

Evaluación objetiva del nivel de dependencia funcional para personas con daño cerebral adquirido: Índice de Independencia de Sevilla (SINDI) ⁽¹⁾

JOSE LEON-CARRION^{1,2}
JUAN FRANCISCO MARTIN-RODRIGUEZ^{1,2}
JESUS DAMAS-LOPEZ²
JUAN MANUEL BARROSO Y MARTIN¹
MARIA DEL ROSARIO DOMINGUEZ-MORALES²

RESUMEN

En este artículo se presenta una herramienta fiable, válida y fácil de usar para la evaluación objetiva de la dependencia funcional, tras un daño cerebral adquirido, denominado *Seville Independence Index* (SINDI). El instrumento se ha diseñado a partir del análisis cuantitativo del electroencefalograma de 81 pacientes con daño cerebral adquirido en fase postaguda o crónica. Se realizó un análisis discriminante para seleccionar las variables QEEG que mejor predecían el estado funcional del paciente, medido a través de la escala FIM+FAM. Los resultados muestran unas precisiones de clasificación del 100% en la muestra de entrenamiento, y del 75% en una muestra de validación externa. Se alcanzó una sensibilidad y especificidad del 100%. Estos datos avalan la utilidad del sistema *SINDI* como herramienta para la evaluación neurofisiológica objetiva cuantitativa de los pacientes con daño cerebral que solicitan un diagnóstico de su estado de dependencia funcional, por lo que podría incluirse en los protocolos de evaluación de la dependencia funcional actuales conjuntamente con la evaluación cualitativa. EL SINDI explora la existencia de daño cerebral y ofrece una clasificación de los pacientes en dependencia funcional grave, moderada y leve.

Palabras clave: Traumatismos cráneo-encefálicos, accidente cerebro-vasculares, independencia funcional, QEEG, evaluación neuropsicológica, evaluación forense, daño cerebral, dependencia.

Trabajo dentro del Proyecto de Investigación IBE2004-SOC-08 financiado por IBERCJA y la Universidad de Zaragoza.

Datos de contacto:

Jose Leon-Carrion
Laboratorio de Neuropsicología, Facultad de Psicología, Departamento de Psicología Experimental
C/ Camilo José Cela s/n. University of Seville, Seville-41018. Spain
e-mail: leoncarrion@us.es
Tel.: +34 95 457 4137 / Fax: +34 95 437 4588

¹ Laboratorio de Neuropsicología, Facultad de Psicología, Departamento de Psicología Experimental. Universidad de Sevilla, Andalucía, España

² Centro de Rehabilitación de Daño Cerebral (CRECER), Torneo, 23, Andalucía, Sevilla, España.

⁽¹⁾ Versión española del instrumento SINDI publicada originalmente en *Brain Injury* (2008), 22 (1) 61-74.

Nota: Proyecto financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia como parte del Plan Nacional para la Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007), y co-financiado por el Fondo de Desarrollo Regional Europeo (ERDF): FIT-300100-2006-77

ABSTRACT

This study presents a reliable, valid and easy-to-use tool for the objective assessment of the functionality in patients who had suffered an acquired brain injury (ABI). The name of this system is the Seville Independence Index (SINDI). This tool has been designed from the quantitative analysis of the EEG (QEEG) of a sample of 81 ABI patients, all of them in post-acute or chronic phase. A discriminant analysis was conducted in order to identify the QEEG variable that best predict the functional state of the patients, as measured with the FIM+FAM scales. Results show a classification accuracy of 100% in the training sample and a 75% in an external validation sample. These data attest the utility of *SINDI* as an objective tool for ABI patients who seeking a diagnosis of their level of dependence and that it could be included in current functionality assessment protocols.

Keywords: Traumatic brain injury, stroke, functional independence, QEEG, neuropsychological assessment, forensic assessment.

INTRODUCCIÓN

El daño cerebral adquirido (DCA) representa una de las primeras causa de discapacidad en los países occidentales. En la Unión Europea se registran hasta un millón de traumatismos en los centros hospitalarios. La mayoría de estos pacientes muestran alteraciones en múltiples áreas, que afectan a su habilidad para llevar a cabo las actividades de la vida diaria (AVDs) y tienen consecuencias legales, profesionales y personales. Se estima que 1.5 millones de americanos sufren algún tipo de daño cerebral traumático (DCT) cada año en Estados Unidos. De ellos, 1,1 millones viven ahora con algún tipo de discapacidad relacionada con el DCT (Thurman et al., 1999). Estos pacientes suponen un importante costo social y económico, debido a que el volumen de atención que necesitan suele requerir una gran cantidad de recursos materiales y profesionales que no todos los pacientes y sus familias pueden permitirse cubrir.

En España se aprobó el 15 de diciembre de 2006 una nueva ley llamada "Ley de promoción de la autonomía personal y atención a personas en situación de dependencia". Se estima que de esta ley se beneficiarán alrededor de los 2 millones de personas que se estiman que no son independientes para poder llevar a cabo de forma eficaz las actividades funcionales de la vida diaria. Las causas de esta dependencia funcional pueden estar originadas por distintos cuadros incapacitantes de origen neurológico o no neurológico aunque más de un tercio de estos individuos son dependientes para las actividades de la vida diaria a causa de daños neurológicos, siendo los más frecuentes los trastornos cerebrovasculares y el daño cerebral traumático.

La Ley española clasifica la dependencia en tres grados, cada uno de ellos con dos niveles:

- Grado I. *Dependencia moderada*: la persona necesita ayuda para realizar varias actividades básicas de la vida diaria, al menos una vez al día o tiene necesidades de apoyo intermitente o limitado para su autonomía personal.
- Grado II. *Dependencia severa*: cuando la persona necesita ayuda para realizar varias actividades básicas de la vida diaria dos o tres veces al día, pero no quiere el apoyo permanente de un cuidador o tiene necesidades de apoyo extenso para su autonomía personal.
- Grado III. *Gran dependencia*: la persona necesita ayuda para realizar varias actividades básicas de la vida diaria varias veces al día y, por su pérdida total de autonomía física, mental, intelectual o sensorial, necesita el apoyo indispensable y continuo de otra persona o tiene necesidades de apoyo generalizado para su autonomía personal.

Para implementar esta ley hacen falta recursos sanitarios y sociales. Para la concesión de tales ayudas, la persona en estado de dependencia debe ser evaluada clínicamente para determinar si realmente es dependiente o no, y si es así, a qué nivel. Esta ley exige la creación de de un sistema de valoración del tipo de dependencia que presenta el paciente. Una vez que el sujeto es valo-

rado, la ley puede asignar recursos sociales o económicos para cubrir sus necesidades con el objetivo de paliar su estado de dependencia funcional.

Bajo esta nueva acción legal y con la intención de evitar el engaño, la simulación o la exageración de síntomas es necesaria una evaluación objetiva del estado funcional de estos pacientes, con nuevas herramientas que ofrezcan fiabilidad y validez. En la actualidad existen pocos instrumentos objetivos para evaluar la independencia de las personas que buscan asistencia social y legal. La mayoría de las herramientas existentes dependen de las impresiones subjetivas de los cuidadores, cuyas interpretaciones pueden distorsionar los resultados y provocar falsos positivos. Además, la exageración y el engaño son síntomas muy comunes en pacientes daño cerebral adquirido, especialmente cuando existe una expectativa de compensación económica, o en litigio, donde se comprende entre un 15 y un 20% de los casos (Mittenberg et al., 2002). Los individuos con daño cerebral moderado que presentan alteraciones post-conmocionales constituyen el 40% de aquellos que buscan esa compensación (Larrabee, 2003). A todo ello cabe añadir que los sistemas de evaluación deben ofrecer información tanto cualitativa (es capaz o no de hacer una tarea en concreto) como cuantitativa (lo que permita asignar la ayuda en función de una escala común). La evaluación objetiva es una necesidad recogida en el apartado 2 de los criterios de aplicación, donde se dice textualmente que *"la valoración se realizará teniendo en cuenta los correspondientes informes sobre la salud de la persona"* y sobre el entorno en el que viva, y considerando, en su caso, las ayudas técnicas, órtesis y prótesis que le hayan sido prescritas (Art. 27.5 de la Ley).

La funcionalidad está considerada como un concepto multidimensional, en el cual el total no puede ser explicado por la suma de sus partes. Los instrumentos que evalúan la funcionalidad deben, además, ser capaces de detectar la simulación y la exageración. En la práctica clínica actual la valoración de la funcionalidad incluye la evaluación tanto de tareas básicas como comer o asearse como tareas más complejas e instrumentales como coger un autobús. La información sobre estas actividades se recoge normalmente de terceras personas o de allegados. Así, una evaluación completa tiene diversos niveles de complejidad, implicando múltiples evaluadores. La necesidad de una evaluación funcional objetiva requiere reducir este concepto de funcionalidad a un índice global que contenga la información del impacto que tienen ciertas condiciones médicas en las tareas funcionales de los pacientes.

En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido localizar con mayor precisión las áreas afectadas del cerebro en las personas con daño cerebral (Balmaceda, Domínguez-Morales, León-Carrión & García-Bernal, 2000). El uso de software de neuroimagen ha hecho posible la creación de mapas cerebrales definidos que pueden ser adaptados al cerebro de un paciente para determinar qué áreas funcionales están afectadas. En el campo del daño cerebral, esta tecnología es necesaria para realizar evaluaciones objetivas y determinar la gravedad de tal condición. Cuando se aplican técnicas de neuroimagen para la evaluación del daño cerebral, la electroencefalografía (EEG) juega un papel crucial, dado su coste relativamente bajo, su fácil aplicación y su fiabilidad test-retest (Arruda et al., 1996; Corsi-Cabrera et al., 1997; Hoge & John, 1999). Estos aspectos toman mayor relevancia en un ambiente ambulatorio o cuando hay que valorar el estado funcional del paciente varios meses tras la ocurrencia el accidente, una vez que las secuelas están ya establecidas.

Además, el desarrollo de herramientas matemáticas y de visualización de los datos ha hecho posible analizar cuantitativamente el EEG humano, una técnica conocida como QEEG (EEG cuantitativo). Las medidas del QEEG humano se han correlacionado con ciertas categorías diagnósticas, tanto en personas sanas (John et al. 1977; Thatcher, North & Biver, 2005) como en poblaciones clínicas (Thatcher et al. 2005). Cumpliendo ciertos requisitos estadísticos, estos estudios han obtenido un conjunto de variables del QEEG que constituyen funciones discriminantes, las cuales pueden predecir la gravedad de la condición clínica. Las ventajas de estos sistemas de medida frente a otros son el bajo coste, la rapidez, la ausencia de influencia cultural, y la mínima intervención humana en el análisis de los resultados. La utilización de estos sistemas permite la predicción acer-

ca de las características psicológicas y funcionales de un individuo basándose exclusivamente en variables fisiológicas específicas.

Los estudios en QEEG presentan frecuentemente un patrón neurofisiológico consistente asociado a la gravedad del daño cerebral, que incluye un aumento de la amplitud de las bandas lentas, una disminución de la amplitud de las bandas rápidas (Ruijs et al., 1994; Kotchoubey et al., 2005; León-Carrión, et al. 2008), cambios en la coherencia del EEG (Hamilton et al., 1991). En el presente estudio, ponemos especial atención en las diferencias en estas medidas.

El Índice de Independencia de Sevilla (SINDI, siglas en inglés para *Seville Independence Index*, León-Carrión et al., 2008) es un instrumento basado en ciertas variables del QEEG. Este instrumento permite como entrada un registro de EEG, permitiendo su posterior análisis y selección de las variables QEEG relevantes. La combinación lineal entre ellas (ponderando cada variable) permite la obtención de un valor único, indicativo del estado funcional del paciente en función de la gravedad de su daño cerebral. Este sistema de diagnóstico se diseñó y probó con una muestra total de 81 pacientes con DCA, mostrando resultados cercanos al 100% en estudios de sensibilidad y especificidad.

Como parte fundamental del proceso de validación de una herramienta para el diagnóstico, nos proponemos en la presente investigación validar el instrumento con una muestra externa de pacientes con DCA. Esta muestra presenta las mismas características demográficas y clínicas que los pacientes con los que se creó el instrumento. Nuestro objetivo es confirmar los resultados de clasificación de esta nueva muestra de pacientes obteniendo criterios óptimos que apoyen su utilización.

MÉTODO

Participantes

La muestra comprendía un total de 81 pacientes con daño cerebral adquirido (40 traumatismos craneoencefálicos –TCE– y 41 accidentes cerebro-vasculares –ACV–), con edades comprendidas entre 16 y 80 años. Los datos de 48 pacientes se utilizaron para la creación de la función discriminante, y el resto para la validación externa. Los pacientes fueron seleccionados en el Centro de Rehabilitación de Daño Cerebral (C.RE.CER) de Sevilla. Los criterios de inclusión fueron una edad mínima de 16 años y una historia de daño cerebral adquirido confirmado por pruebas de neuroimagen (TAC o RMN). Todos los pacientes se encontraban en fase crónica o subaguda en el momento del registro y participaban en un programa de rehabilitación holístico, integral y multidisciplinar que atendía a las secuelas neuropsicológicas, físicas y funcionales derivadas del daño cerebral.

Evaluación funcional

La evaluación funcional de los pacientes se hizo por medio de la escala *FIM+FAM*. Functional Independence Measure (FIM) y Functional Assessment Measure (FAM). Se trata de una escala multidimensional de evaluación funcional del paciente. Dicha escala ha sido ampliamente usada en pacientes con daño cerebral, sobre todo para la evaluación de los resultados de un tratamiento. Actualmente la valoración total de esta escala surge de la combinación de otras dos, la FIM (Functional Assessment Measure) y la FAM (Functional Assessment Measure). En total se administran 30 ítems, de los cuales 18 provienen de la FIM y 12 de la FAM. El objetivo de estas escalas es evaluar las principales áreas funcionales de los pacientes, de manera que los ítem quedan agrupados en 7 subescalas funcionales: autocuidado (ítem 1-7), control de esfínteres (8-9), movilidad para las transferencias (10-13), movilidad para la locomoción (14-16), comunicación (17-21), ajuste psicosocial (22-25), y funciones cognitivas (26-30). Las escalas FIM+FAM han sido ampliamente estudiadas como instrumento válido para la evaluación de personas con daño cerebral (Hamilton et al., 1991; Linacre et al, 1994; Dodds et al., 1993).

La valoración de cada paciente se realizó, de manera independiente, por un fisioterapeuta, un logopeda y un neuropsicólogo, evaluando el primero la FIM completa, el segundo la subescala de comunicación y el tercero las subescalas de ajuste psicosocial y funciones cognitivas. Todos y cada uno de los ítems se puntuaron en una escala ordinal de 1 a 7 puntos, en función del grado de independencia que presentase el paciente. Las puntuaciones más altas indicarían independencia y funcionalidad y las bajas indicarían dependencia y no funcionalidad. Para cada subtest se calcularon las medias, así como para la *FIM*, *FAM* y *FIM+FAM* total. Acorde a tales medias se crearon las siguientes categorías: dependencia completa (1-2,99); dependencia modificada (3-5,99) e independencia (6-7).

Registros EEG

Los registros EEG se llevaron a cabo en una habitación insonorizada y con iluminación tenue, con una temperatura en torno a 23 °C. Antes de cada registro, los pacientes se sentaban en un sillón o en su silla de ruedas y se les pedía que se relajasen, pero sin dormirse. Después de un periodo de relajación se les pedía (o ayudaba a) que cerrasen los ojos y se llevaba a cabo el registro durante 3 minutos, con una frecuencia de muestreo de 256 Hz. Se utilizó un filtro pasa bandas entre 0,5 y 40 Hz para la eliminación de posibles artefactos continuos. Otros artefactos discretos se eliminaron visualmente.

Variables QEEG

Las medidas más utilizadas en la investigación con QEEG son los patrones espectrales y los patrones de conectividad. Los primeros se basan en el análisis del espectro de frecuencias del EEG en cada localización; son independientes del tiempo y hacen referencia a la intensidad del campo electromagnético que se detecta en esa localización. Los segundos son medidas más complejas que incluyen características espaciotemporales y varias localizaciones, dando una idea del estado de la conexión entre esas localizaciones.

La más básica de las medidas de amplitud es la *amplitud (magnitud) absoluta*, definida como la media las amplitudes de cada una de las frecuencias individuales que forman una banda de frecuencias. De ésta se deriva la *asimetría de amplitud*, que es la diferencia de magnitud absoluta entre dos determinadas localizaciones (e.g. A y B) en una determinada banda de frecuencias, y se calcula como $(A-B)/(A+B)$ (Thornton, 2003).

Las medidas de conectividad (o independientes de amplitud) que se suelen utilizar son la *coherencia* y el *retraso de fase*. La coherencia da una idea de la conexión funcional entre dos áreas de la corteza. Se calcula para cada banda de frecuencias y para cada combinación de pares de electrodos. Para más información acerca del cálculo de la coherencia (ver Lubar, 1997).

El retraso de fase se define como el tiempo que tarda una determinada longitud de onda de una localización particular en alcanzar la fase o máxima amplitud de otra longitud de onda de una localización específica.

La contribución de cada banda de frecuencias a la señal EEG se obtuvo por medio de la Transformada Rápida de Fourier (FFT). Las bandas de frecuencia que se consideraron fueron delta (1 a 3,5 Hz), theta (4 a 7,5 Hz), alpha (8 a 12 Hz) y beta (12 a 25 Hz), incluyendo *high beta* (25,5 a 30 Hz). La coherencia y el retraso de fase se computaron usando el análisis del espectro cruzado.

Análisis estadísticos

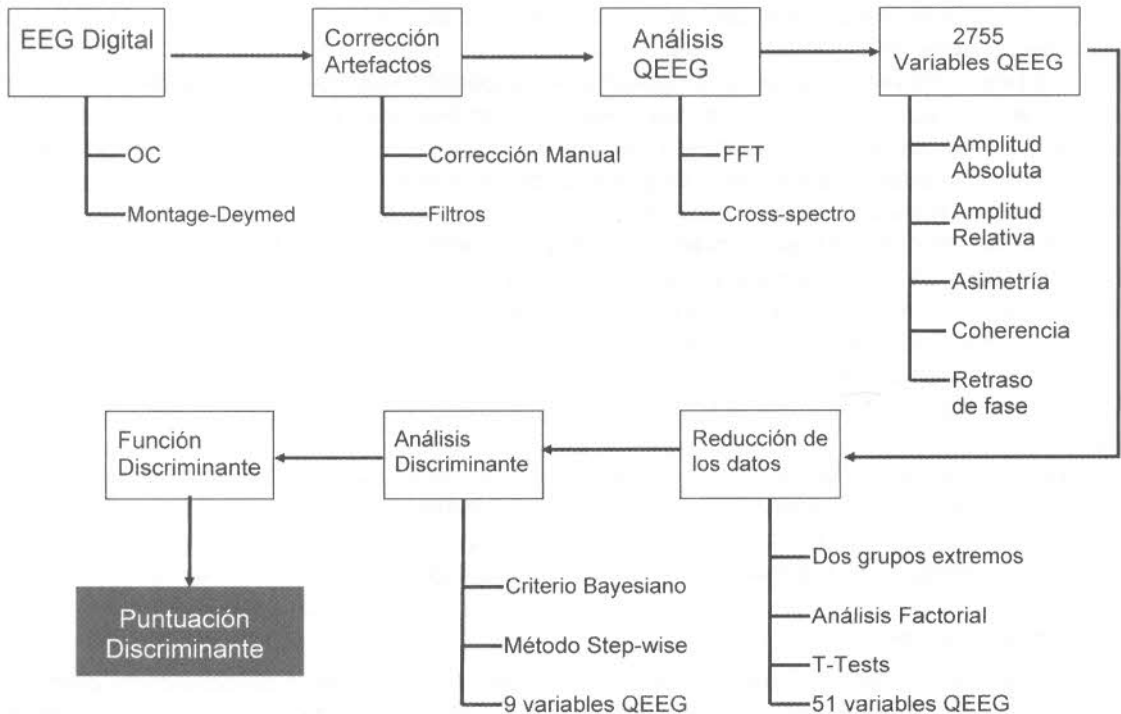
La idea de este estudio fue obtener una función discriminante capaz de clasificar y predecir el estado funcional de cada paciente basándose en su patrón QEEG. Así, se tomó la variable *FIM+FAM* total (media de los 7 subtests) como variable para configurar los grupos independientes para el subsiguiente análisis discriminante. El objetivo primario era diferenciar entre los estados

extremos (dependencia completa vs. independencia). Tras la clasificación correcta de los dos grupos, se probó la ecuación considerando un grupo intermedio (dependencia modificada) con la idea de evaluar la hipótesis de linealidad de la función (a mayor puntuación discriminante, mejor estado funcional).

Para los datos QEEG se obtuvieron un total de 2755 variables candidatas para el análisis discriminante. Para comprobar la capacidad discriminativa de cada variable se usó la prueba *T* de Student en cada una de ellas, utilizando como variable de agrupación la pertenencia al grupo de pacientes con dependencia completa o al grupo de pacientes con independencia funcional. De las 2755 variables, resultaron significativas 368 (11 de amplitud absoluta, 40 de amplitud relativa, 98 de asimetría de amplitud, 184 de coherencia y 35 de retraso de fase). Para reducir datos se aplicó un análisis factorial para cada medida EEG (amplitud absoluta, amplitud relativa, asimetría de amplitud, coherencia y retraso de fase). Se identificaron las variables con la carga más alta en cada factor (3 variables de amplitud absoluta, 5 de amplitud relativa, 14 de asimetría de amplitud, 18 de coherencia y 11 de retraso de fase). Ello resultó en un total de 51 variables. Con este procedimiento de dos niveles se redujo el conjunto inicial de 2755 variables en un 98,15%.

A continuación se realizó el análisis discriminante. Se usó un método de inclusión por pasos para obtener información sobre la significación individual de cada variable en la función discriminante; de esta manera, las variables se van añadiendo a la función discriminante una a una, posibilitando construir la función usando únicamente aquellas variables que son útiles para la clasificación. Se usó el estadístico *Lambda de Wilks* para evaluar cada una de las 51 variables. Para una descripción gráfica del proceso de análisis, ver figura 1.

Figura 1. Procedimiento usado para reducir los datos y crear la función discriminante



La tabla 1 muestra las variables seleccionada según el método de inclusión por pasos, junto al valor de la *Lambda de Wilks* y nivel de significación.

Tabla 1. Variables QEEG incluidas en la función discriminante. Se presentan los estadísticos del análisis discriminante

Variables			Lambda de Wilks	F exacta estadístico	P
Tipo de variable	Banda de frecuencias	Localización			
Amplitud absoluta	Delta	P4	0,11	28,6	2,55E-09
Asimetría	Beta	FP2-F3	0,16	24,15	1,89E-08
Coherencia	Delta	T3-Cz	0,07	35,30	3,8E-10
		F4-O1	0,13	23,91	1,38E-08
	Alpha	Pz-O2	0,05	37,54	3,16E-10
	High-Beta	Cz-O2	0,08	32,87	6,25E-10
Retraso de fase	Delta	F3-Cz	0,35	24,14	1,18E-06
		C3-T4	0,28	21,40	4,39E-07
	Theta	FP1-F8	0,22	21,56	1,18E-07
F Parcial mínima para ser aceptada = 3,84					
F Parcial máxima para ser eliminada = 2,71					

Las variables discriminantes fueron bien seleccionadas y permiten diferenciar entre ambos grupos, con una correlación canónica de 0,97. Además la función obtenida permite afirmar que los centroides de ambos grupos se encuentran bien diferenciados ($c^2 = 65,99$; $p < 0,001$). La función discriminante quedaría conformada de la siguiente manera:

$$D = -0,057 * (\text{delta amplitud absoluta P4}) + (-0,012) * (\text{beta asimetría de amplitud FP2-F3}) + (-0,075) * (\text{high-beta coherencia Cz-O2}) + 0,105 (\text{delta coherencia F4-O1}) + 0,041 (\text{alpha coherencia Pz-O2}) + (-0,062) * (\text{delta coherencia T3-Cz}) + 0,209 * (\text{delta retraso de fase F3-Cz}) + 0,059 * (\text{delta retraso de fase C3-T4}) + 0,265 * (\text{theta retraso de fase FP1-F8}) + 2,545$$

La tabla 2 muestra la exactitud en la clasificación de los 15 pacientes categorizados como *dependencia completa* y los 14 pacientes categorizados como *independencia* con el algoritmo discriminante creado. Como se puede observar la precisión de la función es del 100%.

Tabla 2. Clasificación de los grupos Independencia y Dependencia Completa según el análisis discriminante

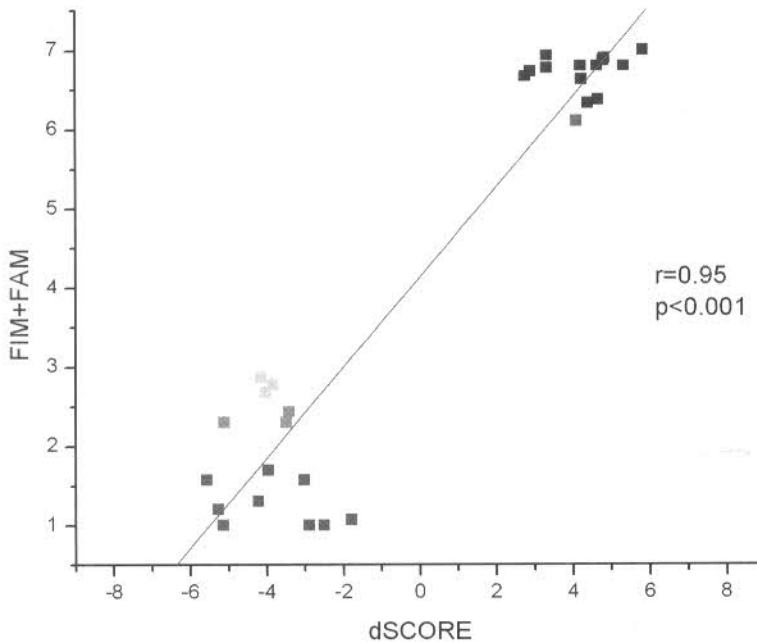
Grupo FIMFAM	n	Clasificación, % de	
		Independencia	Depend. completa
Independencia	14	100 (n=14)	0
Depend. completa	15	0	100 (n=15)

Nota: Exactitud en la clasificación global=100%

Para demostrar el supuesto de *linealidad* se realizó un análisis de la correlación entre las puntuaciones FIM+FAM y las puntuaciones discriminantes correspondientes.

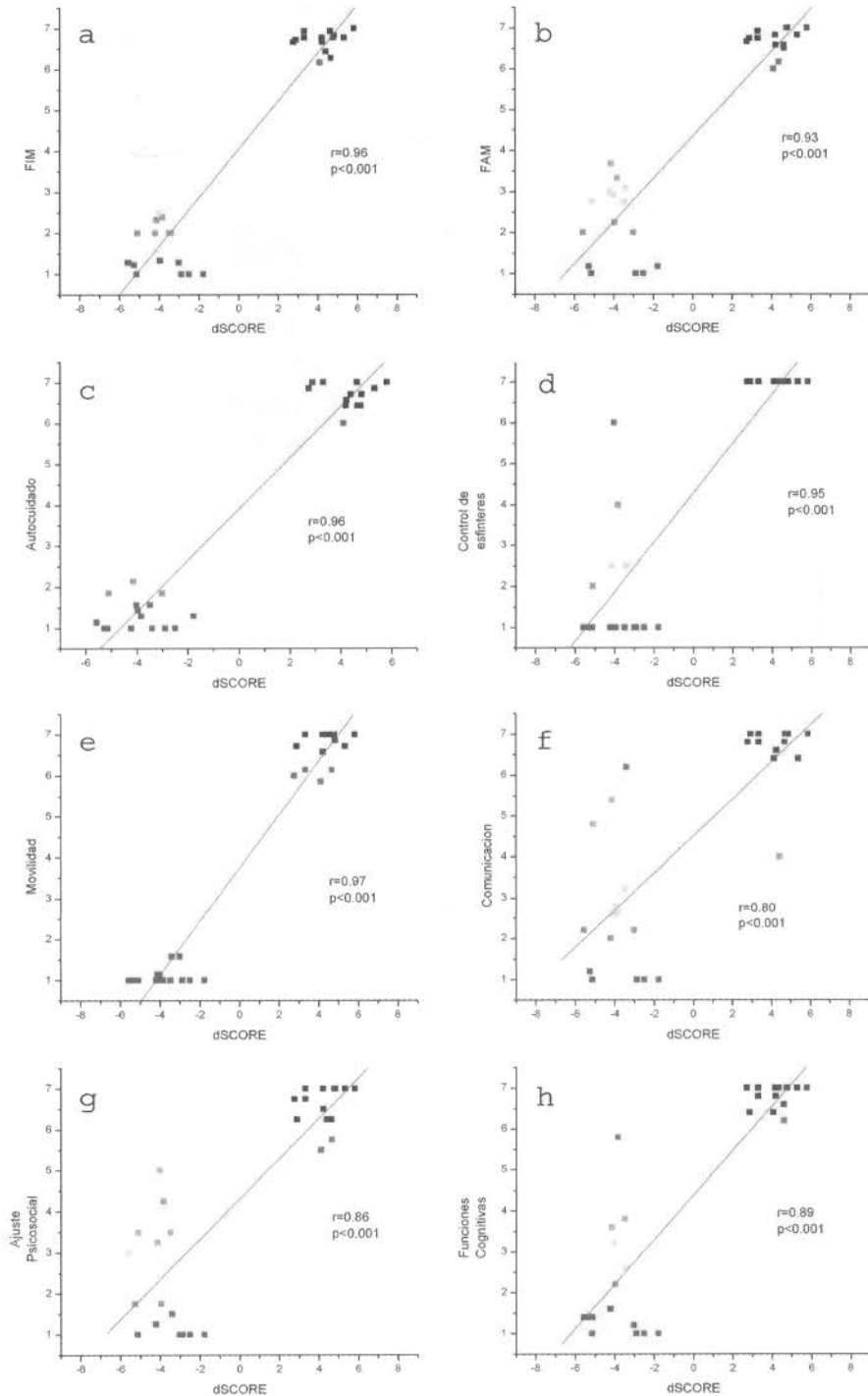
La figura 2 muestra los resultados del análisis discriminante. El eje y representa la puntuación FIM+FAM y el eje x representa las puntuaciones discriminantes. Como puede observarse el ajuste lineal es óptimo y los grupos se encuentran bien diferenciados.

Figura 2. Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre las variables Puntuaciones Discriminantes (dSCORE, eje x) y Puntuaciones obtenidas en la variable FIMFAM global. El código de colores representa las puntuaciones de los sujetos en la escala FIM+FAM, siendo el rojo el extremo inferior y el azul el superior



La validación clínica de las puntuaciones discriminantes se probó con cada variable de FIMFAM por medio de la correlación de Pearson. En la figura 3 aparecen dichas correlaciones. Como puede observarse todas las correlaciones son estadísticamente significativas ($p<0,001$). Estos resultados establecen la validez clínica de las puntuaciones discriminantes del EEG, obtenidas a partir de los subgrupos creados dentro de la variable FIM+FAM global.

Figura 3. Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre las variables Puntuaciones Discriminantes (dSCORE, eje x) y Puntuaciones obtenidas en las variables que constituyen la escala FIMFAM. El código de colores representa las puntuaciones de los sujetos en la escala FIM+FAM, siendo el rojo el extremo inferior y el azul el superior



La correlación entre la puntuación discriminante y la puntuación FIM+FAM, añadiendo los casos de *dependencia modificada* fue $r=0,81$ ($p<0,001$; ver figura 4), lo cual apoya la linealidad entre las puntuaciones.

Para probar la diferencia entre las puntuaciones discriminantes de los distintos grupos de funcionalidad se realizó un ANOVA para medidas independientes, siendo las puntuaciones discriminantes la variable dependiente, y los grupos de funcionalidad, la variable de agrupación (de tres niveles, ya que se introdujo el grupo de *dependencia modificada* además de los de *dependencia completa e independencia*). El ANOVA mostró diferencias significativas entre las medias grupales ($F=48,96$; $g.l.=2$; $p<0.0001$). El análisis *post-hoc* muestra que la media en el grupo "independencia" es significativamente mayor que en la del grupo "dependencia modificada", y ésta a su vez mayor que la del grupo "dependencia completa" (todas $ps<0.001$; ver figura 5).

Figura 4. Diagrama de dispersión y ajuste lineal entre las variables Puntuaciones Discriminantes (dSCORE, eje x) y Puntuaciones obtenidas en la variable FIM+FAM global con todos los pacientes (N= 48). El código de colores representa las puntuaciones de los sujetos en la escala FIM+FAM, siendo el rojo el extremo inferior, el verde el rango intermedio y el azul el superior

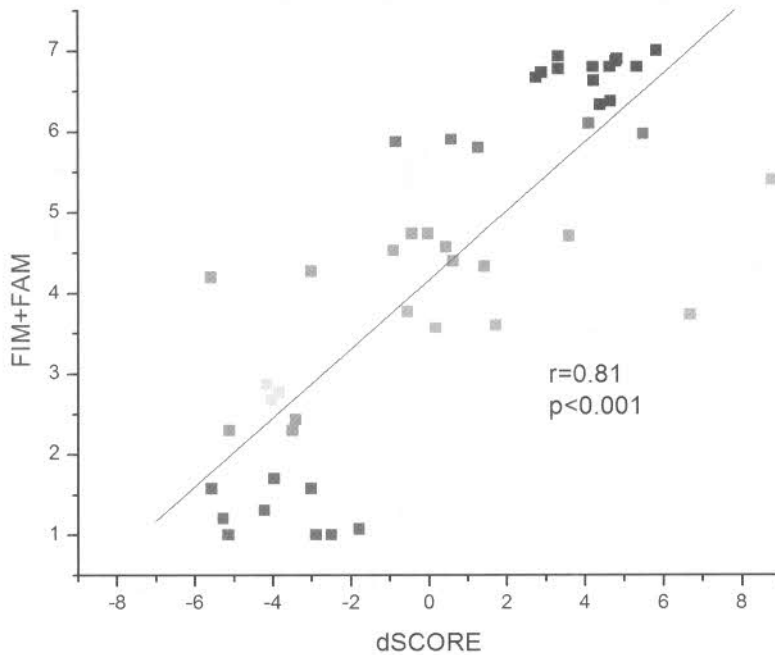
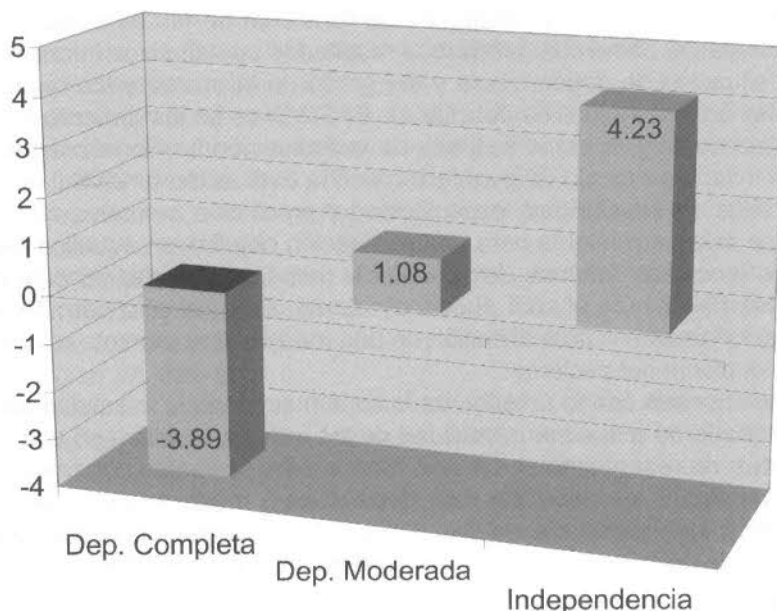


Figura 5. Medias de las puntuaciones discriminantes para los tres grupos de pacientes: Dependencia Completa, Dependencia Moderada e Independencia. La media de las puntuaciones discriminantes del grupo Dependencia Moderada cae entre las medias de los otros dos grupos



Validación externa

Una vez se probó la validez interna de la función, el siguiente paso fue clasificar nuevos casos para asegurar la validez externa. Para ello se usaron el resto de pacientes de la muestra. La tabla 3 muestra la precisión de la clasificación en este nuevo grupo de pacientes, con una precisión de clasificación global del 75%. Hubo una alta correspondencia entre la clasificación funcional a partir de la FIM+FAM y la función discriminante: los pacientes del rango intermedio se clasificaron bien en un 65%, siendo clasificados el 35% restante como el grupo más cercano según su puntuación media en la FIM+FAM. La correlación entre las puntuaciones FIM+FAM y las puntuaciones discriminantes correspondientes fue de $R = 0.826$ ($p < 0.0001$).

Tabla 3. Clasificación del grupo de validación externa

		Grupos FIM+FAM			TOTAL
		Dep. Completa	Dep. Moderada	Independencia	
Grupos en función de su DS	Dep. Completa	5	0	0	5
	Dep. Moderada	1	11	1	13
	Independencia	0	6	8	18
	TOTAL	6	17	9	32

Precisión de la clasificación total = 75%

CONCLUSIONES

Los datos presentados claramente muestran que el *SINDI* es una herramienta capaz de discriminar entre los distintos niveles de dependencia funcional en pacientes con daño cerebral adquirido que están en fase post-aguda y crónica (en estudio la utilidad de *SINDI* en otras fases del daño cerebral). La valoración del grado de dependencia funcional de las personas con daño cerebral debe ser tanto cuantitativa como cualitativa. Los resultados cuantitativos informarán sobre la existencia o no de la situación de dependencia y del grado de la misma y los resultados cualitativos informarán sobre las áreas funcionales deficitarias. El *SINDI* es un instrumento objetivo cuantitativo para usarse conjuntamente y no como sustituto de la evaluación funcional convencional por lo que debe usarse en el mismo protocolo de evaluación con la evaluación funcional cualitativa.

SINDI ofrece datos de sensibilidad, especificidad y predicción cercanos al 100%. Estos datos avalan la utilidad de esta herramienta para una evaluación objetiva en aquellos pacientes que buscan un diagnóstico funcional. Además de su eficacia respecto a la clasificación de los pacientes, *SINDI* ofrece un valor numérico el cual puede escalarse. Esto no sólo permite la calificación del estado funcional, sino también la cuantificación de una medida directamente relacionada con la gravedad del estado funcional del paciente.

Directamente relacionado con lo anterior, es la confirmación de la linealidad de la función discriminante la cual, de acuerdo a la dimensionalidad de los índices, clasifica en una misma dimensión a todos los pacientes, representando el extremo menor a los pacientes con dependencia completa, las puntuaciones medias a los pacientes con dependencia moderada y el extremo mayor a los pacientes con mayor independencia en las AVDs. Las correlaciones con las subescalas de FIM+FAM y los análisis de la regresión con las puntuaciones FIM+FAM total apoyan la validez clínica del instrumento.

La validación cruzada se ha llevado a cabo usando el método "clasificando dejando uno fuera o método U". Este procedimiento clasificó con una precisión de 95%. Finalmente, se seleccionó un grupo de 32 pacientes con DCA con características demográficas y clínicas similares a los pacientes utilizados para la creación de *SINDI*. La clasificación mostró una precisión del 75%, lo cual indica una validación externa más que aceptable. Es importante señalar que el 25% restante fue clasificado de acuerdo a la linealidad inherente de la función discriminante, es decir, aquellos pacientes del grupo "dependencia moderada" con peor puntuación fueron clasificados como "dependientes completos", mientras que los pacientes con mejor puntuación fueron clasificados dentro del grupo de "independientes".

El objetivo de este estudio era obtener un índice objetivo de la funcionalidad en pacientes con DCA en fase post-aguda. Contrario a otros estudios donde la funcionalidad se evalúa en la fase aguda (Thatcher et al., 2005; Finnigan et al., 2004), *SINDI* se centra en la fase post-aguda entendiendo el daño cerebral como un proceso dinámico que conlleva reestructuración, avances y deterioro de las funciones cerebrales. También enfocamos *SINDI* en esta fase, porque es la que está comúnmente asociada a la rehabilitación funcional, ya que a partir de los 6 meses se entiende que las secuelas están ya establecidas y que el proceso de recuperación espontánea ha llegado a su fin (Machuca-Murga & León-Carrión, 2001). Consecuentemente *SINDI* ha sido diseñado para evaluar la dependencia funcional en la fase de rehabilitación funcional, pensando que esta medida es más sensible, ya que refleja el estado funcional actual del paciente con mayor claridad y precisión, y estable, porque los déficits no tratados que persisten más de 6 meses tras el DCA normalmente son considerados como posibles secuelas. Estas asunciones se basan en la teoría del "big bump" del daño cerebral (Thatcher, 2001), la cual hipotetiza que la patología residual o la compensación ocurrida puede detectarse con el QEEG meses e incluso años tras el daño.

REFERENCIAS

- Arruda, J.E., Weiler, M.D., Valentino, D., Willis, W.G., Rossi, J.S., Stern, R.A., Gold, S.M., Costa, L. (1996). A guide for applying principal-components analysis and confirmatory factor analysis to quantitative electroencephalogram data. *International Journal of Psychophysiology*, 23, 63-81.
- Balmaseda, R., Domínguez-Morales, M. R., León-Carrión, J., García-Bernal, I. (2000). Recuperación funcional de pacientes cerebro-vascular después de tratamiento intensivo, *Revista Española de Neuropsicología*, 2-3, 44-61.
- Corsi-Cabrera, M., Solis-Ortiz, S., Guevara, M.A. (1997). Stability of EEG inter- and intrahemispheric correlation in women. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 102, 248-55.
- Doods, T.A., Matrin, D.P., Stolov, W.C., Deyo, R.A. (1993). A validation of the Functional Independence Measurement and its performance among rehabilitation inpatients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74, 531-6.
- Finnigan, S.P., Rose, S.E., Walsh, M., Griffin, M., Janke, A.L., McMahan, K.L., Gillies, R., Strudwick, M.W., Pettigrew, C.M., Semple, J., Brown, J., Brown, P., Chalk, J.B. (2004). Correlation of quantitative EEG in acute ischemic stroke with 30-day NIHSS score: comparison with diffusion and perfusion MRI. *Stroke*, 35, 899-903.
- Hamilton, B.B., Laughlin, J.A., Granger, C.V., Kayton, R.M. (1991). Interrater agreement of the seven-level Functional Independence Measure (FIM). *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72, 790.
- Hughe, J.R. & John, E.R. (1999). Conventional and Quantitative Electroencephalography in Psychiatry. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 11, 190-208.
- John, E.R., Karmel, B.Z., Corning, W.C., Easton, P., Brown, D., Ahn, H., John, M., Harmony, T., Pritchep, L., Toro, A., Gerson, I., Bartlett, F., Thatcher, F., Kaye, H., Valdes, P., Schwartz, E. (1977). Neurometrics. *Science*, 196, 1393-410.
- Kotchoubey, B., Lang, S., Mezger, G., Schmalohr, D., Schneck, M., Semmler, A., Bostanov, V., Birbaumer, N. (2005). Information processing in severe disorders of consciousness: vegetative state and minimally conscious state. *Clinical Neurophysiology*, 116, 2441-53.
- Larrabee, G.J. (2003). Detection of malingering using atypical performance patterns on standard neuropsychological tests. *Clinical Neuropsychology*, 17, 410-25.
- Leon-Carrion, J., Martín-Rodríguez, J.F., Damas-Lopez, J., Barroso y Martín, J.M. Domínguez-Morales, M.R. (2008). A QEEG index of level of functional dependence for people sustaining acquired brain injury: The Seville Independence Index (SINDI). *Brain Injury*, 22, 1, 61-74.
- León-Carrión, J., Martín-Rodríguez, J. F., Damas-López, J., Barroso y Martín, J. M., Domínguez-Morales, M. R. (2008, en prensa). Brain function in the minimally conscious state: a quantitative neurophysiological study. *Clinical Neurophysiology*.
- Linacre, J.M., Heinemann, A.W., Wright, B.D., Granger, C.V., Hamilton, B.B. (1994). The structure and stability of the Functional Independence Measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75, 127-32.
- Lubar, J.F. (1997). Neocortical dynamics: implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 22, 111-26.
- Machuca-Murga, F. & León-Carrión, J. (2001). Recuperación espontánea de las funciones cognitivas después de daño cerebral severo: cuándo están establecidas las secuelas neurocognitivas. *Revista española de neuropsicología*, 3, 58-67
- Mittenberg, W., Patton, C., Canyock, E.M., Condit, D.C. (2002). Base rates of malingering and symptom exaggeration. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*; 24, 1094-102.
- Ruijs, M.B., Gabreels, F.J., Thijssen, H.M. (1994). The utility of electroencephalography and cerebral computed tomography in children with mild and moderately severe closed head injuries. *Neuropediatrics*, 25, 73-77.

- Thatcher, R.W., North, D., Biver, C. (2005). EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power. *Clinical Neurophysiology*, 116, 2129-41.
- Thatcher, R.W., North, D.M., Curtin, R.T., Walker, R.A., Biver, C.J., Gomez, J.F., Salazar, A.M. (2001). An EEG severity index of traumatic brain injury. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 13, 77-87.
- Thornton, K. (2003). The electrophysiological effects of a brain injury on auditory memory functioning. The QEEG correlates of impaired memory. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18, 363-78.
- Thurman, D.J., Alverson, C., Dunn, K.A., Guerrero, J., Sniezek, J.E. (1999). Traumatic brain injury in the United States: A public health perspective. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 14, 602-16.