adquirida. El Índice de Barthel y las puntuaciones totales de la FIM mostraron capacidad de respuesta similar y sugieren que ninguno de los valores de FIM tiene ninguna ventaja sobre el índice de Barthel

La escala de equilibrio de Berg: Es la escala de mayor uso en el área de neurorehabilitación para valorar el equilibrio estático y dinámico. Consta de 14 tareas que valoran diversos aspectos de equilibrio del sujeto, puntuadas de 0 a 4. Su puntuación máxima es de 56 puntos y cuando es menor de 46 predice la aparición de caídas múltiples ⁽²⁰⁾. Se ha empleado sobre todo para cuantificar la función del equilibrio en diversas patologías neurológicas como Parkinson, esclerosis múltiple, secuelas de enfermedad vascular cerebral y de traumatismo craneoencefálico ⁽²¹⁾. Su confiabilidad, validez y sensibilidad han sido revisadas y demostradas en diversos estudios de daño cerebral adquirido, incluso se ha utilizado para establecer pronósticos funcionales. ⁽²²⁾

Examen Mini mental: El MMSE (*Mini-mental state examination* por sus siglas en inglés) fue diseñado por Folstein y McHung en 1975 ⁽²³⁾, con la idea de proporcionar un análisis breve y estandarizado del estado mental. Es un método muy utilizado para detectar el deterioro intelectual y vigilar su evolución, sobre todo en ancianos. Su aplicación toma únicamente entre 5 y 10 minutos, por lo que es ideal para aplicarse de forma repetida y rutinaria ⁽²⁴⁾. Sus ítems exploran 5 áreas cognitivas: 1) Orientación, 2) Atención, 3) Concentración y Cálculo, 4) Memoria y 5) Lenguaje Existen varias versiones, siendo la de 30 puntos un instrumento más utilizado en la literatura internacional.

Actualmente se utiliza sobre todo para detectar y evaluar la progresión del trastorno cognitivo asociado a enfermedades neurodegenerativas, pero también se ha validado para su uso en daño cerebral adquirido y se ha utilizado en traumatismo craneoencefálico. ⁽²⁴⁾ ⁽²⁵⁾ La versión adaptada y validada en español del MMSE de Folstein es el MEC (Mini-examen cognoscitivo) adaptada, traducida y validada por Lobo *et al.*, ⁽²⁶⁾ También ha sido validada para su uso en el estudio de daño cerebral adquirido entre otras en secuelas de TCE.

Pronóstico en TCE.

Los médicos neurorehabilitadores carecen de marcadores pronósticos clínicos fiables que brinden información sobre el proceso de recuperación de los pacientes con lesión cerebral secundario a trauma craneoencefálico. Las variables que han recibido mayor atención son la escala de coma de Glasgow, la duración del periodo de coma y la amnesia postraumática⁽²⁷⁾. Estas variables aunque están claramente relacionadas con la severidad del daño, son valoradas durante el período agudo y pueden no corresponder con el estado funcional de los pacientes en el periodo de neurorehabilitación.⁽²⁸⁾

La formulación de un pronóstico en trauma craneoencefálico es un gran reto para el servicio de rehabilitación. Los estudios para mejorar la predicción de los resultados es necesaria por varios motivos: primero para mejorar la toma de decisiones sobre la utilización de los recursos, mejorando la calidad de la decisión clínica; segundo para permitir a la familia ajustar sus expectativas y planes para el futuro; Tercero para proporcionar metas más realistas en el proceso de rehabilitación y la consiguiente evaluación de la eficacia del programa; y cuarto ofrecer una posible base para la determinación de costos.

Los primeros estudios de pronóstico concentran la predicción de los resultados en datos poco después del ingreso, sin embargo en el momento que un paciente ingresa a rehabilitación existe información adicional disponible que puede ser útil en la predicción del resultado. Una serie de variables en trauma craneoencefálico han sido identificadas, incluyendo durante la lesión, la gravedad, el tiempo de inconciencia y la escala de coma de Glasgow; pero también posterior a la lesión se han identificado variables demográficas, sociales y del medio ambiente, así como la presencia de trastornos neurológicos cognitivos o del comportamiento concomitantes.⁽²⁹⁾

La escala de coma de Glasgow, la duración del periodo de inconciencia y la amnesia postraumática son importantes predictores de la afectación a largo plazo

del TCE, sin embargo estos datos en ocasiones no son recolectados en las notas iniciales, y son difíciles de ser recordados por familiares, por lo cual no es posible tener accesos a esta información ⁽³⁰⁾

Poon *et al.*,⁽³¹⁾ encontró que la edad, la escala de coma de Glasgow y el FIM al inicio de la rehabilitación eran los mejores predictores independientes para el pronóstico a un año. La precisión de la predicción para una puntuación favorable en la escala pronostica de Glasgow es del 68% y un resultado para la discapacidad (ya sea moderada o grave) es del 83%.

Otras variables que se han estudiado son la edad en la cual aparece el daño, el tiempo que se da entre el daño y el inicio del periodo de rehabilitación, y la escala pronostica de Glasgow ⁽³²⁾. Diversos estudios han intentado utilizar la neuroimagen para predecir la severidad del daño cerebral o su evolución clínica en el tiempo. El volumen de lesión hemorrágica medida con resonancia magnética de difusión, el territorio de isquemia por resonancia magnética medida por perfusión, así como el volumen ventricular o el grado de atrofia cortical son algunas de las variables que han sido utilizadas para predecir la evolución de pacientes con daño cerebral adquirido en el periodo subagudo ^{(33) (34)}

Azian *et al.*,⁽³⁵⁾ concluyó que, además de la escala pronostica de Glasgow y la presencia de reflejos pupilares, la tomografía computada tenía un alto valor predictivo de la evolución del TCE, principalmente la presencia de hemorragias, intracraneales, extradurales e intraventriculares, así como la localización y el volumen de hemorragias extradurales, subdurales y subaracnoideas.

Thatcher *et al.*,^{(30) (36)} ha propuesto que el electroencefalograma cuantitativo puede brindar información relevante al pronóstico a largo plazo, incluso cuando no se tiene acceso a la Escala de coma de Glasgow, al Tiempo de pérdida de conciencia o a la amnesia postraumática.

Electroencefalograma cuantitativo.

La Electroencefalografía es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por ensambles neuronales, principalmente corticales, que son detectados por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo, la diferencia de potencial es amplificada y registrada en diversas formas por ejemplo en registros en papel. El análisis de este registro en papel que ya no se puede “modificar” y las sensibilidades de los sistemas de amplificación y registro solo permitían el análisis de unas cuantas frecuencias por lo que no se logró proporcionar indicadores diagnósticos concluyentes excepto para la identificación de procesos epileptogénicos ⁽²⁸⁾.

Actualmente las diferencias de potencial se almacenan en sistemas de computación que posteriormente son digitalizados para aplicar diferentes tipos de análisis computacionales. Entre estos el más difundido es la utilización del algoritmo de la transformada de Fourier que permite calcular la potencia absoluta de diversas frecuencias, empíricamente seleccionadas.

Al resultado de estos análisis se califica como electroencefalograma cuantitativo (EEGc). El cual es un procedimiento de apoyo diagnóstico que no agrega ningún riesgo al paciente, es fácil y rápido de realizar, repetible y de bajo costo. El EEGc hace una interpretación del EEG asistida por software que puede usarse para demostrar tendencias cuantitativas no visualizadas en el EEG de observación analógica ⁽³⁷⁾. A diferencia del EEG de rutina el EEG cuantitativo cuenta con otras herramientas para analizar el trazo electroencefalográfico para extraer información que ayude al entendimiento del estado actual y evolución del paciente. Su repetición permite el seguimiento de la efectividad de las intervenciones de rehabilitación integral que promueve la neuroplasticidad cerebral. ^{(37) (38)}

Existen muchos componentes del EEGc que se han reportado en la literatura algunos de los más importantes son:

-Análisis de frecuencia: despliega el EEG en su contenido de espectro de frecuencias, estimando cuanta energía ocurre en cada banda de frecuencia de 0 a 30 Hz, es representada como potencia al cuadrado a lo cual generalmente se refiere como amplitud. ⁽³⁷⁾

-Análisis de coherencia: mide la frecuencia de determinado ritmo en dos sitios diferentes y mide que tanta actividad aumenta o disminuye de manera sincrónica ⁽³⁸⁾. Correlacionan la frecuencia entre dos canales para evaluar que tan similar o “coherente” es la actividad y ha sido propuesto como un análisis de la conectividad de la red neuronal. ⁽³⁷⁾

-Mapas cerebrales: Son desplegados topográficos que ilustran la distribución craneal de la actividad eléctrica. ⁽³⁹⁾

-Análisis de la normalidad estadística: realizando transformación logarítmica de la potencia absoluta de una muestra se calcula el promedio y la desviación estándar, datos que se utilizan para obtener los valores z de la PA por frecuencia y derivación del paciente, aceptando normalidad de los datos cuando se sitúan dentro de dos desviaciones Z (dos desviaciones estándar).

-Análisis diagnóstico discriminativo, que se refiere a la comparación de los valores Z de un paciente con los de un grupo de pacientes que tiene un desorden específico. Suele expresarse como la probabilidad diagnóstica del EEG, y la consistencia con la cual los datos de un paciente son similares a las del EEG de un desorden específico. ⁽³⁸⁾

Además el EEGc ha permitido establecer diferentes índices que pueden calcularse al relacionar la potencia de una determinada frecuencia en diferentes

regiones corticales. Por ejemplo el índice delta/alfa, cuando es mayor existe predominio de delta sobre alfa, y se acepta como lentificación del EEG. El índice de potencias lentas sobre las rápidas que se obtiene dividiendo la potencia absoluta de la suma de las dos frecuencias lentas entre la suma de las dos frecuencias rápidas, que indica a mayor índice más enlentecimiento del EEGc⁽⁴⁰⁾

En cuanto a la confiabilidad y validez del EEG cuantitativo este ha sido evaluado en diversos estudios^{(41) (42) (43)} estos estudios han mostrado buena a moderada reproducibilidad del EEGc. Principalmente la potencia absoluta es el dato neurofisiológico con mayor reproducibilidad, con una correlación en el tiempo que varía en los reportes de 0.68 a 0.94, siendo delta la banda de frecuencia con menor reproducibilidad.⁽³⁸⁾

Se han dividido los cambios en el EEG después de un traumatismo craneoencefálico en agudos si se estudia entre horas y semanas después del evento traumático, subagudo si se estudia entre 4 semanas y menos de 6 meses y crónico si se realiza después de 6 meses.⁽³⁷⁾

EEG y neuroplasticidad.

El EEG resulta de las variaciones del potencial de membrana, el cual depende de la citoarquitectura de la membrana, que incluye la integración de receptores y canales iónicos y los efectos producidos por potenciales excitatorios e inhibitorios^{(44) (45)}. Lo que se analiza en el EEGc es la magnitud y la distribución de los potenciales de campo de múltiples circuitos de neuronas corticales, así como el funcionamiento de los ensambles neuronales cortico-subcorticales. Permite medir las modificaciones dinámicas de la actividad electroquímica cerebral como mecanismo responsable de la función neuronal. Tanto de la actividad eléctrica espontánea como provocada y también puede ser utilizada como herramienta diagnóstica en las lesiones cerebrales.^{(45) (46)}

Las variaciones de los potenciales de membrana se convierten en oscilaciones de ensambles neuronales que generan una distribución espectral de potencia. Los circuitos neuronales se conforman y se van transformando por diferentes estímulos a lo largo del tiempo lo que da por resultado una organización electro-bioquímica funcional por prolongaciones e interacciones sinápticas, modificaciones que representan la neuroplasticidad cerebral. ⁽⁴⁴⁾

Dichos cambios electrofuncionales en diferentes frecuencias, que ocurren simultáneamente en varios ensambles glíoneuronales se denomina “engramas” que representan la información sensorial, que ha sido relacionada con experiencias previas (procesos cognitivos), engramas que activan otras redes y emiten las respuestas motoras, somáticas y vegetativas. Estas respuestas generan nuevas señales que integran diversos circuitos cerebrales construyendo la información de todo el escenario interno y externo. Los nuevos engramas persisten por un tiempo relativamente corto estableciendo la memoria a corto plazo; los cambios más persistentes modifican la estructura citoarquitectónica de los componentes. Estos cambios pueden reflejarse en diferentes frecuencias en el EEG. ⁽⁴⁷⁾

Lo anteriormente descrito convierte al EEGc en un procedimiento para investigar la condición electrofuncional de los generadores corticales en reposo con los ojos cerrados y sus modulaciones por las interacciones entre los circuitos cortico-subcorticales activados al abrir los ojos o por fotoestimulación u otras estimulaciones sensoriales ⁽⁴⁴⁾.

Castellanos et al., ⁽⁴⁸⁾ propone que el electroencefalograma es un estudio útil para la medición de la conectividad funcional, un concepto que ha venido en aumento en los últimos años, es un mecanismo responsable de la remodelación funcional en áreas focales o distantes del cerebro que se producen por un reentrenamiento, compensación o sustitución de las funciones cerebrales. En su estudio utilizó magnetoencefalografía para medir la conectividad funcional y su

correlación con la función cognitiva en 29 sujetos que sufrieron trauma encefálico severo y recibieron tratamiento rehabilitatorio. Las mediciones se realizaron antes y después de rehabilitación y se compararon con un grupo control. Sus resultados son similares a lo reportado por otros autores que utilizan electroencefalografía, que muestran aumento de las conexiones en las bandas de delta y theta las cuales, disminuyen con el tratamiento de rehabilitación, mientras que las frecuencias rápidas alfa y beta, disminuidas al principio, aumentaron posterior al tratamiento. Estos cambios correlacionaron con algunas mejorías en las escalas neuropsicológicas. Estos estudios proveen evidencia de que los datos neurofisiológicos dan información sobre los cambios en neuroplasticidad que se presentan después de una lesión cerebral.

Para analizar algunos de esos cambios Brust *et al.*,^{(47) (44) (46) (39)} sugiere un paradigma de fotoestimulación donde se aplican estímulos visuales repetidos y se analicen los cambios en las potencias absolutas de diferentes frecuencias del EEGc. Describiendo que se produce primero desincronización y al continuar la estimulación se genera sincronización. La desincronización se interpreta como aumento de la actividad neuronal y la sincronización como disminución de la actividad neuronal. Lo que se considera manifestación de habituación. Los autores han evaluado estos cambios ante la fotoestimulación repetida en sujetos sanos y en pacientes.

El EEGc en sujetos sanos presenta un perfil de potencia absoluta que se propone como el electromorfograma normal de ensamblajes glío-neuronales. La potencia absoluta de este engrama refleja la integridad funcional de los ensamblajes corticales. Por lo tanto el análisis de estas variables en pacientes puede evidenciar la localización y extensión de lesiones de ensamblajes corticales y de sus conexiones intracorticales y subcorticales. Sugieren que los cambios observados en pacientes permiten suponer que está ocurriendo una importante reorganización funcional de los circuitos cerebrales por proliferación de axones, dendritas y regeneración de neuronas que le permiten al paciente recuperar una conducta

adaptativa más adecuada al compararse con lo registrado en sujetos sanos. Lo cual extiende las aplicaciones diagnósticas del EEGc y permite un seguimiento en la rehabilitación integral. ⁽⁴⁹⁾

Lesión cerebral y EEG

Las mediciones en el EEGc se han correlacionado con algunas categorías diagnósticas, tanto en sujetos sanos como en pacientes con diferentes patologías. Con ciertos requerimientos previos estos estudios han obtenido algunas funciones discriminativas que pueden predecir la severidad de la condición clínica. ⁽⁴⁰⁾

Los modelos de lesión cerebral establecen que el daño neuroquímico y neurometabólico se puede establecer a los largo de horas o días, por lo tanto la lesión debe verse más como un proceso que un suceso único. Muchos factores pueden afectar el balance que existe entre los factores que contribuyen a una resolución completa o a la evolución con daño permanente residual ⁽³⁸⁾.

El proceso de recuperación de una lesión puede suceder en días o meses, así mismo los cambios en el EEG se pueden dar en días o meses y son observables en el estudio. Sin embargo, los cambios del EEGc no son suficientes para la localización patognomónica del daño. En el EEG, los sitios de lesión varían, incluso en los TCEs más leves los daños son multifocales y variables. ⁽³⁸⁾

Los estudios neurofisiológicos en el periodo agudo provienen principalmente de observaciones en animales ⁽⁵⁰⁾ ⁽⁵¹⁾ o de estudios de lesiones laborales o en deportistas realizados en los primeros minutos posterior a la lesión. En general se describe actividad epileptiforme dentro de los primeros segundos a minutos, seguido de supresión de actividad cortical que la acercan a la línea isoelectrica, seguido por un enlentecimiento difuso, proceso que evolucionaba a la normalización en un promedio de 10 min a una hora. Los estudios en humanos tomados en 10 a 15 min demostraban en algunos sujetos un EEG normal mientras

que en otros existe un enlentecimiento difuso, disminución de la amplitud y aumento de actividad theta irregular en los primeros 30 a 40 min posterior a la lesión. ⁽⁵²⁾ ⁽³⁸⁾

Estudios que utilizan el EEGc en lesiones traumáticas cerebrales presentan un patrón neurofisiológico consistente asociado con la severidad de la lesión cerebral, que generalmente involucra un aumento en la amplitud de las bandas de baja frecuencia y una disminución en la amplitud de las bandas de alta frecuencia y cambios en la coherencia de la actividad eléctrica espontánea. En periodos subagudos o crónicos muestran generalmente atenuación en el rimo alfa posterior y actividad lenta irregular con preponderancia del ritmo theta en la región temporal⁽⁵³⁾.

En el estudio de Koufen *et al.*, ⁽⁵⁴⁾ 344 adultos con lesión cerebral adquirida fueron estudiados 3 días a 1 año posterior a la lesión. 51% de los pacientes mostraron anormalidad en el EEG inicial y en el 40% se encontró anormalidad detectables únicamente de forma retrospectiva al observar cambios leves en los EEG subsecuentes, 30 % de las lesiones fueron contralaterales a la lesión, la mayoría de las anormalidades en el EEG se resolvían en un periodo de 3 meses a un año. En otros estudios se ha refutado este punto de vista al observar que la baja amplitud del ritmo alfa puede deberse a ansiedad más allá de la lesión orgánica ya que se ha encontrado también en sujetos sanos lo que se ha denominado: supresión psicogénica del ritmo alfa. ⁽⁵⁵⁾

Después de 3-10 días de TCE leve el análisis cuantitativo mostró un aumento en el ritmo alfa lento y una reducción en el alfa rápido. El enlentecimiento difuso es un hallazgo reportado por la mayor parte de los investigadores. En el periodo subagudo continúan manteniendo ciertos cambios con una reducción de alfa y aumento en delta, y estos son más persistentes en la zona temporal izquierda. En el periodo crónico se ha descrito que persiste el

aumento de la potencia absoluta de delta y disminución de potencia absoluta de la frecuencia alfa ⁽³⁷⁾.

En los resultados encontrados por Brust *et al.*, (comunicación personal) ⁽⁴⁹⁾ en un estudio de 23 pacientes con EVC comparados con 23 sujetos sanos se encuentra que en los pacientes la potencia absoluta (PA) de alfa y de beta es significativamente menor en los pacientes que en los sujetos sanos y la respuesta a la fotoestimulación repetida originó tres grupos: el primero formado por 15 pacientes en el que con la estimulación aumento la PA de alfa, en el segundo las PA iniciales fueron menores pero similares a las del grupo control y la estimulación repetida producía una disminución (desincronización) de alfa y en el tercer grupo formado por 3 pacientes se encontró una potencia absoluta que disminuía en un hemisferio pero aumentaba en el otro posterior a la estimulación.

En cuanto a correlación entre el EEG analógico y traumatismo craneoencefálico leve las correlaciones entre severidad de los síntomas y un estudio anormal fueron bajas. Relativamente pocos EEG anormales (23%) se acompañan de anormalidades neurológicas en el examen clínico. La amnesia postraumática fue el dato con mayor correspondencia, aquellos pacientes con amnesia postraumática mayor a 8 horas era más probable que tuvieran un EEG anormal. En general las anormalidades electroencefalográficas son más comunes que los síntomas clínicos en los primeros meses posterior a la lesión. En los meses siguientes existe poca correspondencia entre el EEG y la clínica, estudios de imagen y pruebas psicométricas. Por lo cual en lesión cerebral leve la descripción analógica del EEG no se recomienda para sustentar una evaluación clínica objetiva, así como un EEG normal no puede excluir un daño cerebral presente ^{(55) (56)}.

En cuanto a lesión traumáticas severas el EEG se correlaciona con la profundidad del coma postraumático. Después de un trauma grave el EEG puede mostrar desde un incremento en la actividad lenta cerebral o supresión de la

actividad en lesiones más graves. Meses después la lesión el EEG puede mostrar cambios muy heterogéneos desde disritmias focales o generalizadas, supresión de actividad, enlentecimiento focal, disminución de alfa frontal y descargas epileptiformes.⁽⁵⁷⁾ Un electroencefalograma gravemente anormal predice secuelas por un periodo más largo, sin embargo un EEG moderado o leve carece de valor pronóstico.⁽³⁸⁾

Correlación entre el EEG cuantitativo y severidad en TCE

Von Bierbrauer *et al.*,⁽⁵⁸⁾ estudió 31 pacientes 24 horas después de una lesión leve, encontrando cambios electroencefalográficos reversibles tanto en el EEG analógico como en el EEG cuantitativo, se encontraron anomalías en el 82% de los pacientes en las primeras 24 horas, 73% en una semana, 50% a 3 semanas y 32 % en 2 meses. En un periodo de 2 meses hubo un aumento de la frecuencia de alfa medido durante el EEG analógico de 9 a 10 Hz y en el EEG cuantitativo de 9.3 Hz a 10 Hz, así mismo una disminución del índice theta/alfa que disminuyó de 0.8 a 0.63 en el mismo lapso de tiempo.

Watson *et al.*,⁽⁵⁹⁾ registró 26 pacientes jóvenes con lesión cerebral leve, los cuales fueron evaluados 10 días y 6 semanas después de la lesión. El índice theta/alfa mejoró significativamente en los primeros 10 días y fueron considerados normales 6 meses después. En cuanto más lenta fue la recuperación electroencefalográfica hubo mayores síntomas residuales a las 6 semanas. Estos Datos son también compatibles con el estudio de Belfast en lesión cerebral que reporta aumento en la actividad de la frecuencia de theta que desaparecía a las semanas pos lesión⁽⁶⁰⁾

Korn *et al.*,⁽⁷⁾ realizó un estudio en 17 pacientes con síndrome postconcusión resultado de un trauma craneal leve y lo comparó con los hallazgos de tomografía computada, resonancia magnética y tomografía computada por emisión de positrones (SPECT) encontrando en el EEGc un aumento de ritmos

lentos y una disminución de los ritmos alfa, mientras que la resonancia magnética y la tomografía computada no mostraban anomalías. El SPECT mostró disminución en la perfusión del 85 % en los pacientes y alteración de la barrera hematoencefálica en 73%. Los cambios en el EEGc eran focales y variaban en la localización, sin embargo un dato muy interesante de este estudio es que las anomalías del EEGc correspondían en localización con la evidencia de daño a la barrera hematoencefálica.

Thatcher *et al.*,⁽³⁶⁾ analiza las correlaciones entre los hallazgos del EEGc y el tiempo de relajación en T2 en la resonancia magnética cerebral, encontrando que el aumento en el tiempo de relajación de la sustancia blanca tenía correlación con el aumento de delta del área frontal. El tiempo de relajación de la sustancia gris correlacionaba con un aumento de la potencia de frecuencias de ritmos lentos, así como una disminución del ritmo alfa y beta temporal. También hubo correspondencias entre estos cambios del tiempo de relajación y la coherencia con distancias cortas y distancias largas, las cuales correspondían con alteraciones a nivel cognitivo.

En traumatismo craneoencefálico severo los registros cuantitativos y analógicos mostraron correspondencia con el tamaño de la lesión, severidad, flujo vascular y la función neuropsicológica. Se argumenta por algunos autores que aunque brinda información relevante no fue mayor a la que se podía obtener de los estudios de neuroimagen de rutina ⁽⁶¹⁾. Kane *et al.*,⁽⁶²⁾ registró electroencefalogramas cuantitativos en 60 pacientes en estado de coma posterior a trauma craneoencefálico describiendo que la actividad de ritmos rápidos en la zona temporal correlacionaba con el pronóstico y con la discapacidad. La coherencia no correspondía con estos datos, y la lesión axonal difusa tampoco tuvo correspondencia a la medida de coherencia con las que generalmente se le relaciona.

Brust *et al.*,⁽⁴⁷⁾ propone que en pacientes con secuelas de lesiones neuronales disminuye la potencia absoluta de los ritmos del EEG y que las lesiones de axones disminuye la sintonización de ensambles neuronales locales y a distancia modificando la sincronía del espectro de frecuencias. En su estudio hace la descripción de 5 EEGC consecutivos en un paciente de 37 años que sufre una lesión por arma de fuego en el hemisferio izquierdo. Los estudios neurofisiológicos describen un aumento de la potencia absoluta de los ritmos delta y theta, con disminución de alfa y beta en el hemisferio izquierdo, mientras que en el hemisferio derecho se registraron menores PA de los ritmos lentos con mayores intensidades en los rápidos. Se sugiere una reorganización funcional de los circuitos corticales en los cuatro años transcurridos después del TCE ya que en los cinco registros la PA de los ritmos delta y theta fueron mayores en el hemisferio izquierdo y aunque fueron disminuyendo a lo largo de los estudios siempre se mantuvieron con mayor intensidad que en el HI y por arriba de los correspondientes en un grupo control de pacientes sanos. En contraste la PA de los ritmos alfa y beta fueron mayores en el HD y estos fueron aumentando en ambos hemisferios pero con mayor intensidad en el HD. .

Thatcher *et al.*,⁽⁶³⁾ desarrolló un índice diagnóstico derivado de 264 traumatismos leves y 84 controles, se identificaron 20 características electroencefalográficas que se incluyen en el índice de las cuales 15 se referían a la potencia de alfa y beta en las topografías posteriores. El índice probó su validez con 70 pacientes en una fase subsecuente del estudio siendo clasificados correctamente 90% de los pacientes.

En otro estudio Thatcher *et al.*,⁽³⁰⁾ realizó un índice de severidad de EEG este nuevo índice fue desarrollado utilizando variables diferentes a las propuestas en su estudio de 1998. El autor diseñó una medida cuantitativa objetiva de la severidad del traumatismo craneoencefálico usando electroencefalografía cuantitativa obtenida entre 15 días a 4 años posterior al evento traumático. Fueron 108 pacientes con TCE cerrado, agrupados de acuerdo a escala de coma de

Glasgow inicial. Posterior a esto incluyó 16 variables electroencefalográficas que evaluaban la coherencia, fase y asimetría. Estas variables fueron utilizadas para crear un puntaje discriminatorio en un rango del 1 al 10.

Con este puntaje discriminatorio se realizó un análisis de correlación con las escalas de severidad de TCE y con pruebas neuropsicológicas, mostrando en la mayor parte de ellas una correlación significativa. Se postula la hipótesis de que un cambio patológico residual y/o cambios compensatorios a la lesión son persistentes y detectables a través del EEGc meses o incluso años después de la lesión. Con lo cual el autor apoya la validez del uso de EEGc para establecer la severidad del TCE independientemente de que se tengan los datos de lo sucedido en el periodo agudo y sin influencia por parte de los medicamentos. En la evaluación de la sensibilidad y especificidad tomado como estandar de oro la clasificación inicial de la severidad del trauma a partir de la escala de coma de Glasgow, tiempo de amnesia postraumática o perdida de la conciencia se reporta por los autores una exactitud del EEGc para discriminar entre TCE leve y severo del 96.39 % y una sensibilidad del 95.45 %.⁽³⁰⁾

Otros autores que han desarrollado índices de severidad electroencefalográficas para pacientes con TCE. El primero Von Biersgurtse *et al.*,⁽⁵⁸⁾ analizó en 31 pacientes 26 características del electroencefalograma cuantitativo como la frecuencia promedio de alfa y potencia relativa de theta, sin embargo esta índice no ha sido sometido a una validación prospectiva. El estudio de Thornton⁽⁶⁴⁾⁽⁶⁵⁾ evaluó de forma retrospectiva 2945 variables del EEGc en 32 pacientes con TE leve y 52 sujetos sanos, encontrado aumento focal o generalizado de theta, disminución de alfa, disminución en las coherencias y aumento en las asimetrías en pacientes con lesión cerebral. Buscaron pero no les fue posible confirmar los hallazgos de Thatcher⁽⁶³⁾ Reportando falsos positivos hasta en 52%.

León Carrión *et al.*,⁽⁵³⁾ realizó un estudio en el cual por medio de un análisis discriminativo encontró una relación lineal entre una combinación de variables del EEGc, y la escala FIM+FAM de funcionalidad. En una fase inicial realizó un análisis entre los grupos: dependencia completa, dependencia modificada e independencia, encontrando un índice electroencefalográfico que es capaz de distinguir entre los posibles miembros de cada grupo con una alta precisión. Fueron 81 pacientes con daño cerebral adquirido (TCE y EVC) con una media de tiempo de evolución de 22 meses y un rango de edad de 16 a 75 años. Se realizó un análisis de 2755 variables del EEGc, y su contribución y correlación con el nivel de funcionalidad resultando al final 9 variables las más significativas para realizar la función discriminativa, 1 de amplitud, 3 de coherencia, 3 de fase y 1 de asimetría. Los resultados finales demostraron una correlación alta entre $r = 0.8$ y $r = 0.97$ en las diferentes subescalas del FIM + FAM y el global con una correlación de 0.81.

En general los EEG de los pacientes con dependencia completa mostraron mayor actividad lenta (delta y theta) y menor actividad rápida (alfa y beta). Las frecuencias con diferencias estadísticas más importantes fueron delta con mayor actividad en el hemisferio derecho y regiones posteriores. Leon-Carrión concluye que su función discriminativa a partir del EEGc cuenta con una sensibilidad del 100%, especificidad del 100% y valores predictivos positivos y negativos también del 100%.⁽⁵³⁾

En la revisión por Nuwer *et al.*,⁽³⁸⁾ se concluye que la disminución de la potencia de alfa y los cambios en las coherencias se mantienen como un marcador hipotético de la lesión cerebral y son necesarios más estudios prospectivos para darle mayor validez y evidencia a estos hallazgos. Los cambios más aceptados en el EEG de la lesión cerebral leve son una disminución de la frecuencia de alfa y aumento en la potencia de theta, cambios que generalmente desaparecen en semanas a meses.

EEGc y recuperación funcional en lesión cerebral

Se propone que el aumento de la potencia absoluta, las modificaciones de los picos del espectro de frecuencias en determinada distribución topográfica y su respuesta a estímulos sensoriales son indicadores de los procesos de neuroplasticidad. Indican el restablecimiento del funcionamiento en grupos de neuronas, parcialmente lesionadas que retoman su función, así como por la neurogénesis que restablece las conexiones funcionales (*sprouting*) que van favoreciendo la sintonización de los ensambles glio-neuronales ^{(66) (47)}.

La literatura refiere el aumento de la actividad delta como representativo de lesiones corticales y se propone como un indicador inverso de mejoría clínica, mientras mayor es la PA de delta menores probabilidades de rehabilitación funcional integral. Las variaciones de las oscilaciones de theta se relacionan con la capacidad de análisis y retención de información. Las oscilaciones de alfa han sido las más representativas de los procesos de recuperación. ⁽⁶⁷⁾

Generalmente la mejoría clínica se presenta antes que la mejoría eléctrica. Los pacientes presentan mayor progresión a la mejoría cuanto más rápido progresaban de un ritmo lento a actividad alfa normal. El sitio de la lesión correlaciona pobremente con el sitio del trauma. Un EEG con anormalidad severa en el momento de la lesión predecía mayores y más graves secuelas, sin embargo un EEG leve o moderadamente anormal tenía poca capacidad predictiva sobre la evolución clínica. En la unidad de cuidados intensivos un EEG no reactivo o con poca actividad predecía un peor pronóstico ⁽⁶⁸⁾

Koufen *et al.*,⁽⁵⁴⁾ siguió por 2 años una serie de 100 pacientes quienes presentaban delirio post traumatismo, aquellos que persistieron con delirio 1 semana después de la lesión, tenían un EEG anormal, el cual a 3 meses después de la lesión se encontraba normal en la mitad de ellos, y la actividad anormal rara vez se mantenía 6 meses después. El enlentecimiento generalizado de la

actividad eléctrica espontánea duró más tiempo que el focal, pero se resolvió completamente de forma más consistente, y el enlentecimiento focal persistió por más de 2 años en 22 % de los pacientes.

Entre las variables neurofisiológicas analizadas con el EEGc para identificar marcadores bioeléctricos del pronóstico clínico de pacientes con daño cerebral adquirido se encuentran el índice medio de simetría cerebral, el índice delta/alfa y el índice de potencia relativa. El índice delta / alfa ha sido usado para valorar la isquemia cortical en enfermedad vascular cerebral, estos autores encontraron que a un índice mayor existe un peor pronóstico ^{(69) (70) (71)}. Hasta el momento son pocos los estudios que hayan correlacionado estas variables con la evolución clínica más allá de 6 meses. ⁽⁴⁰⁾

Finnigan *et al.*, ⁽⁷⁰⁾ estudiaron Trece pacientes con daño cerebral adquirido, 6 varones, con edad media de 66 años encontrando una correlación del índice delta/alfa $r = 0,91$; $P < 0,001$, el poder relativo de alfa $r = 0,82$, $P < 0,01$, y la puntuación funcional NIHSS (*National Institutes of Health Stroke Scale*) $r = 0,92$, $P < 0,001$; cada uno se correlacionó significativamente con los cambios en la puntuación NIHSS al día 30. Las mediciones del EEGc que implicaba a theta o beta no se correlacionaron significativamente. Se concluyó que el EEGc aporta información como el índice delta/alfa para aumentar el entendimiento de la fisiopatología de daño cerebral adquirido y el pronóstico de la evolución. Resultados similares sobre el índice delta/alfa y la potencia absoluta de alfa han sido corroborados por otros autores en pacientes con EVC. Schleiger *et al.* ⁽⁷²⁾ estudiaron 20 casos (10 mujeres, edad media 68 años) encontrando dos índices en el EEGc que demostraron correlaciones altamente significativas con la subescala cognitiva del FIM+FAM, estas fueron índice delta alfa de las regiones frontales ($\rho = -0,664$, $p \leq 0,001$) y la potencia relativa de alfa global, ($\rho = 0.67$, $p \leq 0,001$).

Numerosos resultados indican que colectivamente los índices del EEGc en periodos subagudos pueden brindar información importante para las decisiones clínicas, particularmente el pronóstico de los resultados de las medidas de rehabilitación. En EVC el análisis de la potencia de frecuencias y asimetría han sido identificados como predictores estadísticamente significativos de los resultados evaluados (a través de escalas clínicas de rutina) en las semanas y meses siguientes. Además ambos han demostrado un mayor valor predictivo de las escalas neurológicas los resultados ofrecidos por neuroimagen solos. ⁽⁷³⁾

Sheorajpanday *et al.*, ⁽⁷⁴⁾ estudió el pronóstico de 1110 pacientes que se presentaban con accidente cerebrovascular en el periodo agudo y alteraciones neurológicas persistentes. Los datos electroencefalográficos fueron correlacionados con el desenlace clínico y con los niveles de discapacidad 6 meses después de la lesión. Ellos encontraron que el índice theta+delta/alfa+beta correlacionaba con una $r = 0.47$ con una $p = 0.015$, y una aportación muy importante del estudio fue que el mismo índice también podía predecir mortalidad en pacientes con secuelas de EVC, realizando una regresión logística obtuvieron una razón de momios de 2.04 con IC 95% de 1.08-3.85 y $p = 0.028$. Este estudio confirma lo encontrado y mencionado ya por otros autores que los índices de potencia de frecuencia lentas y rápidas ayudan a establecer pronósticos en los pacientes con daño cerebral adquirido.

León Carrión *et al.*, ⁽⁴⁰⁾ realizó un estudio para establecer que características de EEGc podían predecir la recuperación funcional pacientes con daño cerebral adquirido donde se incluyeron 21 pacientes, 15 con EVC y 6 con TCE media de edad de 31.5 años, y se analizaron sus EEGc con técnica monopolar. La escala funcional fue la escala de independencia funcional más la escala de valoración funcional (FIM + FAM). El análisis de correlación mostró una correlación negativa significativa de $r = -0.65$ con $p = 0.002$ para el índice delta/alfa y el potencial de recuperación en la escala FIM + FAM. En el análisis por grupos se encontró que el grupo de pobre recuperación el índice delta/alfa era mucho mayor que en el grupo con buena recuperación.

Los datos obtenidos por el autor claramente muestran que el índice delta/alfa tiene una correlación significativa importante con el pronóstico funcional de pacientes con daño cerebral adquirido. La información concerniente a theta o beta no tuvieron un impacto importante en el resultado, similar a lo reportado por Finnigan et.al⁽⁷⁰⁾. Así se concluye que paciente con un índice delta/alfa alto tienen un pronóstico pobre de recuperación tras seis meses de tratamiento neurorehabilitatorio.

Limitaciones del EEGc

Como todo procedimiento médico el EEGc tiene ciertas limitaciones que han sido reportadas y deben tomarse en cuenta, las principales son: el efecto de artefactos durante el estudio (los cuales pueden prevenir de movimientos tan leves como la deglución o los movimientos oculares), estupor y medicamentos que alteren el trazo EEG. Es necesario tener en cuenta que algunas anomalías registradas en el EEG pueden ser de poca relevancia clínica. La tasa de falsos positivos es alta, tanto hasta 50% o mayor, La selección de los fragmentos del EEG para el análisis cuantitativo debe ser realizada por personas con alta capacidad y experiencia. Por ser un registro que depende de un conductor de volumen, la capacidad de adjudicar el origen del flujo de corriente a una estructura específica es muy limitado, las variaciones de conductibilidad de las diferentes estructuras involucradas intra y extracraneales, incluyendo la colocación e impedancia de los electrodos, generan importantes variaciones de voltaje y de frecuencia las cuales han dificultado el establecimiento de estándares de comparación. Estos y otros factores deben ser tomados en cuenta en estudios futuros y en el análisis de la literatura actual.^{(39) (45) (38)}.

III. JUSTIFICACIÓN

Existe evidencia que el electroencefalograma cuantitativo puede diferenciar grados de severidad de las secuelas posterior a TCE. Sin embargo existen pocos estudios en paciente con secuelas de TCE enfocados a correlacionar los niveles de discapacidad con marcadores bioeléctricos del EEG. Ésta información puede contribuir a encontrar variables neurofisiológicas primero diagnósticas y segundo pronosticas de la posible recuperación en estos pacientes. Son pocos los marcadores pronósticos clínicos fiables que brinden información sobre el proceso de recuperación de los pacientes con lesión cerebral secundario a trauma craneoencefálico, los cuales son necesarios para poder brindar mejor atención en el área de neurorehabilitación a estos pacientes y su entorno familiar y social.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La incidencia de TCE continúa en aumento a nivel mundial y nacional; dicho problema se presenta fundamentalmente en jóvenes y adultos en edad productiva. El TCE produce secuelas de distinta índole y severidad, y su atención requiere de un equipo multidisciplinario y de infraestructura especializada que genera muy altos costos de atención. Se estima que más del 30% de los pacientes con TCE presenta secuelas graves que comprometen su calidad de vida y hasta un 50% de ellos persisten con discapacidad severa a pesar de tratamiento médico rehabilitador. En la práctica clínica cotidiana establecer el pronóstico funcional de los pacientes con TCE resulta un reto ya que se carece de indicadores paraclínicos objetivos y de fácil adquisición que permitan no solo establecer el pronóstico de una manera más precisa, sino que además permitan monitorizar los procesos de neuroplasticidad en estos pacientes.

V. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe relación entre los niveles de discapacidad física y/o cognitiva y las variables cuantitativas del EEG como la potencia absoluta de las 4 bandas de frecuencia y/o los índices derivados de ellas?

VI. HIPÓTESIS

Hipótesis nula

No existe relación entre los niveles de potencia absoluta y/o los índices del EEG y la capacidad física y/o cognitiva de los pacientes.

Hipótesis alternativa

Existe una relación lineal entre los niveles de potencia y/o sus índices y la capacidad física o cognitiva de los pacientes

VII. OBJETIVO GENERAL

-Identificar las variables del electroencefalograma cuantitativo que se correlacionen con los niveles de funcionalidad física y/o cognitiva en el periodo subagudo en pacientes con secuelas de traumatismo craneoencefálico.

Objetivo secundario

-Conocer cuáles son las alteraciones del electroencefalograma cuantitativo más frecuentes que se presentan en los pacientes con secuelas de traumatismo craneoencefálico.

-Identificar las variables del electroencefalograma cuantitativo que se correlacionen con porcentaje de recuperación funcional física.

VIII. METODOLOGÍA

Diseño del estudio

Se trata de un estudio clínico, de tipo observacional, transversal, descriptivo y ambispectivo.

Descripción del estudio

Como parte de la investigación se solicitó (previa firma de consentimiento informado) estudios electroencefalográficos a pacientes que se internan en el área de neurorehabilitación del INR. 10 pacientes fueron captados de forma prospectiva para la realización de las escalas y el estudio de EEG, los restantes 8 se realizó una búsqueda retrospectiva de pacientes con secuelas de traumatismo craneoencefálico, de los cuales existiera al menos un estudio de electroencefalograma antes del inicio del programa de rehabilitación intrahospitalario, y sus escalas de valoración funcional estuvieran registradas en el expediente electrónico. Se realizó el EEG y el análisis cualitativo para efectuar el reporte correspondiente en el expediente clínico institucional y comprobar la calidad del registro, Se seleccionaron 3 muestras de 12 segundos con el paciente en reposo con los ojos cerrados comprobando de manera visual que no presentan ningún tipo de artefacto para proceder al análisis cuantitativo del trazo electroencefalográfico. Aplicando la transformada de Fourier en cada canal de registro bipolar se obtendrá la potencia absoluta de cada una de las 4 bandas de frecuencias, los índices delta/alfa, theta/alfa y delta+theta/beta+alfa. Se utilizarán los valores globales de estas frecuencias e índices, medidos en toda la superficie de captación en el cuero cabelludo. Posteriormente se realizará el análisis estadístico en búsqueda de correlaciones entre estos parámetros y los niveles de funcionalidad física y cognitiva, así como su cambio durante un mes de hospitalización.

El porcentaje de mejoría se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$PRP = \frac{FIM_{1m} - FIM_{IN}}{126 - FIM_{IN}} \times 100$$

Donde PRP es igual al porcentaje de recuperación potencial, FIM_{1m} es el FIM después de 1 mes de rehabilitación intrahospitalaria y FIM_{IN} es el FIM al inicio del programa de rehabilitación. Se obtiene así un porcentaje de mejoría ponderado para poder comparar pacientes con diferentes niveles de discapacidad.

Posterior a esto se separaron a los pacientes en 2 grupos, el primero fueron aquellos que presentaron más de 40% de mejoría en 1 mes de rehabilitación y en el segundo grupo se incluyó a aquellos pacientes que no alcanzaron este porcentaje.

Escalas funcionales y cognitivas

Las evaluaciones funcionales incluyen las escalas FIM, Barthel, escala de equilibrio de Berg y Mini-Mental test.

Protocolo para la obtención del EEG

El EEG se registrará en una cámara con baja iluminación y discreta sonoamortiguación, en la cual los sujetos permanecen en decúbito dorsal, en reposo indicándoles que deben permanecer lo más inmóviles posible. Los registros se realizarán mediante un electroencefalógrafo analógico-digital (Nicolet One de 31 canales) colocando los electrodos según el sistema internacional 10/20, con una impedancia de 5-10 kohms, ancho de banda de 0.3- 70 Hz con filtro de ventana de 60 Hz . Los montajes utilizados para el análisis serán bipolares.

Descripción del universo de trabajo

El universo de trabajo está constituido por la población de pacientes con secuelas de traumatismo craneoencefálico que recibieron un programa de rehabilitación intrahospitalaria en el servicio de rehabilitación neurológica en el periodo comprendido entre enero 2010 y Junio 2014 los cuales cuenten con un estudio electroencefalográfico previo al programa de rehabilitación y cuenten con un expediente clínico completo.

Criterios de inclusión

1. Pacientes de cualquier género.
2. Pacientes mayores de 18 años de edad.
3. Pacientes con diagnóstico clínico y por neuroimagen de secuelas de TCE.
4. Pacientes con algún grado de limitación en la función debido a TCE sin importar el tratamiento anticonvulsivo.
5. Tiempo de evolución a partir de la lesión desde 1 mes hasta 1 año.
6. Pacientes ya sea de manera voluntaria acepten o que cuenten con un familiar responsable que haya aceptado voluntariamente la realización de un estudio electroencefalográfico y el ingreso al servicio de rehabilitación neurológica para 1 mes de tratamiento.

Criterios de exclusión

1. Pacientes menores de 18 años.
2. Pacientes en los que la causa de la discapacidad no esté claramente demostrada como asociada con TCE.
3. Pacientes con patologías previas o asociadas al traumatismo que comprometan su nivel de funcionalidad, por ejemplo lesión medular, amputaciones, retraso mental.
4. Pacientes con TCE agudo (<1 semana).

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de las variables, la cual no se cumplió para las variables neurofisiológicas por lo cual se utilizaron pruebas no paramétricas:

Prueba de *Correlación de Spearman* para el análisis de correlación entre el nivel de funcionalidad y las variables neurofisiológicas del EEGc.

Se utilizó la prueba *U de Mann Whitney*, tomando como variable categórica más de 40% de recuperación potencial durante un mes de tratamiento rehabilitatorio intrahospitalario y como variable dependiente las variables neurofisiológicas del EEGc.

Cálculo del Tamaño de muestra

$$n = \left(\frac{z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right)^2 + 3$$

$$\left[\frac{1.645 + 0.892}{\frac{1}{2} \ln \frac{1+0.56}{1-0.56}} \right]^2 + 3$$

$$(2.487 / 0.632)^2 + 3$$

$$N = 15 + 3$$

$$N = 18$$

Utilizando como base la correlación encontrada en el estudio de Thatcher, 2001, con una $r = 0.56$ y tomando en cuenta un error alfa de 0.10, un error beta de 0.20 se utiliza la fórmula para el cálculo de muestra en un estudio de correlación obteniendo una muestra necesaria de 18 pacientes.

Descripción de las variables de estudio y sus escalas de medición

Variables dependientes:

| Variable | Definición | Unidad de medición | Tipo de variable |
|---|--|--|--------------------------|
| Equilibrio en bipedestación y sedestación | Capacidad de mantener una posición estática en el espacio venciendo la fuerza de gravedad. | Escala de Berg 0-56 puntos | Cuantitativa Discreta |
| Independencia funcional | Capacidad de desempeñar las funciones relacionadas con la vida diaria, y la ayuda necesaria. | -Escala de independencia funcional (FIM). 18-126 puntos | Cuantitativa Discreta |
| Independencia funcional | Capacidad de desempeñar las funciones relacionadas con la vida diaria y la ayuda necesaria. | Escala de Barthel 0-100 puntos | Cuantitativa Discreta |
| Alteraciones del estado cognitivo | Alteración en las funciones mentales superiores. | Minimental test 0-30 puntos | Cuantitativa Discreta |

Variables independientes

| Variable | Definición | Unidad de medición | Tipo de variable |
|------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|
| Actividad eléctrica cerebral | Potencia absoluta de cuatro ritmos en 16 áreas corticales. | (μV^2) o ($\mu V^2/Hz$) | Cuantitativa continua |
| Índice delta/alfa | Índice de la Potencia absoluta de ritmos delta sobre alfa | (μV^2) o ($\mu V^2/Hz$) | Cuantitativa continua |
| Índice delta/alfa | Índice de la Potencia absoluta de ritmos theta sobre alfa | (μV^2) o ($\mu V^2/Hz$) | Cuantitativa continua |
| Índice delta+theta/alfa+beta | Índice de la Potencia absoluta de ritmos lentos sobre rápidos. | (μV^2) o ($\mu V^2/Hz$) | Cuantitativa continua |

Variables asociadas

| Variable | Definición | Unidad de medición | Tipo de variable |
|--|---|---------------------------|-------------------------|
| Edad | Edad cronológica al momento de la evaluación | Años | Cuantitativa discreta |
| Genero | Condición biológica de hombre o mujer | Masculino /Femenino | Cualitativa Dicotómica |
| Tiempo de hospitalización | Tiempo de estancia en el servicio de rehabilitación neurológica | Días | Cuantitativa discreta |
| Tiempo entre toma de EEG y aplicación de escalas | Tiempo transcurrido entre la toma del estudio electroencefalográfico y la aplicación de escalas de valoración | Días | Cuantitativa discreta |
| Fármacos antiepilépticos durante el registro | Fármacos antiepilépticos administrados durante el registro EEG | Si/No | Cualitativa Dicotómica |
| Tratamiento quirúrgico | Antecedente de haber requerido tratamiento quirúrgico como drenaje de hematoma, craneotomía o craniectomía | Si/NO | Cualitativa dicotómica |
| Mecanismo de lesión del TCE | Causa o mecanismo que motivo el traumatismo craneoencefálico | Penetrante/ No penetrante | Cualitativa Dicotómica |

IX. RESULTADOS.

18 pacientes con secuelas de traumatismo craneoencefálico atendidos en el servicio de rehabilitación intrahospitalaria del INR entre el año 2010 y 2014 fueron incluidos en el estudio. La media de edad de los pacientes fue de 30 años (rango 18-42), 16 masculinos, media de tiempo de evolución 4.5 meses (rango 2 a 8), el mecanismo de lesión fue cerrado en 13 pacientes y 5 penetrante, 10 pacientes se encontraban recibiendo tratamiento anticonvulsivo al momento de la evaluación, la media del tiempo transcurrido entre el EEG y la aplicación de las escalas funcionales fue de 6 días.

| | Media | Mínimo | Máximo | D.E. |
|----------------------------|-------|--------|--------|------|
| Edad (años) | 30 | 18 | 42 | 7.9 |
| Tiempo evolución (meses) | 5 | 2 | 8 | 1.5 |
| EEG/evaluación (días) | 6 | 1 | 30 | 7.3 |
| Días Hospitalizados (días) | 29 | 19 | 40 | 5.9 |

Tabla 1. Datos demográficos relevantes. DE= Desviación estándar, EEG/evolución=tiempo transcurrido entre el EEG y la aplicación de las escalas.

Las puntuaciones de los 18 pacientes al ingreso fueron: para la evaluación de Barthel media 35 puntos (rango 0-85, DE 30); para FIM media 61 puntos (rango 18-115, D.E 32); para la escala de equilibrio de Berg media de 17 puntos (rango 0-52, DE 17); Minimental test media de 20 puntos (rango 0-28, DE 1.8). El porcentaje de mejoría en el mes de hospitalización fue Barthel media 34 % (rango 0-66,DE 22.2,), FIM 34% (rango 0-67 % DE 21.6) y escala de equilibrio de Berg media 33% (rango 0-100, DE 30).

| | Media | Mínimo | Máximo | D.E. |
|------------------|-------|--------|--------|------|
| Barthel | 35 | 0 | 85 | 30.4 |
| % cambio Barthel | 34 | 0 | 67 | 22.3 |
| FIM | 61 | 18 | 115 | 32.9 |
| % cambio FIM | 34 | 0 | 68 | 21.9 |
| Berg | 17 | 0 | 52 | 17.0 |
| % cambio Berg | 33 | 0 | 100 | 30.4 |
| Minimental | 20 | 0 | 30 | 10.0 |

Tabla 2. Resumen del resultado de las escalas funcionales y su porcentaje de mejoría en los 18 pacientes.

Los parámetros neurofisiológicos estudiados en la muestra total obtuvieron los siguientes resultados: delta/alfa media de $6.8 \mu V^2$ (DE 11.6), theta/alfa media de $2.5 \mu V^2$ (DE 2.3), Razón de frecuencias lentas/rápidas media de 4.3 μV^2 (DE 5.6), delta global media de $4.9 \mu V^2$ (DE 5.4), theta global media de $2.9 \mu V^2$ (DE 2.2), alfa global $2.9 \mu V^2$ (DE 3.3), beta global media de $1.18 \mu V^2$ (DE 0.73).

| | Media | D. E. |
|--------------------------|-------|-------|
| Delta/Alfa (μV^2) | 6.8 | 11.6 |
| Theta/Alfa (μV^2) | 2.5 | 2.3 |
| d+t/a+b (μV^2) | 4.4 | 5.6 |
| Delta (μV^2) | 4.9 | 5.5 |
| Theta (μV^2) | 2.9 | 2.2 |
| Alfa (μV^2) | 2.9 | 3.4 |
| Beta (μV^2) | 1.2 | 0.7 |

Tabla 3. Media de los parámetros neurofisiológicos en los 18 pacientes. D+t/a+b: índice de frecuencias lentas (delta + theta) sobre frecuencias rápidas (alfa + beta).

La edad, el tiempo de evolución, el género, administración de medicamentos anticonvulsivos, tratamiento quirúrgico o tiempo entre toma de EEG y aplicación de escalas no tuvieron efecto sobre los resultados de las escalas funcionales evaluadas, de acuerdo al análisis de correlación o a la prueba de comparación de la media entre dos grupos.

Análisis de Correlación: Entre el índice theta/alfa y las escalas de funcionalidad al ingreso se encontró una correlación negativa fuerte y significativa con el FIM con una $r=-0.79$ y una $p=0.001$ y moderada con la escala de Barthel $r=-0.72$ $p=.001$ (figuras 1 y 2); el examen minimal y la escala de equilibrio de Berg obtuvieron correlaciones negativas moderadas significativas (figuras 3 y 4). El índice delta/alfa tuvo su correlación negativa más importante con el examen minimal $r=-0.61$ $p=0.01$. El índice de frecuencias lentas/rápidas correlacionó negativamente de forma moderada con la escala FIM $r=-0.67$ $p=.001$. El resto de las correlaciones moderadas importantes se describen en las tablas 5 y 6. El análisis de las potencias absolutas de cada una de las frecuencias no alcanzó correlaciones significativas.

El análisis entre las variables neurofisiológicas y el porcentaje de mejoría en el mes de hospitalización obtuvieron correlaciones negativas significativas entre el índice theta/alfa y la mejoría en escala de equilibrio Berg $r=-0.72$ $p=0.002$. El resto de las correlaciones más importantes entre el índice theta/alfa y la mejoría en la escala de Barthel $r=-0.66$ y $p=0.002$, y la mejoría en la escala FIM $r=-0.61$ $p=.002$ (figuras 5 y 6). Tanto el índice delta/alfa como el índice de frecuencias lentas/rápidas correlacionaron moderadamente de forma negativa y se describen en las tablas 5 y 6.

| Índice theta/alfa | r | p |
|-------------------|-------|-------|
| Barthel | -0.72 | <0.01 |
| % cambio Barthel | -0.66 | <0.01 |
| FIM | -0.79 | <0.01 |
| % cambio FIM | -0.61 | 0.01 |
| Berg | -0.67 | <0.01 |
| % cambio Berg | -0.72 | <0.01 |
| Minimental | -0.66 | <0.01 |

Tabla 4. Correlaciones relevantes entre el Índice theta/alfa y las escalas de funcionalidad y su porcentaje de mejoría posterior a 1 mes de tratamiento.

| Índice delta/alfa | r | p |
|-------------------|-------|------|
| Barthel | -0.59 | 0.01 |
| % cambio Barthel | -0.58 | 0.01 |
| Minimental | -0.61 | 0.01 |

Tabla 5. Correlaciones relevantes entre el Índice delta/alfa y las escalas de funcionalidad y su porcentaje de mejoría posterior a 1 mes de tratamiento.

| Índice de frecuencias lentas/rápidas | r | p |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Barthel | -0.59 | 0.01 |
| FIM | -0.67 | <0.01 |
| % cambio Berg | -0.60 | 0.01 |
| Minimental | -0.59 | 0.01 |

Tabla 6. Correlaciones relevantes entre el Índice de frecuencias y las escalas de funcionalidad y su porcentaje de mejoría posterior a 1 mes de tratamiento.

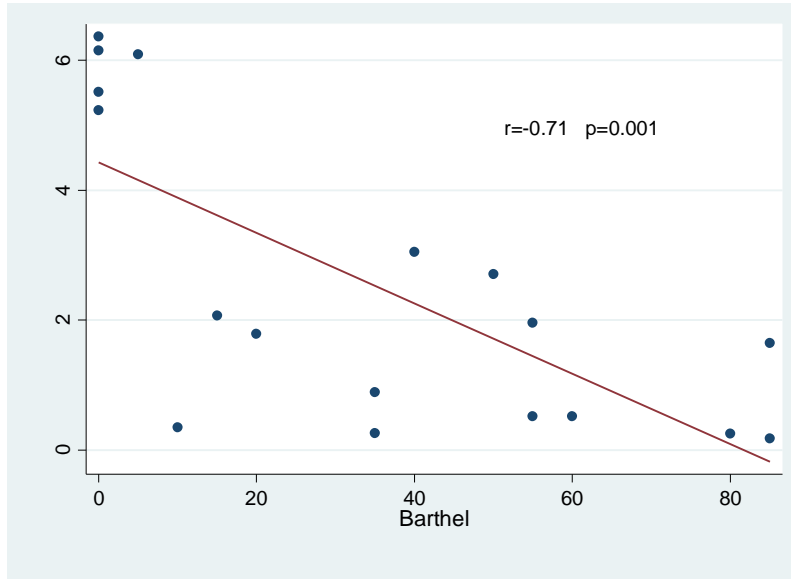


Figura1: Correlación entre el Índice Theta/alfa y el índice de Barthel.

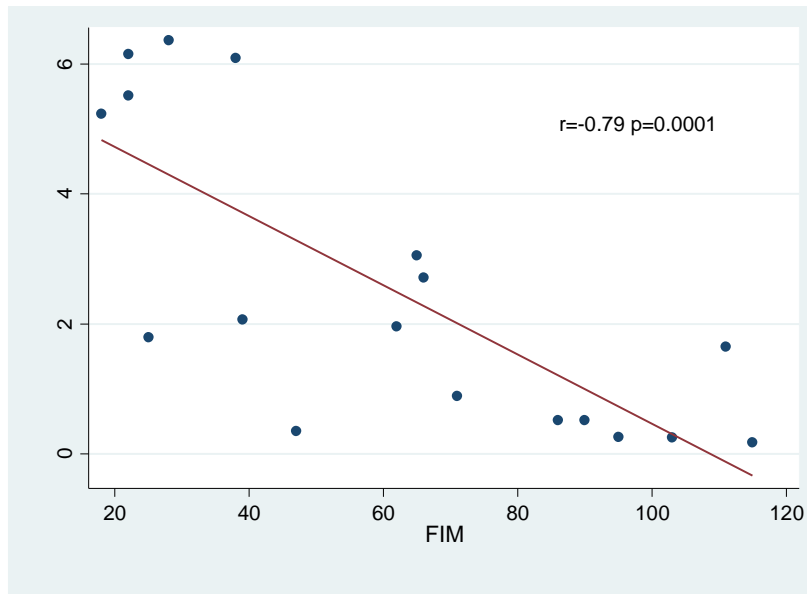


Figura 2: Correlación entre el Índice Theta/alfa y la escala FIM.

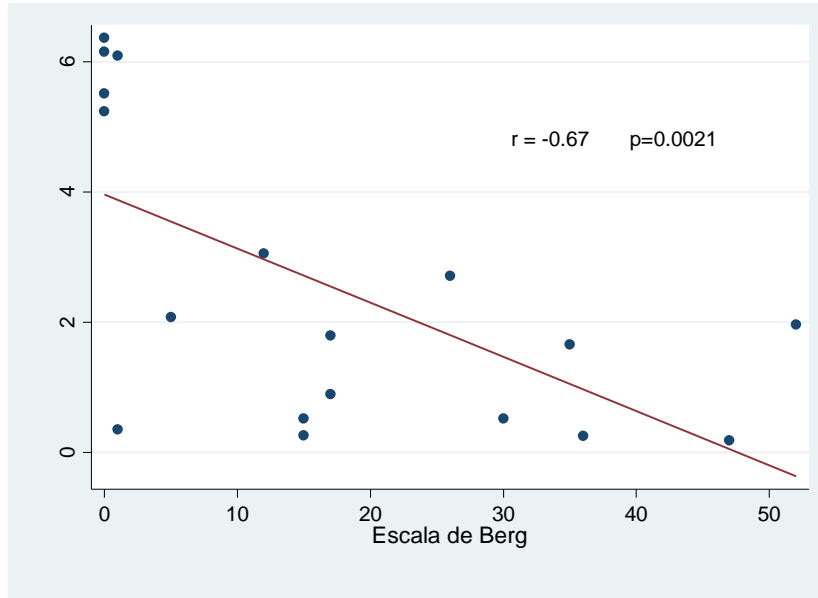


Figura 3: Correlación entre el Índice Theta/alfa y la escala de equilibrio de Berg.

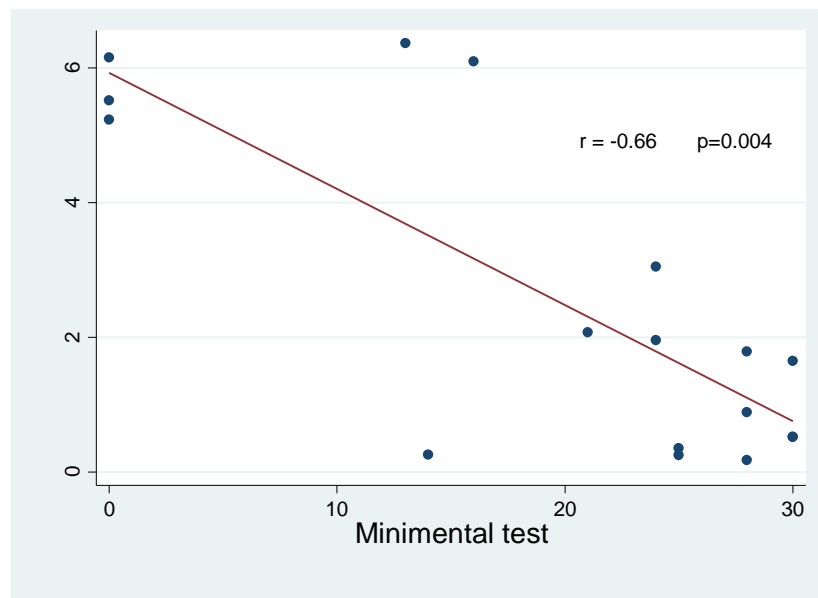


Figura 4: Correlación entre el Índice Theta/alfa y el examen minimental.

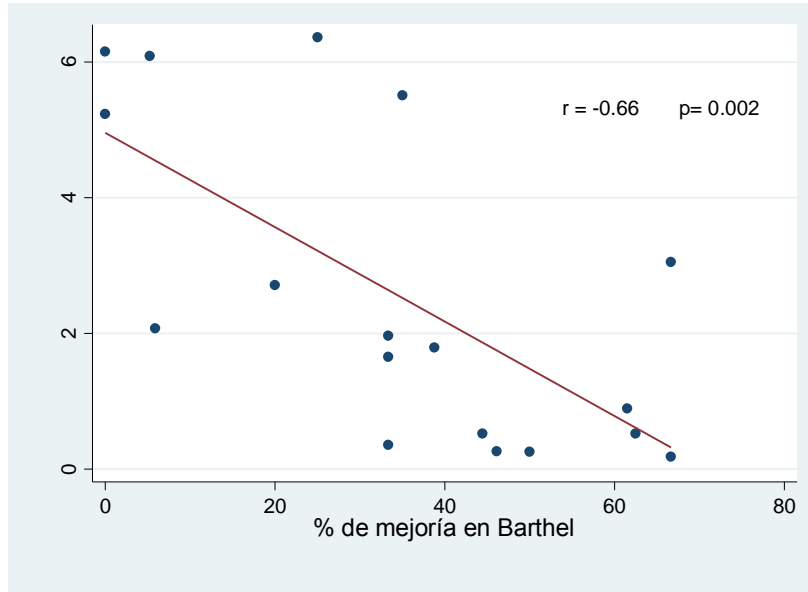


Figura 5: Correlación entre el Índice Theta/alfa y el porcentaje de mejoría en la escala de Barthel en un mes de rehabilitación intrahospitalaria.

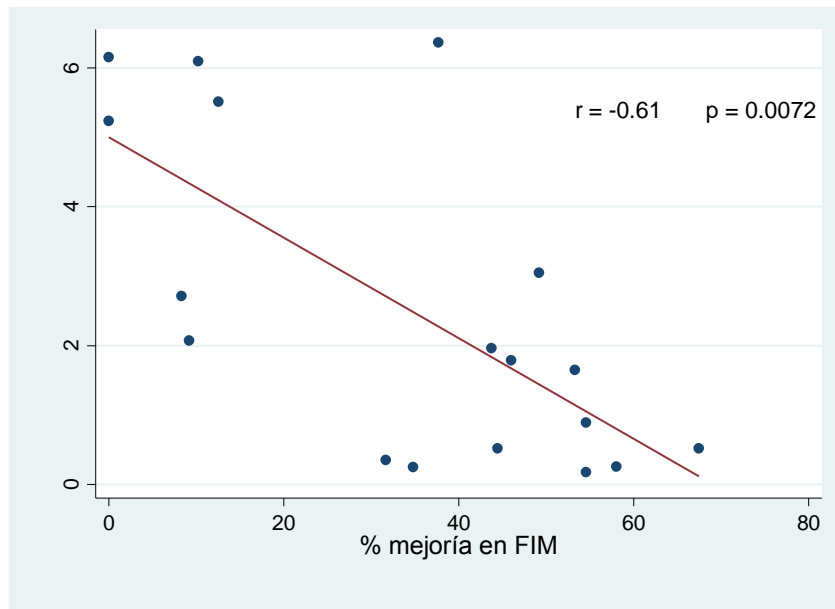


Figura 6: Correlación entre el Índice theta/alfa y el porcentaje de mejoría en la escala de independencia funcional (FIM) durante un mes de rehabilitación intrahospitalaria.

Análisis entre grupos: Se realizó una separación de los pacientes en 2 grupos, el grupo 1 (n=9) incluyó aquellos que tuvieron una mejoría igual o mayor al 40 % dentro de las escalas de independencia funcional (FIM) durante un mes de rehabilitación intrahospitalaria, el grupo 2 incluyó a aquellos que presentaron menos de 40% de mejoría posterior a un mes de tratamiento. Utilizando la prueba de U de Mann Whitney se encontraron diferencias significativas entre estos dos grupos a expensas del índice theta/alfa ($p= 0.03$) grupo 1 media de $1.2 \mu V^2$, DE 0.9 y grupo 2 media de $3.8 \mu V^2$ DE 2.5, Ver figura 7; y en la potencia absoluta de delta $p= 0.03$ (grupo 1 media de $2.1 \mu V^2$, DE 0.7 y grupo 2 media $7.7 \mu V^2$, DE 6.7) Figura 8. En la potencia absoluta de alfa no hubo diferencias (grupo 1 media de $2.9 \mu V^2$, DE 2.1 y grupo 2 media $2.9 \mu V^2$, DE 4.01) al igual que alfa el resto de las variables no mostraron diferencia significativa entre los grupos.

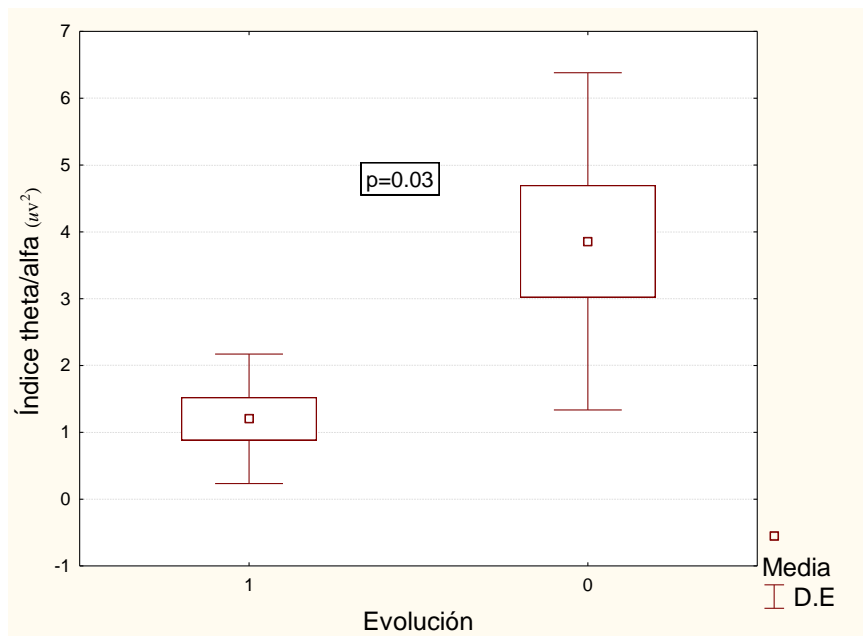


Figura 7: Análisis del índice theta/alfa entre grupos. Grupo 1: 40% o más de mejoría posterior a un mes de rehabilitación intrahospitalaria, Grupo 0: menos de 40% de mejoría posterior a un mes de tratamiento.

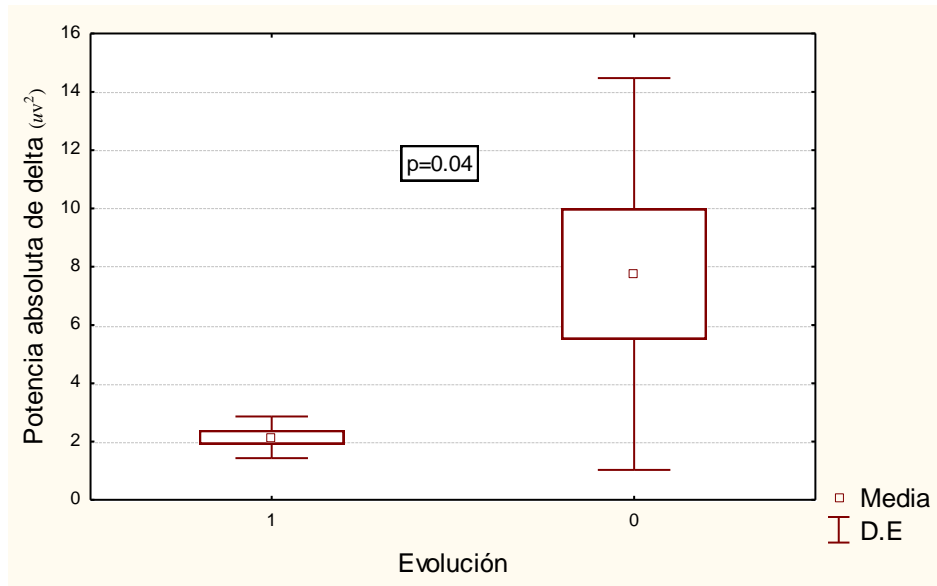


Figura 8 : Diferencia de la potencia absoluta de delta entre grupos. Grupo 1: 40% o más de mejoría durante un mes de rehabilitación intrahospitalaria, Grupo 0 : menos de 40% de mejoría durante 1 mes de tratamiento.

X. DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de este trabajo se refieren a la capacidad del EEGc de discriminar entre los niveles de discapacidad en pacientes con traumatismo craneoencefálico, al probarse la hipótesis de correlación entre los niveles de discapacidad y los índices que relacionan la actividad lenta y rápida de las oscilaciones espontáneas de la actividad eléctrica cerebral. Los resultados permiten sugerir que el EEGc puede ayudar a predecir el porcentaje de mejoría que habrá posterior a un mes de rehabilitación intrahospitalaria, principalmente a través del índice theta/alfa que obtuvo las correlaciones más importantes y la diferencia más significativa en el análisis entre grupos.

Estos resultados apoyan lo reportado en la literatura al observar un aumento de la potencia de las frecuencias lentas y una disminución en la potencia de las frecuencias rápidas, sin embargo nuestro estudio difiere a lo reportado (70) (69) (40) (74) (72) en que el índice que mostró las correlaciones más importantes fue el índice theta/alfa mientras que el índice delta/alfa no mostró correlaciones significativas, tampoco los cambios en alfa coinciden con los reportados en la literatura ya que en nuestros resultados no hubo correlación con la afectación funcional ni diferencia entre los grupos. La parte de este estudio que sí coincide con lo reportado en la literatura es el aumento significativo de la potencia absoluta de delta en aquellos pacientes que no presentan una mejoría importante durante un mes de tratamiento.

Una posible explicación de esta diferencia es que los estudios previos reportados han estudiado pacientes con daño cerebral adquirido incluyendo pacientes con EVC y TCE, en nuestro caso el reporte es únicamente de pacientes con diagnóstico de TCE con un periodo de evolución entre 3 y 6 meses. Otra explicación posible es que la potencia absoluta de delta tiende a variar más sobre la superficie craneal, con un gradiente fronto-occipital inverso al de alfa, con mayor potencia de delta en las zonas frontales que en las occipitales, por lo cual sacar un índice global puede resultar en pérdida de algunas variables topográficas

relevantes, al contrario la potencia de theta tiende a mantenerse constante y con menos cambios en la topografía craneal.

Los resultados sugieren una relación lineal entre la severidad de la afectación funcional en estos pacientes y la aceleración del EEGc. La restauración del índice alfa y la disminución de la potencia de las frecuencias lentas se asocia con mejor pronóstico funcional. Sin embargo, existen otras muchas variables que pueden explicar parcialmente la mejor recuperación de algunos pacientes sobre otros, por lo que se entiende que el pronóstico en pacientes con daño cerebral por trauma es de explicación multivariable y los estudios neurofisiológicos pueden contribuir de forma complementaria dentro de este amplio conjunto de explicaciones. Los índices theta/alfa o delta/alfa no son una medida de localización, sino más bien una medida de la relación de potencia media entre alfa y delta a través de toda la superficie de captación craneal. Por lo tanto, la correlación con el nivel funcional debe ocurrir independientemente de la localización de la lesión cortical. La muestra actual implica pacientes con una amplia gama de sitios de lesión, una hipótesis puede ser que estos índices indican el volumen de tejido cerebral que exhiben una ruptura del equilibrio theta/alfa (40).

Este estudio apoya lo sugerido por otros autores (48) (47) (40) (38) donde los estudios neurofisiológicos son pueden brindar información sobre los mecanismos de neuroplasticidad que se presentan después de una lesión cerebral, en el supuesto de que los cambios en las escalas funcionales se deben en forma indirecta a mecanismos de neuroplasticidad que son evidenciados a través de las relaciones entre las frecuencias de oscilaciones corticales medidas a través del EEGc.

Dentro de las limitaciones que tiene este estudio se encuentra el tamaño de la muestra, que es pequeña; Se utilizó un índice global que en algunos casos puede llegar a enmascarar un posible cambio relevante neurofisiológico de

topografías más específicas. No obstante se espera que este estudio contribuya a futuras líneas de investigación que permitan hacer pronósticos más exactos en pacientes con traumatismo craneoencefálico, que contribuya al entendimiento de la fisiopatología de la lesión por TCE y esto traduzca en mejores estrategias de tratamiento.

XI. CONCLUSIÓN

En este estudio el índice theta/alfa correlaciona de forma significativa con los niveles de discapacidad física y cognitiva en pacientes con secuelas de traumatismo craneoencefálico, el índice alto indica mayor proporción de ondas lentas que rápidas, el índice bajo menor proporción de ondas lentas que rápidas, que correlaciona con mayor funcionalidad de los pacientes. Es decir que entre menor potencia de frecuencias lentas con restablecimiento de actividad rápida existe mayor nivel de funcionalidad en los pacientes. Así mismo los pacientes con menor índice theta/alfa y con menor potencia absoluta de delta tienen un mayor potencial de recuperación posterior a un mes de tratamiento rehabilitatorio. Sin embargo, un alto valor del índice theta/alfa no debe interpretarse como una contraindicación a la rehabilitación, sino que puede servir como un indicador del estado clínico y neurofisiológico de un paciente que recibirá un programa de rehabilitación y que permita evaluar la eficacia de los procesos de rehabilitación.

El uso del EEGc puede ayudar en la comprensión de la fisiopatología de la lesión cerebral, su recuperación y la respuesta a las intervenciones terapéuticas. Otros estudios predictivos con poblaciones más grandes y evaluaciones en tiempos más prolongados de seguimiento son necesarios para establecer el peso específico del EEGc dentro del conjunto de variables relacionadas con el resultado funcional.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Granados JC, Rehabilitación en trauma craneoencefálico. Constanza F. Manual de medicina de rehabilitación. Bogotá : Manual moderno, 2008.
2. Mayén Casas, Guerrero Torres, Caro Lozano. Aspectos clínicos y epidemiológicos del trauma cráneo encefálico en México. Epidemiología, 2008; 25(26):1-4.
3. Ibarra LG, Segura VH, Chavez DD, et.al. Análisis epidemiológico de las enfermedades y traumatismos atendidos en el Instituto Nacional de Rehabilitación, Informe del Centro Colaborador de la OPS/OMS. México DF. 2012.
4. Garrison. Manual de medicina de Rehabilitación. Madrid : Mc Graw Hill, 2003.
- 5. Levine JM, Flanagan SR . Rehabilitation of traumatic brain injury. Psychiatr Clin N Am, 2010;33: 877-91.
6. Pradat-Diehl P, Joseph PA, Beuret-Blanquart F, Luauté J, Tasseau F, Remy-Neris O, Azouvi P, Sengler J, Bayen É, Yelnik A, Mazaux JM. Physical and rehabilitation medicine care pathways: Adults with severe traumatic brain injury. 2012, Ann Phys Med Reh, Vol. 55, págs. 546-55.
7. Korn A, Golan H, Melamed I, Pascual-Marqui R, Friedman A. Focal cortical dysfunction and blood–brain barrier disruption in patients with post-concussion syndrome. J Clin Neurophysiol 2005;22:1–9.
8. Katayama Y, Becker DP, Tamura T, Hovda DA Massive increases in extracellular potassium and the indiscriminate release of glutamate following concussive brain injury. J Neurosurg 1990;73:889–900..
9. Maxwell WL, Domleo A, McColl G, Jafari SS, Graham DI. Post-acute alterations in the axonal cytoskeleton after traumatic axonal injury. J Neurotrauma 2003;20:151–68.
10. Shukla D, Devi BI, Agrawal A. Outcome measures for traumatic brain injury. Clin Neurol Neurosurg,2011; 113: 435-41.
11. Cid-Ruzafa J, Damián-Moreno J. Valoración de la discapacidad física: el indice de barthel, Rev Esp Salud Publca 1997. 71: 177-137.
12. Collin C, Davis S, Horne V, Wade DT. Reliability of the Barthel ADL Index. 1987, Int J Rehab Resp, Vol. 68, págs. 356-357.

13. Baztán JJ, Pérez del Molino J, Alarcon T, San Cristóbal E, Izquierdo G, Manzarbeitia . Índice de Barthel: Instrumento válido para la valoración funcional de pacientes con enfermedad cerebrovascular Rev Esp Geriatr Gerontol. 1993; 28: 32-47.
14. . Loewen SC, Anderson BA. Reliability of the modified Motor Assessment scale and the Barthel Index, Phys Ther, 1988;68:1077-1081.
15. Van Bennekom CAM, Jelles F, Lankhoxst GJ, Bouter LM. Responsiveness of the Rehabilitation Activities Profile and the Barthel Index. J Clin Epidemiol , 1996;49:39-44.
16. Kidd D, Stewart G, Baldry J, Johnson J, Rossiter D, Petruckevitch A, Thompson AJ. The Functional Independence Measure: a comparative validity and reliability study. Disability and Rehabilitation. 1995; 17: 10-4.
17. Hamilton BB, Laughlin JA, Fiedler RC, Granger CV. Interrater agreement of the 7-level Functional Independence Measure (FIM). Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine 1994; 26: 115-9.
18. Paolinelli C, González P, Doniez M , Donoso T, Salinas V Instrumento de evaluación funcional de la discapacidad en rehabilitación.: Estudio de confiabilidad y experiencia clínica con el uso del Functional Independence Measure. Rev. méd. Chile (online) . 2001;.129:23-31 .
19. Houlden H, Edwards M, McNeil J, Greenwood R. Use of the Barthel Index and the Functional Independence Measure during early inpatient rehabilitation after single incident brain injury Clinical Rehabilitation 2006; 20: 153-159.
20. Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review . Phys Ther. 2008 May;88(5):559-66.
21. La Porta F, Caselli S, Susassi S, Cavallini P, Tennant A, Franceschini M. Is the Berg Balance Scale an internally valid and reliable measure of balance across different etiologies in neurorehabilitation? A revisited Rasch analysis study.. Arch Phys Med Reh.
22. Feld JA, Rabadi MH, Blau AD, Jordan BD. Berg balance scale and outcome measures in acquired brain injury. Neurorehabil Neural repair. 2001;15(3):239-44..

23. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res.* 1975;12:189—98.
24. Cumming TB, Churilov L, Linden T, Bernhardt J. Montreal Cognitive Assessment and Mini-Mental State Examination are both valid cognitive tools in stroke. *Acta Neurol Scand.* 2013 Aug;128(2):122-9.
25. De Guise E, Leblanc J, Champoux MC, Couturier C, Alturki AY, Lamoureux J, Desjardins M, Marcoux J, Maleki M, Feyz M. The mini-mental state examination and the Montreal Cognitive Assessment after traumatic brain injury: an early predictive study. *Brain Inj.* 2013;27(12):1428-34
26. Lobo A, Saz P, Marcos G, Día JL c, Cámara C, Ventura T, et.al. Revalidación y normalización del Mini-Examen Cognoscitivo (primera versión en castellano del Mini-Mental Status Examination) en la población general geriátrica. *Med Clin (Barc).* 1999 Jun 5;112(20):767-74
27. Katz DI, Alexander MP Traumatic brain injury. Predicting course of recovery and outcome for patients admitted to rehabilitation. *Arch Neurol* 1994;51:661—70..
28. Leon-Carrion J, Machuca-Murga F. Spontaneous recovery of cognitive functions after severe brain injury: when are neurocognitive sequelae established? *Rev Esp Neuropsicol* 2001;3(3):58—67.
29. Fleming JM, Thy B, Maas F Prognosis of Rehabilitation Outcome in Head Injury Using the Disability Rating Scale *Arch Phys Med Rehabil* Vol75, February 1994..
30. Thatcher RW, North DM, Curtin RT, Walker RA, Biver CJ, Gomez JF, Salazar AM. An EEG severity index of traumatic brain injury. *J Neuropsychiat Clin Neurosci* 2001b;13:77—87.
31. Poon WS, Zhu XL, Ng SC, Wong GK. Predicting one year clinical outcome in traumatic brain injury (TBI) at the beginning of rehabilitation. *Acta Neurochir Suppl.* 2005;93:207-8.
32. Felmingham KL, Baguley IJ, Crooks J. A comparison of acute and postdischarge predictors of employment 2 years after traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:435—9.

33. Baird AE, Lövblad KO, Dashe JF, Connor A, Burzynski C, Schlaug G,. Clinical correlations of diffusion and perfusion lesion volumes in acute ischemic stroke. *Cerebrovasc Dis* 2000;10:441–4.
34. Barber PA, Darby DG, Desmond PM, Yang Q, Gerraty RP, Jolley D, et al. Prediction of stroke outcome with echoplanar perfusion- and diffusion-weighted MRI. *Neurology* 1998;51:418–26.
35. Azian AA, Nurulazman A, Shuaib IL, Mahayidin M, Ariff AR, Naing NN, Abdullah J. Computed tomography of the brain in predicting outcome of traumatic intracranial haemorrhage in Malaysian Patients *Acta Neurochir* , 2001; 143:711-720.
36. Thatcher RW, Biver CL, Gomez JF, North D, Curtin R, Walker RA, Salazar S. Estimation of the EEG power spectrum by MRI T2 relaxation time in traumatic brain injury. *Clin Neurophysiol* 2001a;112: 1729–45.
37. Haneef Z, Levin H, Frost JD, Mizrah E. Electroencephalography and Quantitative Electroencefalography in Mild Traumatic Brain injury. *Jour Neurotr*, 2013;30:653-656.
38. Nuwer MR, Hovdack DA, Schrader L, Vespa PM. Routine and quantitative EEG in mild traumatic brain injury. *Clinical Neurophysiology*, 2005;116:2001–2025.
39. Brust-Carmona, Galicia M, Flores Avalos, Borunda Falcon, Yañez O. Las neurociencias en el diagnóstico y en la evaluación de la rehabilitación integral de secuelas de lesiones cerebrales. *Investigación en discapacidad*, 2013;2: 28-37.
40. Leon-Carrion J, Martin-Rodríguez JF, Damas-López J. Delta–alpha ratio correlates with level of recovery after neurorehabilitation in patients with acquired brain injury. *Clinical Neurophysiology* 120 (2009) 1039–1045.
41. Corsi-Cabrera M, Solis-Ortiz S, Guevara MA. Stability of EEG inter- and intrahemispheric correlation in women. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1997;102:248–255.
42. Lund TR, Sponheim SR, Iacono WG, Clementz BA. Internal consistency reliability of resting EEG power spectra in schizophrenic and normal subjects. *Psychophysiology* 1995;32:66–71.

43. Pollock VE, Schneider LS, Lyness SA. Reliability of topographic quantitative EEG amplitude in healthy late-middle-aged and elderly subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991;79:20–6.
44. Brust-Carmona H, Valadez G, Flores-Avalos B, Galicia-Alvarado M, Martinez JA, Sanchez Quezada A, Rodriguez MA, Peñaloza Y, Yañez O. Potencia absoluta de oscilaciones corticales y su distribución topográfica en una muestra de adultos jóvenes en vigilia inactiva.. *Rev Inv Clin*, 2013;65(1):52-62.
45. Basar. A review of alpha activity in integrative brain function: Fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology. *Int Jour Psycoph*, 2012;86:1-24.
46. Brust-Carmona H, Valadez G, Galicia-Alvarado M, Flores-Avalos B, Sanchez Quezada A, Espinosa R, Yañez O. Desynchronization/synchronization of lateral EEG rythms during habituation to photostimulation in adults. *Rev Inv Clin*, 2013;65(5):508-20.
47. Brust-Carmona H, Galicia-Alvarado M, Mascher D, Sanchez Quezada A, Alfaro-Belmont J, Flores-Avalos B, Yañez O. Oscilaciones corticales laterales, antes y durante la fotoestimulacion, de un pacientes estudiado cuatro años despues de un traumatismo cerebral. *Investigación en discapacidad*, 2014 In Press.
48. Castellano NP, Paul N, Ordoñez VE, Demuynck O, Bajo R, Campo P, Bilbao A, Ortiz T, Del Pozo F, Maestú F. Reorganization of functional connectivity as a correlate of cognitive recovery in acquired brain injury. *Brain*, 2010; 133:2365-81.
49. Brust-Carmona H, Valadez Roque G, Galicia Alvarado M, Marin E, Flores Avalos B, Yañez Suarez O. Biomarcadores de electroencefalograma cuantitativo (EEGc) por fotoestimulación repetida (FR) en enfermos cerebrovasculares (EVC) en relación con sujetos sanos. 2013, Comunicación Personal.
50. Walker AE, Kollros JJ, Case TJ. The physiological basis of concussion. *J Neurosurg* 1944;1:103–16.
51. Meyer JS, Kondo A, Nomura F, Sakamoto K, Teraura T. Cerebral hemodynamics and metabolism following experimental head injury. *J Neurosurg* 1970;32:304–19.

52. Dow RS, Ulett G, Raaf J. Electroencephalographic studies immediately following head injury. *Am J Psychiatry* 1944;101:174–83.
53. Leon-Carrion J, Martin-Rodriguez JF, Damas-Lopez J, Martin JM, Dominguez-Morales MR. A QEEG index of level of functional dependence for people sustaining acquired brain injury: the Seville Independence Index (SINDI). *Brain Inj* 2008;22:61–74.
54. Koufen H, Dichgans J Häufigkeit und Ablauf von traumatischen EEG Veränderungen und ihre klinischen Korrelationen: systematische verlaufsuntersuchungen bei 344 Erwachsenen. *Fortschr Neurol Psychiatr* 1978;46:165–77..
55. Courjon J, Scherzer E. Traumatic disorders. In Remond A, Magnus O, Courjon J, editors. *Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology. Clinical EEG, IV, Traumatic disorders, vol. 14B.* Amsterdam: Elsevier; 1972. p. 1–104.
56. LeBlanc Concussion in sport: diagnosis, management, return to competition. *Comp Ther* 1999;25:39–44..
57. Rimpl E, Prugger M, Bauer G, Gerstenbrand F, Hackl JM, Pallua A. Incidence and prognostic value of spindles in posttraumatic coma. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1983;56:420–9.
58. Von Bierbrauer A, Weissenborn K, Hinrichs H, Scholz M, Kunkel H. Die automatische (computergestützte) EEG-Analyse im Vergleich zur visuellen EEG—Analyse bei Patienten nach leichtem Schädelhirntrauma (verlaufsuntersuchung). *EEG EMG Z* 1992;23:151–7
59. Watson MR, Fenton GW, McClelland RJ, Lumsden J, Headley M, Rutherford WH. The post-concussional state: neurophysiological aspects. *Br J Psychiat* 1995;167:514–21.
60. Fenton G. The postconcussional syndrome reappraised. *Clin Electroencephalogr* 1996;27:174–82.
61. Wirsén A, Stenberg G, Rosen I, Ingvar DH. Quantified EEG and cortical evoked responses in patients with chronic traumatic frontal lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1992;84:127–38.

62. Kane NM, Moss TH, Curry SH, Butler SR. Quantitative electroencephalographic evaluation of non-fatal and fatal traumatic coma. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998;106:244–50.
63. Thatcher RW, Walker RA, Gerson I, Geisler FH. EEG discriminant analyses of mild head trauma. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1989;73:94–106.
64. Thornton, KE. Exploratory investigation into mild brain injury and discriminant analysis with high frequency bands (32–64 Hz). *Brain Inj.* 1999 Jul;13(7):477-88
65. Thornton, KE. The electrophysiological effects of a brain injury on auditory memory functioning: the QEEG correlates of impaired memory. *Arch Clin Neuropsychol* 2003;18:363–78.
66. Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical plasticity: From Synapses to Maps *Annual Review of neuroscience* (1998), 21:149-186.
67. Accolla EA, Kaplan PW, Maeder-Ingvar et.al. Clinical correlates of frontal intermittent rhythmic delta activity. *Clin Neurophysiol* (2011); 1:27-31.
68. Vespa PM, Boscardin WJ, Hovda DA, McArthur DL, Nuwer MR, Martin NA, Nenov V, Glenn TC, Bergsneider M, Kelly DF, Becker DP. Early and persistent impaired percent alpha variability on continuous electroencephalography monitoring as a predictive of poor outcome after traumatic brain injury. *J Neurosurg* 2002;97:84–92.
69. Finnigan SP, Walsh M, Rose SE, Chalk JB. Quantitative EEG indices of sub-acute ischaemic stroke correlate with clinical outcomes. *Clin Neurophysiol* 2007;118:2525–32.
70. Finnigan SP, Rose SE, Walsh M, Griffin M, Janke AL, McMahon KL, et al. Correlation of quantitative EEG in acute ischemic stroke with 30-day NIHSS score: comparison with diffusion and perfusion MRI. *Stroke* 2004;35:899–903.
71. Claassen J, Hirsch LJ, Kreiter KT, Du EY, Connolly ES, Emerson RG, et al. Quantitative continuous EEG for detecting delayed cerebral ischemia in patients with poor-grade subarachnoid hemorrhage. *Clin Neurophysiol* 2004;115:2699–710.
72. Schleiger E, Sheikh N, Rowland T, Wong A, Read , Finnigan S. Frontal EEG delta/alpha ratio and screening for post-stroke cognitive deficits: The power of four electrodes. *International Journal of Psychophysiology* (2014) in press.

73. Cuspineda E, Machado C, Galán L, Aubert E, Alvarez MA, Llopis F, et al. QEEG prognostic value in acute stroke. *Clin EEG Neurosci* 2007;38(3):155–60.
74. Sheorajpanday RVA, Nagels G, Weeren AJTM, van Putten M De Deyn PP,. Quantitative EEG in ischemic stroke: Correlation with functional status after 6 months. *Clinical Neurophysiology* 122 (2011) 874–883 .
75. Blum A, Rutkove S. *The Clinical Neurophysiology primer*. New Jersey : Human Press Inc., 2007.

XIII. ANEXOS

ÍNDICE DE BARTHEL

| ITEM | FECHA | | | | | | |
|--|-------|--|--|--|--|--|--|
| ALIMENTACIÓN Autónomo (10) Con ayuda (5) Dependiente (0) | | | | | | | |
| BAÑO Autónomo (5) Con ayuda (0) | | | | | | | |
| HIGIENE PERSONAL Autónomo (5) Con ayuda (0) | | | | | | | |
| VESTIRSE / DESVESTIRSE Autónomo (10) Con ayuda (5) Dependiente (0) | | | | | | | |
| CONTROL RECTAL Sin problemas (10) Algún accidente (5) Incontinente (0) | | | | | | | |
| CONTROL VESICAL Sin problemas (10) Algún accidente (5) Incontinente (0) | | | | | | | |
| USO DEL WC Autónomo (10) Con ayuda (5) Dependiente (0) | | | | | | | |
| TRANSFERENCIA CAMA - SILLA Autónomo (15) Ayuda mínima (10) Puede sentarse pero no desplazarse (5) Dependiente (0) | | | | | | | |
| CAMINAR Autónomo (15) Con ayuda (10) Autónomo en silla de ruedas (5) Dependiente (0) | | | | | | | |
| SUBIR Y BAJAR ESCALERAS Autónomo (10) Con ayuda (5) No puede (0) | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | |

Escala de independencia funcional

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN DIVISION DE REHABILITACIÓN NEUROLÓGICA

Nombre: _____ Edad: _____
 Servicio: _____ Expediente: _____ Cama: _____
 Diagnóstico: _____

Escala de Independencia Funcional (FIM)

| | | |
|------------------------|---|-----------|
| Independiente | | Sin ayuda |
| 7 | Independencia total (siempre y de forma segura) | |
| 6 | Independiente modificada (con dispositivo) | Ayuda |
| Dependiente Modificada | | |
| 5 | Supervisión | |
| 4 | Asistencia mínima (sujeto 75% o más) | |
| 3 | Asistencia moderada (sujeto 50 a 75%) | |
| Dependiente Completa | | |
| 2 | Dependencia máxima (sujeto 25 a 50%) | |
| 1 | Asistencia total (sujeto 0 a 25%) | |

| | INICIO | | | | | METAS PARA EL ALTA |
|---------------------------------|--------|--|--|--|--|--------------------|
| FECHA | | | | | | |
| AUTOCUIDADO | | | | | | |
| A. Comida | | | | | | |
| B. Arreglo personal | | | | | | |
| C. Baño | | | | | | |
| D. Vestido (superior) | | | | | | |
| E. Vestido (inferior) | | | | | | |
| F. Ir al baño (WC) | | | | | | |
| CONTROL DE ESFINTERES | | | | | | |
| G. Manejo vejiga | | | | | | |
| H. Manejo intestino | | | | | | |
| MOVILIDAD | | | | | | |
| I. Cama, silla, silla de ruedas | | | | | | |
| J. W.C. | | | | | | |
| K. Tina o regadera | | | | | | |
| LOCOMOCIÓN | | | | | | |
| L. Camina/silla de ruedas | | | | | | |
| M. Escaleras | | | | | | |
| COMUNICACIÓN | | | | | | |
| N. Comprensión | | | | | | |
| O. Expresión | | | | | | |
| RECONOCIMIENTO DEL MEDIO | | | | | | |
| P. Interacción social | | | | | | |
| Q. Solución de problemas | | | | | | |
| R. Memoria | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | |
| Médico que realizó FIM | | | | | | |

ESCALA DE EQUILIBRIO DE BERG

Nombre: _____

Expediente: _____

| Ítem | Fecha | | | | | | | | | |
|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Sentarse sin apoyo | | | | | | | | | | |
| Cambio de sedestación a bipedestación | | | | | | | | | | |
| Cambio de bipedestación a sedestación | | | | | | | | | | |
| Transferencias | | | | | | | | | | |
| Bipedestación sin apoyo | | | | | | | | | | |
| Bipedestación con ojos cerrados | | | | | | | | | | |
| Bipedestación con los pies juntos | | | | | | | | | | |
| Bipedestación con los pies en tándem | | | | | | | | | | |
| Bipedestación con apoyo monopodal | | | | | | | | | | |
| Giros de tronco con los pies fijos | | | | | | | | | | |
| Recoger objetos del suelo | | | | | | | | | | |
| Desde BP, realizar un giro de 360° | | | | | | | | | | |
| Subir un peldaño | | | | | | | | | | |
| Preñión manual (por encima de la cabeza) en BP | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| 4: Independencia total. Realiza el ítem sin asistencia | PUNTAJE: |
| 3: Realiza ítem de manera titubeante | 0-20: Silla de ruedas |
| 2: Requiere 50% de asistencia | 21-40: Necesita auxiliar para la marcha |
| 1: Realiza ítem con máxima asistencia | 41-56: Puede realizar marcha independiente |
| 0: No realiza ítem | |

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

División de Rehabilitación Neurológica

MINIMENTAL de FOLSTEIN

1) ORIENTACION:

¿Qué hora es?____, ¿Qué año es?____ ¿Qué mes es? ____ ¿Qué día es?____

¿Qué estación del año es?____

(5)

¿En dónde estamos?____ Nombre del Hospital____ Estado____ País____ Ciudad____

(5)

2) REPETICIÓN INMEDIATA (recall)

Decirle 3 palabras, una por segundo al paciente y pedirle que las repita. Un punto por cada palabra correcta y eso es su calificación.

Repetirlas hasta 6 veces intentando que los aprenda. Si no lo logra no se puede valorar este

punto. Casa____ Perro____ Gato____ Número de intentos para aprender

____ (3)

3) ATENCIÓN Y CÁLCULO:

Cuente en reversa iniciando del 100 y restando 7 y 5 ejemplo: $100-7=93$, $93-7=86...$ etc,

Se da un número por cada respuesta correcta.

(5)

4) MEMORIA Y RECORDAR:

Pedirle al paciente que diga las 3 palabras que se le aprendió.

Casa____, perro:____ gato:____

(3)

5) LENGUAJE:

Nómina: Apunta a un objeto y el paciente lo nombra (un punto por cada respuesta correcta)

Lápiz____, Reloj_____

(2)

Repita: Repite lo siguiente de corrido y punto si lo logra.

LA CASA ES

AZUL (1)

Sigue orden de 3 tiempos/3 puntos:

Toma el papel en tu mano____, dóblalo__ y ponlo en el piso_____

(3)

Lea lo siguiente y hágalo: Escriba en una hoja claramente: CIERRA LOS OJOS.

Un punto si lo hace

(1)

Escriba un enunciado con sujeto y verbo. Un punto si lo hace.

(1)

Dibujar pentágonos en una hoja de manera que se intersecten y el paciente debe copiar (1)