

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/304453719>

# La curva de aprendizaje en neurofeedback por Peter Van Deusen: Un artículo de revisión.

Article in *Dementia e Neuropsychologia* · June 2016

DOI: 10.1590/S1980-5764-2016DN1002005

CITATIONS

2

READS

176

3 authors:



[Valdenilson Ribas](#)

Federal University of Pernambuco

27 PUBLICATIONS 98 CITATIONS

SEE PROFILE



[Renata de Melo Guerra Ribas](#)

4 PUBLICATIONS 28 CITATIONS

SEE PROFILE



[Hugo André de Lima Martins](#)

Federal University of Pernambuco

22 PUBLICATIONS 84 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Neurofeedback in the process of research and treatment of depression, anxiety disorder, attention deficit and migraine [View project](#)

# La curva de aprendizaje en neurofeedback de Peter Van Deusen

## Un artículo de revisión

Valdenilson Ribeiro Ribas<sup>1</sup>, Renata de Melo Guerra Ribas<sup>2</sup>, Hugo André de Lima Martins<sup>3</sup>

**ABSTRACT.** The Learning Curve (TLC) in neurofeedback concept emerged after Peter Van Deusen compiled the results of articles on the expected electrical activity of the brain. This concept was subsequently tested on patients at four clinics in Atlanta between 1994 and 2001. The aim of this paper was to report the historical aspects of TLC. Articles published on the electronic databases MEDLINE/PubMed and Web of Science were reviewed. During patient evaluation, TLC investigates categories called disconnected, hottemporal lobes, reversal of alpha and beta waves, blocking, locking, and filtering or processing. This enables neuroscientists to use their training designs and, by means of behavioral psychology, to work on neuroregulation, as self-regulation for patients. TLC shows the relationships between electrical, mental and behavioral activity in patients. It also identifies details of patterns that can assist physicians in their choice of treatment. Key words: brain-learning, learning curve, neurofeedback.

**LA CURVA DEL APRENDIZAJE DE PETER VAN DEUSEN EN NEUROFEEDBACK: ARTÍCULO DE REVISIÓN.**

**RESUMEN.** La TLC en neurofeedback surgió tras una reunión de periódicos organizada por Peter Van Deusen sobre las actividades eléctricas cerebrales esperadas y luego probadas en varios pacientes en cuatro consultorios en Atlanta de 1994 a 2001. El objetivo de este artículo es relatar el aspecto histórico de la TLC. Se realizó una revisión en la base electrónica MEDLINE / PubMed y Web of Science. TLC investiga las categorías denominadas desconectadas, temporales calientes, inversiones de alfa y beta, bloqueando, bloqueando, filtrando y procesando y, a continuación, posibilita, en sus diseños de entrenamiento, que el neurocientífico trabaje, por medio de la psicología comportamentalista, la autoneuroregulación del paciente. La TLC muestra las relaciones entre las actividades eléctricas, mentales y de comportamiento en los pacientes y también proporciona una identificación detallada de los patrones que pueden ayudar a los médicos en la elección de los tratamientos.

Palabras clave: aprendizaje cerebral, curva de aprendizaje, neurofeedback

## INTRODUCTION

**Electroencefalografía (EEG): Unabreve historia**

Electricidad fue descrita por primera vez por Tales de Mileto (624-546 BC)<sup>1</sup> cuando él observó esa Piedra imán (magnetita), un imán natural, y el ámbar (después de frotar con el pelo) atrajeron otros objetos. Más tarde, William Gilbert (1544-1603)<sup>2</sup> publicó un estudio que mostraba que la Tierra era magnética y que esa era la razón por la que las brújulas apuntaban al Norte; Otto von Guericke (1602-1686)<sup>3</sup> inventó una máquina electrostática que consiste en una esfera de azufre; Pieter van

Musschenbroek (1692-1761)<sup>4</sup> se hizo famoso en el campo por crear el tarro de Leyden, un dispositivo para almacenar carga eléctrica. Varios eruditos ampliaron nuestra comprensión de las propiedades eléctricas de los organismos vivos, entre ellos Luigi Galvani (1737-1798), 5 Alessandro Volta (1745-1827), 6 Georg Ohm (1789-1854) 7 y Michael Faraday (1791-1867). En alrededor de 1780, por ejemplo, Galvani diseccionó una rana y la dejó en un banco de laboratorio. Sin embargo, la rana se contrajo cuando uno de sus ayudantes tocó su nervio crural con un bisturí.

This study was conducted on the postgraduate degree in Neuropsychiatry and Behavioral Sciences, Federal University of Pernambuco (UFPE).

<sup>1</sup>Graduated in Psychology, Expert in Mental Health, Masters and Doctorate in Neuropsychiatry, UFPE; <sup>2</sup>Graduated in Nutrition, Expert in Phytotherapy; <sup>3</sup>Graduated in Medicine, Expert in Neurology and Psychiatry, Masters and Doctorate in Neuropsychiatry, UFPE.

**Valdenilson Ribeiro Ribas.** Av. Armindo Moura, 581/Quadra D/Bloco 2/Apt. 201 – 51130-180 Recife PE – Brasil. E-mail: ribaspsy@ufpe.br

Disclosure: The authors report no conflicts of interest.

Received February 02, 2016. Accepted in final form May 06, 2016.

En este momento, Galvani comenzó a establecer una relación entre la actividad eléctrica y los impulsos nerviosos. 10,11

Un contemporáneo de Galvani, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827), 12 se intrigó con las ideas de Galvani; sin embargo, tal vez porque se había graduado en física, creía que los organismos vivos no podían producir electricidad.<sup>13</sup> Posteriormente, en Florencia, Leopoldo Nobili (1784-1835) 14 inventó el galvanómetro de aguja. Este galvanómetro fue refinado en 1858 por William Thomson (1824-1907), 15 Carlo Matteucci (1811-1868) 16 y, en particular, el investigador alemán, fisiólogo Emil du Bois-Reymond (1818-1896) 17, que demostró el potencial de acción del nervio. 1875, Richard Caton (1842-1926) 19 describió la actividad cerebral eléctrica de conejos y monos, utilizando un galvanómetro de un solo canal. Este experimento marcó el nacimiento de la electrofisiología. 11,20.

La dificultad en ese momento era encontrar equipos sofisticados que pudieran capturar la actividad eléctrica de baja intensidad del cerebro (microvoltios). En este escenario, otro investigador llamado Willem Einthoven (1860-1927) 21 se destacó al mejorar los galvanómetros y permitir su uso en cardiología y neurología, por lo que recibió el Premio Nobel de medicina en 1912. 11,21.

Más tarde, un investigador llamado Vladimir Pravdich-Neminnsky (1879-1952) 11,22 capturó la actividad eléctrica de los nervios de un perro usando un galvanómetro Einthoven, registrando la imagen en papel fotográfico adherido a un tambor giratorio. Los resultados, ondas que se muestran como trazas a lo largo del tiempo, se publicaron en 1913 y se reconocieron como el primer electroencefalograma (EEG) impreso.<sup>22</sup> En esta época, Hans Berger (1873-1941) 23 fue el primer científico en registrar el cerebro humano eléctrico. Actividad utilizando el galvanómetro Einthoven. Fue Berger quien describió los ritmos alfa y beta y propuso el modelo de EEG de 3 cm por segundo que todavía se usa.<sup>24</sup> Edgar Douglas Adrian (1889-1977) 25 reprodujo y publicó varios estudios basados en los hallazgos de Berger.<sup>26</sup> En 1935, en Herbert Henri Jasper (1906-1999), de los Estados Unidos<sup>27</sup>, con equipos más modernos y sensibles que los dispositivos de Berger, publicó muchos estudios sobre animales y seres

humanos. 11,27

Electroencefalografía desarrollada más adelante con los estudios sobre epilepsia realizados por la pareja de Gibbs, Frederic Andrews Gibbs (1903-1992) y Erna L. Gibbs (1925-1987), 28 que también describieron el complejo pico-ola. 11,29. Los primeros dispositivos multicanal fueron creados por Albert Melvin Grass (1910-1992) 30 en 1939. Posteriormente, Nathaniel Kleitman (1895-1999), 31 William Charles Dement (1928), 32 Giuseppe Moruzzi (1910-1986) 33 y Horace Winchell Magoun (1907-1991) 34 contribuyó mucho a la electroencefalografía con sus Descubrimientos y descripciones de las etapas del sueño y los complejos K. 11,35.

Después del descubrimiento del EEG cualitativo por Berger, el físico Dietsch (1932) del Instituto de Física y Tecnología de Jena, Alemania, aplicó el análisis de Fourier a siete registros de EEG y se convirtió en el primer investigador en EEG cuantitativo (QEEG).<sup>36</sup> Este logro, junto con el avance de la computación y el EEG digital, permitió el descubrimiento de Biofeedback/ Neurofeedback.<sup>37</sup>

### EEG-BIOFEEDBACK / NEUROFEEDBACK: UNA APLICACIÓN PRÁCTICA.

Al mismo tiempo que el desarrollo del EEG digital para fines de evaluación, un grupo separado de investigadores comenzó a demostrar la capacidad del cerebro para cambiar sus propios patrones de activación cuando se les da retroalimentación. En 1968, el Dr. Joe Kamiya publicó un artículo sobre sus experiencias con las ondas cerebrales alfa en *Psychology Today*.<sup>38</sup> A pesar de las críticas de Martin Orne y otros, Kamiya y James Hardt en el Instituto Psiquiátrico Langley Porter de la Universidad de California publicaron un original Artículo que demuestra la efectividad del entrenamiento por neurofeedback.

Aunque la Transformada Rápida de Fourier (FFT) se usó para descomponer y digitalizar las formas de onda analógicas de la señal de EEG tradicional, el proceso consumió mucho tiempo hasta la llegada de la computadora digital en la década de 1970.<sup>37</sup> Cada vez más, a medida que la computación crecía velocidad y potencia se volvía más accesible en tamaño y costo durante las décadas siguientes, el EEG cuantitativo digital ha pasado de los grandes laboratorios universitarios<sup>37,40</sup> literalmente a las oficinas de

profesionales individuales.<sup>37,41</sup> Debido a su alta confiabilidad de prueba / reexamen y resolución temporal, ha formado la base para gran parte de la investigación que, durante la década de 1990, proporcionó una vista detallada del cerebro vivo que infunde el cerebro "geográfico" de Brodmann y otros.<sup>36,37</sup>

En la década de 1980, investigadores como E. Roy John<sup>42,43</sup> y Robert Thatcher<sup>44,45</sup> comenzaron a agregar EEG procesados en las llamadas "bases de datos normativas".<sup>44,46,47</sup> Estas se convirtieron rápidamente en una parte integral del QEEG utilizado por los investigadores del cerebro permitiéndoles comparar los patrones de EEG de los subgrupos de la población (por ejemplo, ansiosos, compulsivos, inatentos, etc.) con la población en general e identificar las variables diferenciadoras.<sup>46</sup>

## **HISTORIA DE LA EVALUACIÓN DEL TLC (QEEG DE LOS ENTRENADORES)**

En 1991, Peter Van Deusen formó una relación de tutoría con Joel F. Lubar, profesor de la Universidad de Tennessee, uno de los pioneros e investigadores más prolíficos en el campo.<sup>48</sup> Después de entrenar su propio cerebro y experimentar cambios significativos, tuvo la oportunidad de comenzar a trabajar bajo la supervisión de dos psicólogos, un conductista y un terapeuta familiar, y Un psiquiatra / psicofarmacólogo. La integración de estos tres puntos de vista aparentemente dispares durante casi un año llevó a una visión del proceso que informaría y sustentaría el sistema que desarrolló para el entrenamiento cerebral.

Luego de esa experiencia, Van Deusen continuó con el proyecto de aplicar la tecnología de entrenamiento cerebral, no desde un punto de vista patológico, sino como un medio para producir cambios duraderos en los patrones y sistemas que presentó en su práctica sobre Programas de Desarrollo de Atención (ADP).<sup>50</sup>

Argumentó que los diagnósticos de salud mental, que proliferaban a un ritmo vertiginoso durante la década de los 90, eran en gran medida solo descripciones de los síntomas, por lo que su enfoque se centró en la identificación de problemas de comportamiento dirigidos al cambio sin etiquetarlos. En cursos con varios colegas que abrieron nuevos caminos en el campo del entrenamiento cerebral durante este período, reconoció múltiples descriptores de la función cerebral, incluidos patrones y relaciones de frecuencias, sincronía, simetría y variabilidad que podrían identificar las divergencias macro de los patrones cerebrales máximos que más le interesaban.<sup>49</sup>

y trabajó con más de 500 pacientes con una amplia gama de problemas de capacitación. Van Deusen realizó todas las evaluaciones y planes de capacitación, capacitó personalmente a casi 200 pacientes en un centro y supervisó a los capacitadores en los demás.<sup>49</sup> Durante este período, implementó múltiples enfoques de capacitación a medida que la tecnología avanzaba. En 2001, Van Deusen abandonó su práctica y comenzó a viajar la mitad o más de cada año para impartir cursos sobre evaluación y capacitación a profesionales en 32 estados de EE. UU., Canadá, Australia, Corea, Brasil y seis países europeos.<sup>48</sup> Durante este período, comenzó reuniendo material de varios estudios publicados que identifican patrones en el EEG y formalizándolos en un proceso de evaluación basado en el cerebro, que presentó en varias conferencias nacionales. Esta evaluación de TLC<sup>51</sup> comenzó a ser utilizada por profesionales de todo el mundo.

## **CATEGORIAS DE ENTRENAMIENTO TLC.**

La curva de aprendizaje (TLC) en neurofeedback es una técnica de entrenamiento cerebral basada en un protocolo de investigación desarrollado por Peter M. Van Deusen, <sup>49,51</sup> luego de la compilación de resultados de artículos sobre los patrones esperados de actividad eléctrica cerebral en humanos. Según Serman et al. (1996), <sup>52</sup> cambios en patrones que involucran el predominio de las ondas esperadas y la sincronización entre los dos hemisferios cerebrales pueden representar diferentes estados cognitivos y conductuales, incluidos signos y síntomas de déficit de atención, depresión, ansiedad y miedo, entre otros.<sup>49,53</sup>

El protocolo de TLC<sup>49,51</sup> se creó a partir de la lectura, interpretación y reproducción de los resultados de varios autores.<sup>54-58</sup> Van Deusen combinó seis categorías, clasificadas por los autores citados anteriormente, <sup>54-58</sup> en el protocolo que deben utilizar todos Entrenadores que emplean el método TLC. Estos son: 1) desconectados; 2) lóbulos temporales calientes; 3) reversiones;

4) bloqueo; 5) coherencias; 6) filtrado o procesamiento. Desconectado es una categoría que surgió de la lectura

En varios estudios de Martin Teicher et al.<sup>54-60</sup>, Teicher investigó los efectos del abuso físico y psicológico en la infancia y demostró anomalías neurológicas morfológicas, funcionales y de comportamiento en los lóbulos frontal y temporal. Estos cambios posiblemente se deriven de los efectos causados por el escenario promotor de enojo, vergüenza y desesperación de la víctima.

De 1993 a 2001, ADP operó 3-4 sitios de práctica en Atlanta

Por lo tanto, Van Deusen comenzó a observar a los pacientes que trató en Atlanta y encontró, durante el tratamiento, varios informes relacionados con situaciones de abuso físico y psicológico y negligencia. Una persona no fue abusada físicamente como tal, pero informó que su padre había abusado sexualmente de todas sus hermanas. Luego agregó que ella era su "querida" y sufrió una constante invasión de límites personales que tuvieron una respuesta similar del sistema nervioso. Con mucha angustia, esta víctima informó que "todos los días cuando me despertaba, veía a mi padre sentado en mi cama mirándome". Informó que, con el tiempo, esta situación se volvió tan insoportable que comenzó a levantarse antes, antes de que su padre viniera a su habitación y se escondiera debajo de la cama.<sup>49</sup>

Después de este caso, entre 1994 y 2001, Van Deusen releyó artículos sobre casos de abuso que generalmente eran de naturaleza psicológica y se dio cuenta de que hay matices de abuso psicológico a nivel conceptual, que involucran la paradoja entre creencias religiosas muy intensas y la ruptura de estos dogmas.<sup>48,49</sup> Los resultados de Van Deusen utilizando QEEG identificaron un patrón relacionado con las ondas beta altas (23-38 Hz) con los ojos del paciente cerrados. Todos los resultados en el lóbulo temporal derecho (T4), tanto los porcentajes como los números relativos, fueron exactamente el doble que en el lóbulo temporal izquierdo (T3). Sin embargo, el resultado fue exactamente el opuesto ( $T3 = 2T4$ ) en los casos de negligencia, independientemente de si fue una separación intencional (rechazo consciente) o una necesidad debido a una enfermedad que obligó a la madre a mantenerse alejada de su bebé.<sup>57,59</sup>

El lóbulo temporal caliente es una categoría que surgió de la lectura de varios estudios de Othmer y otros autores,<sup>49,61-65</sup> que involucran discusiones sobre la activación de la amígdala en los lóbulos temporales que usan las ondas beta y beta alta para comunicarse con el hipotálamo para advertir del peligro. Peter M. Van Deusen y otros. observaron pacientes que tenían ansiedad, pánico, miedo, fobia o inseguridad y encontraron un patrón de ondas en los lóbulos temporales con los ojos cerrados, tanto para (T3) como para (T4); las ondas beta (15-23 Hz) estaban por encima del 17% y las ondas beta altas por encima del 10%. Se encontró un patrón ideal de ondas beta esperadas de 14-17% y ondas beta altas de a lo más 10% estudiando un grupo de control sin ninguno de estos sentimientos<sup>49,92</sup>.

Reversal es una categoría basada en los hallazgos de los autores<sup>51,56,61,63,66,67</sup> que incitaron a Van Deusen a estudiar y comprender los patrones de las

ondas alfa y beta. Van Deusen y su equipo confirmaron que el hemisferio derecho (Fp2, F4, F8, C4 y T4) y la parte posterior del cerebro (P4, T6 y O2) son regiones óptimas para una gran cantidad de ondas alfa.<sup>51,68</sup> Así, alfa se espera que las ondas sean más altas (10-15%) en el lado derecho y el cerebro superior en comparación con el lado izquierdo y el cerebro anterior. De acuerdo con estos hallazgos, cuando hay una reversión de las ondas alfa, la persona puede experimentar síntomas de depresión con desesperanza (impotente, triste, con poca energía y algunas ideas suicidas). Por otro lado, se espera un predominio de las ondas beta en la parte frontal e izquierda del cerebro (5%) y, si se produce una reversión, el individuo puede experimentar síntomas de depresión agitada (malhumorado, enojado, irritable, nervioso y / o ansioso).<sup>51</sup> Van Deusen y su equipo corroboraron otros hallazgos.

<sup>51,56,61,63,66-68</sup> y describió las características emocionales de la corteza prefrontal que involucran las hemisferios izquierda y derecha. En consecuencia, el hemisferio izquierdo fue nombrado el lado de la aproximación, presentando características de felicidad, expansividad, entusiasmo y optimismo.<sup>51</sup> El hemisferio derecho, por otro lado, fue llamado el lado de la evitación, demostrando sentimientos oscuros, deprimidos y de abstinencia y rabia.<sup>49</sup> Por lo tanto, es importante mantener un equilibrio (izquierda / derecha o maníaco versus depresivo), con el lado izquierdo un poco más dominante, ya que procesa alrededor de un 5% más de ondas beta (15-23 Hz).<sup>49,51</sup> De manera similar, estos autores analizaron las porciones anterior y posterior del cerebro y declararon que las ondas alfa deberían predominar en la parte posterior del cerebro porque son una actividad cerebral eléctrica que sirve para integrar datos, mientras que las ondas beta deben predominar en la parte frontal del cerebro, ya que su función es procesar datos y tomar medidas.<sup>51,61,66</sup>

El bloqueo es una categoría basada en las experiencias de Amen et al.,<sup>69-72</sup> quien explicó la función de la corteza cingulada anterior y propuso el término 'cingular caliente'.<sup>73,74</sup> Esta expresión se usa para el conjunto de síntomas causados por una comunicación deficiente entre los circuitos emocionales que rodean las células nerviosas de la región orbito-frontal, los ganglios basales y giro cingulado anterior, que es responsable de las respuestas emocionales al dolor, la regulación de la agresión y las emociones, la motivación, la resolución del conflicto cognitivo y la realización de tareas.<sup>71,75</sup> Cuando surge un conflicto en la comunicación entre el circuito emocional y el giro cingulado anterior, surgen síntomas como pensamientos obsesivos, comportamiento compulsivo, adicciones y / o fobias. Hay una mezcla de emoción y razón en los procesos de pensamiento. El trastorno obsesivo compulsivo (TOC) es un ejemplo de disfunción de la corteza cingulada anterior.

La coherencia es una categoría basada en los hallazgos de autores dedicados a estudiar la comunicación entre los hemisferios cerebrales.<sup>76-79</sup> Sus estudios motivaron los

estudios clínicos de Van Deussen, observando que existen normas para el porcentaje de coherencia entre las ondas lentas y rápidas. Por lo tanto, entre 1994 y 2001, Peter M. Van Deussen observó y confirmó los patrones, ya que la muy baja coherencia se relaciona con la poca cooperación entre las áreas y, en consecuencia, la eficiencia reducida, el procesamiento lento y los errores.<sup>78</sup> Los niveles bajos de sincronía pueden relacionarse con lesiones o Las perturbaciones físicas en la transmisión, pero a menudo son el resultado de cerebros excesivamente excitables, que irrumpen en beta cuando no hay tarea por hacer, bloqueando así la resonancia. Una consistencia muy alta caracteriza el exceso de comunicación entre el hemisferio izquierdo (predominio de la razón) y el hemisferio derecho (predominio de la emoción), una comunicación innecesaria entre las áreas con respuestas cerradas, que puede estar relacionada con la rigidez mental u obsesividad, tal vez con Ansiedad, inflexibilidad y creatividad disminuida.<sup>79</sup>

El filtrado o procesamiento se basa en la relación de porcentaje de ondas theta divididas por ondas beta, y expresa la relación entre los estilos de pensamiento racional e intuitivo de un individuo. Cuando la proporción de theta (4-8 Hz) a Beta (13-21 Hz) excede 2 en un adulto con los ojos abiertos, los problemas de procesamiento cognitivo comienzan a aparecer y aumentan a medida que la proporción aumenta. Estos problemas se identifican en una categoría llamada "Procesamiento". Razones abajo

1.2 en adultos se correlaciona con estilos distractibles / impulsivos a menudo relacionados con hiperactividad.

La categoría para este patrón es Filtrado.50,80,81 Los datos originales se recopilaron en Cz en la corteza sensoriomotora, pero el TLC lo extiende como un indicador general para todos los sitios.

La relación alfa / theta representa metafóricamente un puente entre los procesos subconscientes y conscientes. Así, una persona puede saber que está enojada y por qué el o ella está enojad@ o puede estar enojado y no entiende por qué está enojado.<sup>82</sup>

El valor esperado para la proporción del porcentaje total de ondas alfa dividido por el porcentaje total de ondas theta es 1.0 en la corteza frontal cuando el individuo tiene los ojos cerrados. Cuando los ojos están abiertos, este valor debe disminuir a 0.7 y, si el individuo está haciendo una tarea, este valor debe permanecer en 0.7 o caer más; 1.5 para la parte posterior de la corteza cuando el individuo está con los ojos cerrados. Cuando abre los ojos, se espera que este valor disminuya a

0.9 y, si el individuo está haciendo alguna tarea, se espera que el valor permanezca en 0.9 o disminuya aún más La porción central de la corteza (sensorimotor) puede seguir los mismos patrones que la corteza frontal o posterior.

Contribución del autor. Renata de Melo Guerra Ribas - Escritura de secciones: Electroencefalografía (EEG): Una breve historia, EEG-Biofeedback / Neurofeedback: Una aplicación práctica, y el formateo de papel. Hugo André de Lima Martins - Redacción de la sección: Historia de la evaluación de TLC (QEEG de capacitadores), y organización de referencias con EndNote. Valdenilson Ribeiro Ribas - Escritura de la sección: Categorías de entrenamiento de TLC, y el Resumen, y el papel como autor correspondiente.

## REFERENCIAS.

- Ganz JC. Some physics from 550 BC to AD 1948. *Prog Brain Res.* 2014;215:13-23.
- Smith M. William Gilbert (1544-1603): physician and founder of electricity. *J Med Biogr.* 1997;5 (3):137-145.
- Harsch V. Otto von Guericke (1602-1686) and his pioneering vacuum experiments. *Aviat Space Environ Med.* 2007;78(11):1075-1077.
- de Micheli-Serra A, Iturralde-Torres P, Izaguirre-Avila R. How electricity was discovered and how it is related to cardiology. *Arch Cardiol Mex.* 2012;82(3):252-259.
- Verkhatsky A, Parpura V. History of electrophysiology and the patch clamp. *Methods Mol Biol.* 2014;1183:1-19.
- Sperati G. [Alessandro Volta and first attempts at electrotherapy of deafness]. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 1999;19(4):239-243.
- Geddes LA, Geddes LE. How did Georg Simon Ohm do it? *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1998;17(3):107-109.
- Giddens WR. The origin of electrochemical nomenclature. *J La State Med Soc.* 2001;153(9):471-475.
- Aloysio Luigi Galvani (1737-1798) discoverer of animal electricity. *JAMA.* 1967;201(8): 626-627.
- Bresadola M. Medicine and science in the life of Luigi Galvani (1737- 1798). *Brain Res Bull.* 1998;46(5):367-380.
- de Medeiros Kanda PA. Historia da Electroencefalografia. [Video]. In: Curso EEG. Copyright Sinapsy and saudeciencia.com.br, São Paulo, YouTube(2012, November 14). [Video file]. Retrieved (2015, December 21) from www.youtube.com/watchv2-dH0bSKeec.
- Partin C. Profiles in cardiology. Alessandro Volta. *Clin Cardiol.* 2002; 25(11):541-543.
- Cajavilca C, Varon J, Sternbach GL. Resuscitation great. Luigi Galvani and the foundations of electrophysiology. *Resuscitation.* 2009;80(2): 159-162.
- Isler H. [Romantic origins of electrophysiology]. *Schweiz Rundsch Med Prax.* 1992;81(49):1485-1488.
- Gallagher HW. Sir William Thomson, physician. *Ulster Med J.* 1973;42(1): 15-27.
- Rocchietta S. [Carlo Matteucci (1811-1868), a pioneer of electrophysiology. On the first centenary of his death]. *Minerva Med.* 1968;59(84): 4485-4486.
- Loos H. [The relation between physiology and medicine in Emil du Bois-Reymond]. *Z Gesamte Hyg.* 1985;31(8):484-485.
- Zhang M. [Emil du Bois-Reymond--the father of experimental electrophysiology]. *Sheng Li Ke Xue Jin Zhan.* 2013;44(2):158-160.
- Haas LF. Hans Berger (1873-1941), Richard Caton (1842-1926), and electroencephalography. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2003;74(1):9.
- Ormerod W. Richard Caton (1842-1926): pioneer electrophysiologist and cardiologist. *J Med Biogr.* 2006;14(1):30-35.
- Raju TN. The Nobel chronicles. 1924: Willem Einthoven (1860-1927). *Lancet.* 1998;352 (9139):1560.
- Tudor M, Tudor L, Tudor KI. [Hans Berger (1873-1941)--the history of electroencephalography]. *Acta Med Croatica.* 2005;59(4):307-313.
- Gloor P. Hans Berger and the discovery of the electroencephalogram. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1969;Suppl 28:1-36.
- Wiedemann HR. Hans Berger (1873-1941). *Eur J Pediatr.* 1994;153(10): 705.
- Eccles JC. Edgar Douglas Adrian 1889--1977. *Exp Brain Res.* 1978; 31(1):153-154.
- Raju TN. The Nobel Chronicles. 1932: Charles Scott Sherrington (1857- 1952), Edgar Douglas Adrian (1889-1977). *Lancet.* 1999;353(9146):76.
- Andermann F. Herbert Henri Jasper 1906-1999: an appreciation and tribute to a founder of modern neuroscience. *Epilepsia.*

- 2000;41(1): 113-120.
28. Mahmoudi Nezhad GS, Dalfardi B, Frederic Andrews Gibbs (1903-1992). *J Neurol*. 2016;263(1):195-196.
  29. Hayne RA, Belinson L, Gibbs FA. Electrical activity of subcortical areas in epilepsy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1949;1(4):437-445.
  30. [No authors listed]. End innovators and pioneers Albert Melvin Grass. *Am J Electroneurodiagnostic Technol*. 2009;49(2):207-215.
  31. Dement WC. Remembering Nathaniel Kleitman. *Arch Ital Biol*. 2001; 139(1-2):11-17.
  32. Mathis J. [The history of sleep research in the 20th century]. *Praxis (Bern 1994)*. 1995;84(50):1479-1485.
  33. Pompeiano O. Giuseppe Moruzzi, 1910-1986. *Pflugers Arch*. 1988;412(4):S9-S11.
  34. Marshall LH. Horace Winchell Magoun. *Biogr Mem Natl Acad Sci*. 2004;84:250-269.
  35. Erwin CW, Somerville ER, Radtke RA. A review of electroencephalographic features of normal sleep. *J Clin Neurophysiol*. 1984;1(3):253-274.
  36. Collura TF. History and evolution of computerized electroencephalography. *J Clin Neurophysiol*. 1995;12(3):214-229.
  37. Duffy FH, Hughes JR, Miranda F, Bernad P, Cook P. Status of quantitative EEG (QEEG) in clinical practice, 1994. *Clin Electroencephalogr*. 1994;25(4):VI-XXII.
  38. Kamiya J. Conscious control of brain waves. *Psychol Today*. 1968; 1:56-60.
  39. Hardt JV, Kamiya J. Anxiety change through electroencephalographic alpha feedback seen only in high anxiety subjects. *Science*. 1978;201(4350):79-81.
  40. de Medeiros Kanda PA, Anghinah R, Smidht MT, Silva JM. The clinical use of quantitative EEG in cognitive disorders. *Dementia & Neuropsychologia*. 2009;3(3):195-203.
  41. Bahn E, Nolte W, Kurth C, Ramadori G, Ruther E, Wiltfang J. Quantification of the electroencephalographic theta/alpha ratio for the assessment of portal-systemic encephalopathy following implantation of transjugular intrahepatic portosystemic stent shunt (TIPSS). *Metab Brain Dis*. 2002;17(1):19-28.
  42. John ER, Thatcher R. *Neurometrics: Clinical applications of quantitative electrophysiology*: John Wiley & Sons;1977.
  43. John ER. *Neurometric evaluation of brain function in normal and learning disabled children*: University of Michigan Press;1989.
  44. Thatcher RW, North D, Biver C. Evaluation and validity of a LORETA normative EEG database. *Clin EEG Neurosci*. 2005;36(2):116-122.
  45. Thatcher R, North D, Biver C. Parametric vs. non-parametric statistics of low resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Clinical EEG and neuroscience*. 2005;36(1):1-8.
    46. John ER, Prichep LS. The relevance of QEEG to the evaluation of behavioral disorders and pharmacological interventions. *Clin EEG Neurosci*. 2006;37(2):135-143.
    47. Thatcher RW, Biver CJ, North DM. Quantitative EEG and the Frye and Daubert standards of admissibility. *Clinical EEG and Neuroscience*. 2003;34(2):39-53.
    48. Goodwin B. Peter Van Deusen began the duties of administration of the Rolling Plans Memorial Hospital. *Sweetwater Reporter Journal*, 1979;12:15e.
    49. Dupee M, Werthner P. Managing the stress response: The use of biofeedback and neurofeedback with Olympic athletes. *Biofeedback*. 2011;39(3):92-94.
    50. Monastra VJ, Lubar JF, Linden M, et al. Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: an initial validation study. *Neuropsychology*. 1999;13(3):424-433.
    51. Van Deusen PM, Guerra-Ribas RM, da Silva EPL, Lima da Silva T, Ribas VR. Tratamento de paciente com depressão pela técnica The Learning Curve-TLC em Neurofeedback: estudo de caso. In: IV Congresso de Biomedicina e Farmácia da Faculdade ASCES, 2014, Caruaru/PE, Brasil. Associação Caruaruense de Ensino Superior, 2014;4: 234.
    52. Sterman MB. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation. *Biofeedback Self Regul*. 1996;21(1):3-33.
    53. Sterman MB, Egner T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2006; 31(1):21-35.
    54. Teicher MH, Glod CA, Surrey J, Swett C, Jr. Early childhood abuse and limbic system ratings in adult psychiatric outpatients. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 1993;5(3):301-306.
    55. Teicher MH, Ito Y, Glod CA, Andersen SL, Dumont N, Ackerman E. Preliminary evidence for abnormal cortical development in physically and sexually abused children using EEG coherence and MRI. *Ann NY Acad Sci*. 1997;821:160-175.
    56. Debener S, Beauducel A, Nessler D, Brocke B, Heilemann H, Kayser J. Is resting anterior EEG alpha asymmetry a trait marker for depression? Findings for healthy adults and clinically depressed patients. *Neuropsychobiology*. 2000;41(1):31-37.
    57. Ito Y, Teicher MH, Glod CA, Harper D, Magnus E, Gelbard HA. Increased prevalence of electrophysiological abnormalities in children with psychological, physical, and sexual abuse. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 1993;5(4):401-408.
    58. Glod CA, Teicher MH, Hartman CR, Harakal T. Increased nocturnal activity and impaired sleep maintenance in abused children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 1997;36(9):1236-1243.
    59. Ito Y, Teicher MH, Glod CA, Ackerman E. Preliminary evidence for aberrant cortical development in abused children: a quantitative EEG study. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 1998;10(3):298-307.
    60. Teicher MH. Scars that won't heal: the neurobiology of child abuse. *Sci Am*. 2002;286(3):68-75.
    61. Pivik RT, Broughton RJ, Coppola R, Davidson RJ, Fox N, Nuwer MR. Guidelines for the recording and quantitative analysis of electroencephalographic activity in research contexts. *Psychophysiology*. 1993;30(6):547-558.
    62. Werthner P, Christie S, Dupee M. Neurofeedback and biofeedback training with Olympic athletes. *Neuroconnections*. 2013;2:32-38.
    63. Henriques JB, Glowacki JM, Davidson RJ. Reward fails to alter response bias in depression. *J Abnorm Psychol*. 1994;103(3):460-466.
    64. Othmer E, Othmer SC, Vannier MW, Fishman PM, Holland WH. A simple time synchronization device for polygraph, analogue tape and digital computer as used in sleep research. *J Biomed Eng*. 1979;1(2):127-128.
    65. Othmer E, Othmer SC, Fishman PM, Vannier MW. Electromyogram processing for sleep research. *Int J Biomed Comput*. 1980;11(1):33-39.
    66. Wheeler RE, Davidson RJ, Tomarken AJ. Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: a biological substrate of affective style. *Psychophysiology*. 1993;30(1):82-89.
    67. Davidson RJ, Coe CC, Dolski I, Donzella B. Individual differences in prefrontal activation asymmetry predict natural killer cell activity at rest and in response to challenge. *Brain Behav Immun*. 1999;13(2):93-108.
    68. Benca RM, Obermeyer WH, Larson CL, et al. EEG alpha power and alpha power asymmetry in sleep and wakefulness. *Psychophysiology*. 1999;36(4):430-436.
    69. Raji CA, Willeumier K, Taylor D, et al. Functional neuroimaging with default mode network regions distinguishes PTSD from TBI in a military veteran population. *Brain Imaging Behav*. 2015;9(3):527-534.
    70. Voloh B, Valiante TA, Everling S, Womelsdorf T. Theta-gamma coordination between anterior cingulate and prefrontal cortex indexes correct attention shifts. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(27):8457-8462.
    71. Agam Y, Greenberg JL, Isom M, et al. Aberrant error processing in relation to symptom severity in obsessive-compulsive disorder: A multimodal neuroimaging study. *Neuroimage Clin*. 2014;5:141-151.
    72. Amen DG, Carmichael BD. High-resolution brain SPECT imaging in ADHD. *Annals of Clinical Psychiatry*. 1997;9(2):81-86.
    73. Johnson D. "How do you know unless you look?": brain imaging, biopower and practical neuroscience. *Journal of Medical Humanities*. 2008;29(3):147-161.
    74. Amen DG. *Change Your Brain, Change Your Life (Revised and Expanded): The Breakthrough Program for Conquering Anxiety, Depression, Obsessiveness, Lack of Focus, Anger, and Memory Problems: Harmony*;2015.
    75. Amemori K-i, Amemori S, Graybiel AM. Motivation and affective judgments differentially recruit neurons in the primate dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex. *The Journal of Neuroscience*. 2015;35(5):1939-1953.
    76. Summerfield C, Mangels JA. Coherent theta-band EEG activity predicts item-context binding during encoding. *Neuroimage*. 2005;24(3):692-703.
    77. Tecchio F, Graziadio S, Barbati G, et al. Somatosensory dynamic gamma-band synchrony: a neural code of sensorimotor dexterity. *Neuroimage*. 2007;35(1):185-193.
    78. Singer W. Synchronization of cortical activity and its putative role in information processing and learning. *Annu Rev Physiol*. 1993;55:349-374.
    79. Berman AE, Stevens L. EEG manifestations of nondual experiences in meditators. *Conscious Cogn*. 2015;31:1-11.
    80. Saad JF, Kohn MR, Clarke S, Lagopoulos J, Hermens DF. Is the Theta/Beta EEG Marker for ADHD Inherently Flawed? *J Atten Disord*. 2015. [Epub ahead of print].
    81. Delgado-Mejia ID, Palencia-Avendano ML, Mogollon-Rincon C, Etchepareborda MC. [Theta/beta ratio (NEBA) in the diagnosis of attention deficit

■ Dement Neuropsychol 2016 June;10(2):98-103

hyperactivity disorder]. Rev Neurol. 2014;58Suppl 1:S57-S63.

82. Schutze MD, Junghanns K. The difficulty of staying awake during alpha/theta neurofeedback training. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2015; 40(2):85-94.

83. Gruzelier J. A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. Cogn Process. 2009;10(Suppl 1):S101-S109.