

# APLICACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DIVIDIDAS DE NEWTON, PARA ESTIMAR EL IMPACTO DE UNA TERAPIA BASADA EN UN PROGRAMA COMPUTACIONAL EN PACIENTES CON ACCIDENTE CEREBRO VASCULAR (EVC)

AS Camacho Esquivel<sup>a</sup>, GM Acoltzi Ruiz<sup>a</sup>, Diana Alicia Gayol Mérida<sup>b,c</sup>, Rigiberto González Piña<sup>d</sup>, Luna Karen<sup>d</sup>, ML Cortés Ibarra<sup>a</sup>, Gabriel Plascencia<sup>e</sup>, David Jaramillo<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Instituto Politécnico Nacional-UPIBI,

[acamachoe1500@alumno.ipn.mx](mailto:acamachoe1500@alumno.ipn.mx), [gacoltzir1500@alumno.ipn.mx](mailto:gacoltzir1500@alumno.ipn.mx), [mcortesi@ipn.mx](mailto:mcortesi@ipn.mx)

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra (INR LGII),

[dgayolmerida@gmail.com](mailto:dgayolmerida@gmail.com)

<sup>c</sup>Instituto Politécnico Nacional- CIITEC,

[djvigu@gmail.com](mailto:djvigu@gmail.com)

<sup>d</sup>Dirección General de Rehabilitación Sistema Nacional para Desarrollo Integral de la Familia (SNDIF),

[rigoberto.gonzalez@dif.gob.mx](mailto:rigoberto.gonzalez@dif.gob.mx), [k\\_montserratls@gmail.com](mailto:k_montserratls@gmail.com)

<sup>e</sup>Universidad Tecnológica de Querétaro,

[gplascencia@gmail.com](mailto:gplascencia@gmail.com)

## RESUMEN

El Accidente Cerebro Vascular (EVC) es un problema de salud que sufren adultos mayores y la segunda causa de muerte mundialmente. Una consecuencia, es disminución en la función cognitiva; siendo necesaria la rehabilitación, se propone el entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo (MT), para ello se desarrolló un software de terapia. El objetivo es estimar el impacto del software de terapia aplicando un polinomio de interpolación, para obtener correlaciones entre latencia, amplitud, edad y tiempo de evolución (TDE) del EVC, para estimar la latencia y amplitud en los electrodos Cz y Pz, después de recibir la terapia usando el software.

**Palabras Clave:** evento cerebro vascular, terapia comunicacional, potenciales evocados, modelos matemáticos

## ABSTRACT

Stroke is a health problem suffered by older adults, and the second cause of death worldwide. One consequence is a decrease in cognitive function; rehabilitation is necessary, cognitive training of working memory (MT) is proposed, for which a therapy software was developed. The purpose of this study is estimate the which to f a software therapy applying an polynomial interpolation, in order to obtain correlations between latency, amplitude, age and evolution time (TOE) of the stroke, the latency and amplitude will be estimate using the correlations.

**Key words: cerebrovascular disease, communicational therapy, evoked potentials, mathematical models**

## 1. INTRODUCCIÓN

Se decidió aplicar un modelo matemático de las diferencias divididas de Newton con la finalidad de estimar que impacto tiene una terapia innovadora para ayudar a rehabilitar funciones cognitivas en pacientes que sufrieron EVC.

## 2. TEORÍA

El accidente cerebro vascular (EVC) es el principal problema neurológico que sufren adultos mayores y de acuerdo con la OMS es la segunda causa de muerte mundialmente (1).

La consecuencia principal de sufrir un EVC, es la disminución en la función cognitiva en el 70% de los casos (2), siendo necesaria la rehabilitación, a través de entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo (MT) (3-6). La MT es una función cognitiva de capacidad limitada que permite a los individuos almacenar y manipular activamente información por un breve periodo (7). Con el entrenamiento de ésta, se pretende el aumento en la independencia de las actividades diarias, funcionalidad, aumento en la retención y atención, manipulación de información para la toma de decisiones y mejorar la calidad de vida del paciente y su familia (5,6). La respuesta a los entrenamientos de la MT, se mide a través de test psicológicos, sin embargo los resultados pueden ser subjetivos y no cuantificables, por lo que además de estos se utilizan los potenciales evocados, en este caso, son usados para medir la actividad cerebral y así cuantificar el impacto de la terapia en el individuo. Por esta razón se proponen analizar y estimar cuantitativamente, a través de un modelo matemático, el impacto que tiene una terapia de estimulación de la MT basada en un software, con lo que dicha terapia se podrá mejorar y personalizar de acuerdo con la estimación de la evolución del paciente. En el Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra (INR LGII), se desarrolló un programa de estimulación de la MT, que incluye un software, estudios, seguimiento clínico y psicológico. Dentro de estos estudios, los potenciales evocados. El potencial evocado (PE) denominado P300 está relacionado con la función cognitiva del cerebro; sus variables son la latencia, que corresponde al tiempo de procesamiento de la información y la amplitud, que corresponde al nivel de atención, estas variables se ven afectadas cuando la función cognitiva se ve afectada, sin embargo, se ha notado un aumento en la latencia y disminución en la amplitud del P300 al estimular la MT.

Se desarrollaron correlaciones para estimar la latencia y la amplitud del P300, para predecir si el uso del software ayuda a la recuperación cognitiva. Con el software el usuario puede realizar un entrenamiento para rehabilitar la MT y subir el nivel de dificultad de acuerdo con las indicaciones del terapeuta.

## 3. PARTE EXPERIMENTAL

Se tomó una muestra de ocho pacientes con EVC de etiología isquémica, (50 - 70 años) y tiempo de evolución (TDE) mayor a tres meses, cuatro recibieron terapia tradicional (control)

y cuatro, terapia con software (grupo experimental). Todos los pacientes firmaron consentimiento informado, de acuerdo con los lineamientos éticos de investigación en seres humanos del INR LGII. A los pacientes se les aplicaron pruebas neuropsicológicas antes y después de la terapia, con la finalidad de valorar la estimulación de la MT. Tablas 1.1-2.4

Tabla 1.1 Características del grupo control

No. Paciente	Sexo	Edad (años)	Tiempo de evolución de EVC (meses)	Escala Barthel	Escolaridad (años)
1	F	67	10	100	19
2	F	47	31	85	9
3	M	66	19	100	12
4	F	54	9	55	18
Promedio		58.50	17.25	85.00	13.75
$\Sigma$		9.68	10.21	38.39	4.03
Rango		47-67	9-31	55-100	9-19

Tabla 1.2 Características del grupo experimental

No. Paciente	Sexo	Edad (años)	Tiempo de evolución de EVC (meses)	Escala Barthel	Escolaridad (años)
1	M	55	44	100	8
2	F	64	8	95	9
3	M	67	26	100	16
4	M	63	9	75	9
Promedio		62.26	21.75	92.5	10.50
$\Sigma$		5.12	16.97	11.90	3.70
Rango		55-67	8-44	75-100	8-16

Tabla 2.1 Resultados de las pruebas neuropsicológicas del grupo control antes de la terapia

No. Paciente	Addenbroke	IMT	Trail Making Test A	Trail Making Tests B	Figura Compleja del Rey	Cubos Corsi
1	57	89	59	80	31	13
2	87	85	65	118	32	15
3	69	93	60	192	20	14
4	91	102	128	125	24	18
Promedio	76.00	92.25	78.00	128.75	26.75	15.00
$\Sigma$	15.87	7.27	33.43	46.57	5.73	2.16
Rango	57-91	85-102	59-128	80-192	20-32	13-18

Tabla 2.2 Resultados de las pruebas neuropsicológicas del grupo control después de la terapia

No. Paciente	Addenbroke	IMT/WAIS	Trail Making Test A	Trail Making Tests B	Figura Compleja del Rey	Cubos Corsi
1	77	115	55	90	35	13
2	92	93	60	134	29	12
3	85	95	71	50	11	15
4	94	102	11.5	173	12	16
Promedio	87.00	101.25	74.50	111.75	30.00	14.00
$\Sigma$	7.70	9.94	25.88	53.33	3.74	1.83
Rango	77-94	93-115	11-71	50-134	11-35	12-16

Tabla 2.3 Resultados de las pruebas neuropsicológicas del grupo experimental antes de la terapia con el software

No. Paciente	Addenbroke	IMT	Trail Making Test A	Trail Making Tests B	Figura Compleja del Rey	Cubos Corsi
1	72	88	55	90	17	14
2	83	89	60	134	20	9
3	84	85	71	50	30	8
4	76	107	112	173	32	16
Promedio	78.75	92.25	74.5	111.75	24.75	11.75
$\sigma$	5.73	9.98	25.88	53.33	7.36	3.86
Rango	72-84	85-107	55-112	50-134	17-32	8-16

Tabla 2.4 Resultados de las pruebas neuropsicológicas del grupo experimental después de la terapia con el software

No. Paciente	Addenbroke	IMT/WAIS	Trail Making Test A	Trail Making Tests B	Figura Compleja del Rey	Cubos Corsi
1	77	88	98	227	29	19
2	96	107	102	264	33	13
3	78	107	67	115	25	14
4	89	102	106	106	33	10
Promedio	85	101	93.25	178.00	30	14.00
$\sigma$	9.13	8.98	17.80	79.47	3.82	3.74
Rango	77-96	88-107	67-106	106-264	25-33	10-19

En relación con las terapias recibidas, en ambos grupos, se observa un aumento en las valoraciones de las pruebas neuropsicológicas después de las terapias, por lo que se observa que cualitativamente la terapia con el software mejora la capacidad cognitiva, a través de la evaluación de la MT.

Para adquirir el parámetro cuantitativo se obtiene el PE P300 a través de un electroencefalograma del cual se capturan biopotenciales recogidos en los canales Cz y Pz, en la Figura 1.1 y 1.2

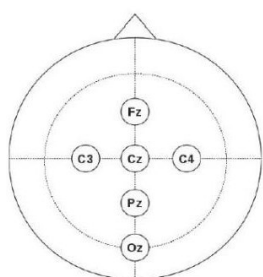


Figura 1.1 Posiciones de electrodos para el registro de biopotenciales de acuerdo con el sistema internacional 10-20, obtenidas a través del electroencefalograma

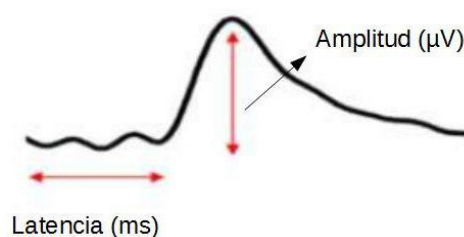


Figura 1.2 Parámetros obtenidos del biopotencial recogido por un electrodo

En las Tablas 3.1 y 3.2, se muestran los biopotenciales recogidos por los electrodos Cz y Pz, en el grupo control antes y después de la terapia recibida.

Tabla 3.1 Amplitud y Latencia obtenidas de los electrodos Cz y Pz, del grupo control antes de la terapia recibida

Electrodo Cz			Electrodo Pz	
No. Paciente	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)
1	-3.553	129.00	-3.006	130.00
2	-9.925	281.00	-1.006	280.00
3	-1.246	175.00	-1.525	173.00
4	-1.803	164.00	-1.754	176.00
Promedio	-4.131	187.25	-1.822	189.750
$\sigma$	-3.985	65.505	0.849	63.730
Rango	-1.803 a -9.925	129.00 – 281.00	-1.006 a -3.006	130.00 a 280.00

Tabla 3.2 Amplitud y Latencia obtenidas de los electrodos Cz y Pz, del grupo control después de la terapia recibida

Electrodo Cz			Electrodo Pz	
No. Paciente	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)
1	-6.546	131.00	-4.599	131.00
2	-2.237	145.00	-0.413	189.00
3	-1.041	172.00	-0.861	172.00
4	-2.633	160.00	-2.958	161.00
Promedio	-3.114	152.00	-2.208	163.250
$\sigma$	2.386	17.833	1.942	24.390
Rango	-1.041 a -6.546	131.00 – 172.00	-0.413 a -4.599	131.00 – 189.00

En las Tablas 3.3 y 3.4, se muestran las bioseñales recogidos por los electrodos Cz y Pz, en el grupo experimental antes y después de la terapia recibida.

Tabla 3.3 Amplitud y Latencia obtenidas de los electrodos Cz y Pz, del grupo experimental antes de la terapia recibida

Electrodo Cz			Electrodo Pz	
No. Paciente	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)
1	-3.772	292.00	-3.951	291.00
2	-3.855	191.00	-3.777	190.00
3	-2.413	217.00	-2.223	217.00
4	-6.930	163.00	-6.748	163.00
Promedio	-4.125	215.750	-4.175	215.25
$\sigma$	1.955	55.400	1.883	55.102
Rango	-2.413 a -6.930	163.00 – 292.00	-2.223 a -6.748	163.00 – 217.00

Tabla 3.4 Amplitud y Latencia obtenidas de los electrodos Cz y Pz, del grupo experimental después de la terapia recibida

Electrodo Cz			Electrodo Pz	
No. Paciente	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)	Amplitud ( $\mu\text{V}$ )	Latencia (ms)
1	-2.872	297.00	-3.680	296.00
2	-2.163	190.00	-2.151	172.00
3	-2.858	147.00	-2.599	147.00
4	-1.980	158.00	-1.043	157.00
Promedio	-2.147	198.00	-2.368	193.00
$\sigma$	0.464	68.470	1.092	69.431
Rango	-1.980 a -2.872	147.00 – 297.00	-1.043 a -3.680	147.00 a 296.00

Entre ambos grupos y posiblemente derivado del reducido número de muestra, no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos después de haber recibido las terapias, para la Latencia Cz ( $p=0.1795$ ); Amplitud Cz ( $p=0.3051$ ); Latencia Pz ( $p=0.2708$ ) y Amplitud Pz ( $p=0.4372$ ). Se observa en ambos grupos una disminución en la latencia, lo cual es deseable después de haber recibido una terapia de rehabilitación cognitiva.

Se aplicó polinomio de interpolación de Newton, siguiendo la metodología propuesta por Gayol-Mérida y Plascencia, con la finalidad de obtener las siguientes correlaciones, con la finalidad de estimar la latencia y amplitud de Cz y Pz, después de recibir la terapia usando el software:

1. Correlación de la edad del paciente y la latencia en Cz.
2. Correlación del tiempo de evolución de la EVC y latencia en Cz
3. Correlación de la edad del paciente y la amplitud en Cz.
4. Correlación del tiempo de evolución de la EVC y la amplitud en Cz.
5. Correlación de la edad del paciente y la latencia en Pz.
6. Correlación del tiempo de evolución de la EVC y latencia en Pz.
7. Correlación de la edad del paciente y la amplitud en Pz.
8. Correlación del tiempo de evolución de la EVC y la amplitud en Pz.

En la Tablas 4.1 se muestran los polinomios.

Tabla 4.1 Polinomio de interpolación de Newton.

Casos	Polinomio
<b>Caso 1</b>	$\text{latCz} = -1.422\text{edad}^3 + 264.2883\text{edad}^2 - 16330.695x + 335598.345$
<b>Caso 2</b>	$\text{latCz} = -1093.063\text{tev}^3 + 1.1586729\text{tev}^2 - 31.596196\text{tev} + 374.364486$
<b>Caso 3</b>	$\text{ACz} = 0.0016759\text{edad}^3 - 0.3376244\text{edad}^2 + 22.2651617\text{edad} - 493.647791$
<b>Caso 4</b>	$\text{ACz} = 5.15225x^{10} - 8\text{tev}^3 + 0.00103221\text{tev}^2 - 0.07458203\text{tev} - 1.6355606$
<b>Caso 5</b>	$\text{latPz} = -0.78588\text{edad}^3 + 146.62738\text{edad}^2 - 9099.88714\text{edad} + 187992.742$
<b>Caso 6</b>	$\text{latPz} = -0.00408227\text{tev}^3 + 0.58654207\text{tev}^2 - 17.464957\text{tev} + 276.520012$
<b>Caso 7</b>	$\text{APz} = 0.033284\text{edad}^3 - 6.217426\text{edad}^2 + 385.86854\text{edad} - 7956.36155$
<b>Caso 8</b>	$\text{APz} = 0.00050373\text{tev}^3 - 0.04901088\text{tev}^2 + 0.86540172\text{tev} - 6.76524624$

Se tomaron los datos de edad y tiempo de evolución de ambos grupos (experimental y control), para estimar las latencias y las amplitudes.

Tabla 5.1 Resultados de la correlación latencia en Cz – edad del Paciente

no. de paciente	Edad (años) grupo experimental	Latencia (ms) registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Cz estimada	Edad (años) grupo control	Latencia (ms) en Cz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Cz estimada
Promedio	62.26	198.00	197.99	58.50	152.00	170.02
$\Sigma$	5.12	68.470	6.47	9.68	17.833	32.55
Rango	55 - 67	147- 297	147-297	47 - 67	131.00 – 172.00	147-193.03

Tabla 5.2 Resultados de la correlación latencia en Pz – edad del paciente

no. de paciente	Edad (años) grupo experimental	Latencia (ms) en Pz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Pz estimada	Edad (años) grupo control	Latencia (ms) en Pz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Pz estimada
Promedio	62.26	251.25	192.99	58.50	163.25	159.35
$\Sigma$	5.12	55.10	69.43	9.68	24.39	17.47
Rango	55 - 67	163.00 – 217.00	156.99 -296	47 - 67	131.00 – 189.00	146.9 -171.71

Tabla 5.3 Resultados de la correlación latencia en Cz- tiempo de evolución de EVC

no. de paciente	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo experimental	Latencia (ms) en Cz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Cz estimada	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo control	Latencia (ms) en Cz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Cz estimada
Promedio	21.75	198.00	197.25	17.25	152.00	143.81
$\sigma$	16.97	68.470	69.23	10.21	17.833	69.34
Rango	8-44	147- 297	144-297	9-31	131.00 – 172.00	59.87-227.40

Tabla 5.4 Resultados de la correlación latencia en Pz- tiempo de evolución de EVC

no. de paciente	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo experimental	Latencia (ms) en Pz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Pz estimada	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo control	Latencia (ms) en Pz registrada experimentalmente	Latencia (ms) en Pz estimada
Promedio	21.75	193.00	193.69	17.25	163.25	150.38
$\sigma$	16.97	69.43	69.43	10.21	24.39	33.86
Rango	8-44	147.00- 296.00	147.00 – 296.00	9-31	131-189	144-193.66

Tabla 5.5 Resultados de la correlación amplitud en Cz- edad del paciente

no. de paciente	Edad (años) grupo experimental	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz estimada	Edad (años) grupo control	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz registrada experimentalmente	Latencia ( $\mu$ V) en Cz estimada
Promedio	62.26	-2.468	-2.468	58.50	-3.114	-2.730
$\sigma$	5.12	0.464	0.464	9.68	2.386	0.169
Rango	55 - 67	-1.980 a -2.872	-1.980 a -2.872	47 - 67	-1.041 a -6.54	-2.611 a -2.850

Tabla 5.6 Resultados de la correlación amplitud en Pz- edad del paciente

no. de paciente	Edad (años) grupo experimental	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz estimada	Edad (años) grupo control	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz estimada
Promedio	62.26	-2.358	-2.368	58.50	-2.208	-2.864
$\sigma$	5.12	1.092	1.092	9.68	1.942	0.374
Rango	55 - 67	-1.044 a -3.680	-3.68 a -1.043	47 - 67	-0.414 a -4.599	-2.599 a -3.129

Tabla 5.7 Resultados de la correlación amplitud en Cz- tiempo de evolución de EVC

no. de paciente	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo experimental	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz estimada	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo control	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Cz estimada
Promedio	21.75	-2.147	-2.468	17.25	-3.114	-2.266
$\sigma$	16.97	0.464	0.464	10.21	2.386	0.931
Rango	8-44	-1.980 a -2.872	-1.980 a -2.872	9-31	-1.041 a -6.546	-1.732 a -3.657

Tabla 5.8 Resultados de la correlación amplitud en Pz- tiempo de evolución de EVC

no. de paciente	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo experimental	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz estimada	Tiempo de evolución EVC (meses) grupo control	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz registrada experimentalmente	Amplitud ( $\mu$ V) en Pz estimada
Promedio	21.75	-2.358		17.25	-2.208	-1.387
$\sigma$	16.97	1.092		10.21	1.942	2.988
Rango	8-44	-1.043 a -3.680		9-31	-0.414 a -4.599	
						-0.128 – 1.26

Donde *lat* corresponde a la latencia en el electrodo; edad es la edad del paciente, ya que la edad para el EVC es un factor de riesgo y la latencia va retardándose conforme se envejece; *tev* es el tiempo de evolución en meses del paciente, posterior a la EVC, cabe recordar que una terapia tiene un mayor efecto, cuando el tiempo de evolución es corto, es decir cuando la EVC se encuentra en sus fases agudas; *A* corresponde a la amplitud de la bioseñal en electrodo. Se tomaron los datos de edad y tiempo de evolución de ambos grupos (experimental y control), para estimar las latencias y las amplitudes.

Para la correlación latencia Cz edad del paciente, se encontró que para el caso del grupo control, se pudo estimar los resultados en los pacientes 1 y 3, ya que el 2 y 4, se salen del rango; en los pacientes 1 y 3 se encontró que la latencia aumentaba. Este comportamiento también fue observado para la correlación latencia Pz- edad del paciente. Tablas 5.1 y 5.2 En el caso de la correlación amplitud Cz-edad del paciente, solamente se pudieron estimar los pacientes 1 y 3 del grupo control, ya que el 2 y 4 del grupo control se encontraban fuera de rango, la amplitud estimada para estos pacientes fue menor a la registrada experimentalmente, lo cual sería lo esperado, ya que en el grupo experimental se registró una disminución de la amplitud después de la terapia recibida. Se encontraron resultados similares en la correlación amplitud Pz-edad del paciente. En cuanto las correlaciones amplitud tiempo de evolución de la EVC, se pudieron estimar los cuatro pacientes del grupo control, para la amplitud Cz estimada se encontró una disminución de la amplitud estimada, lo mismo sucedió en el caso de la amplitud Pz estimada.

#### 4. CONCLUSIONES

Se encontró que las variables más recomendables para estimar el impacto que tiene la terapia propuesta, son latencia y tiempo de evolución. Estos resultados pueden ayudar al equipo de investigación desarrollador de la nueva terapia, basada en el software, a estimar el impacto que tendrá en un paciente, sin embargo, hace falta aumentar la muestra y estudiar e incorporar variables fisiológicas y neurológicas, ya que estas se ven alteradas de forma significativa después de una EVC y otras variables como el sexo y el tiempo escolarización, ya que son variables que influyen en la respuesta cognitiva.

#### 5. REFERENCIAS

- [1]. WHO. No Title [Internet]. Transtornos Neurológicos. 2016 [cited 2018 Nov 16]. Available from: <http://www.who.int/features/qa/55/es/>



- [2]. Strein J, Harvey R, Macko R, Winstein C, Zerowitz R. Stroke recovery and rehabilitation. 2nd Editio. New York: Demos Medical; 2014.
- [3]. Jaeggi S, Buschkuhl M, Jonidas J, Perrig W. Improving fluid intelligence with training on working memory. In: Proceeding of the National Academy of Science of USA. 2008.
- [4]. Jaeggi S, Buschkuhl M, Jonidas J, Shah P. Short-term and long-term benefits of cognitive training. In: Proceeding of the National Academy of Science of USA. 2011.
- [5]. Olesen P, Westerberg H, Klingberg T. Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nat Neurosci.* 2004;7:75–9.
- [6]. Colom R, Martínez-Molina A, Chun Shih P, Santacreu J. Intelligence, working memory, and multitasking performance of working memory. *Intelligence.* 2010;38:543–51.
- [7]. Saliasi E, Geerligs L, Lorist MM, Maurits NM. The Relationship between P3 Amplitude and Working Memory Performance Differs in Young and Older Adults. *PLoS One.* 2013;8(5)