

Neurorrehabilitación: de un pasado rígido a un futuro plástico

Jaime Bayona-Prieto¹, Edgardo Bayona² y Fidas E. Leon-Sarmiento^{*3,4}

¹Centro de Investigaciones en Rehabilitación Integral & Neurofisiología, CIRINEO, Bogotá, Colombia; ²Laboratorio Neuroclínico Funcional, Neuro.net, Bogotá, Colombia; ³Unidad de Parkinson & Movimientos Anormales, Medicencias Research Group, Bogotá, Colombia; ⁴Unidad de Medicina Aeroespacial, Departamento de Medicina Interna, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia

Resumen

Desde la Antigüedad, diversas culturas, incluyendo la china, la egipcia, la griega, la hindú y la romana, ofrecían soluciones rígidas para el restablecimiento físico de los afectados por diversas lesiones neurológicas. Estas medidas, realizadas inicialmente por individuos apartados para tal oficio, evolucionaron con el paso del tiempo, apoyándose en el descubrimiento y la comprensión de la llamada «plasticidad neural», y en las evidencias actuales de que el sistema nervioso se remodela, aun en etapas adultas. Actualmente se sabe que la modulación sináptica es la base de la neurorrehabilitación, la cual se incrementa por el uso y la aplicación de protocolos específicos a cada trastorno, dentro de los cuales se incluye, además de todo lo conocido hasta la fecha, aspectos relacionados con neurorobótica, neurorestauración, neuromodulación, neuroestimulación y aun realidad virtual, entre muchos otros más. La neurorrehabilitación ha logrado acercar la ciencia moderna con el arte manual antiguo, ayudando con ello a cambiar, de manera positiva, la actitud hacia el discapacitado del siglo XXI y, ofrece nuevas esperanzas de recuperación funcional, donde antes no existía ninguna. Además, brinda oportunidades de alcanzar una mejor calidad de vida a los individuos afectados y sus correspondientes familias. De manera interesante, los enfoques modernos de intervención en la neurorrehabilitación son ahora de carácter multidisciplinario y útiles para los humanos en tierra, con aplicaciones favorables aun en aquellos que desean conquistar el espacio sideral.

PALABRAS CLAVE: Neurorrehabilitación. Historia. Plasticidad. Neurotecnología.

Abstract

Since ancient times, several cultures including those from China, Egypt, India and Rome gave rigid solutions to improve physical problems of affected people by several neurological disorders. These measures were applied, at that time, by individuals prepared for doing such task. It evolved throughout the years supported by the discovery and comprehension of the so-called neural plasticity as well as the current evidences that the nervous system is able of remodeling itself even in adult times. It is known today that synaptic modulation is the base of neurorehabilitation improved by use and application of specific protocols to each neurological disorder. Among these, we have to consider not only all of the already known on rehabilitation measures but also on neurorobotic, neurorestoration, neuromodulation, neurostimulation as well as virtual reality, among others interventions. Neurorehabilitation has been able to put together modern science with ancient manual therapies helping to change, in a positive way, the attitude toward people with disabilities in the twenty one century; likewise, it offers new hopes for functional recovery where before was nothing. Further, it gives opportunities to get a better quality of life to affected people and its corresponding families. It is very interesting to know that the modern concepts of neurorehabilitation performed in a multidisciplinary approach are very useful for humans on the Earth and people interested in conquer Space.

KEY WORDS: Neurorehabilitation. History. Plasticity. Neurotechnology.

Correspondencia:

*Fidas E. Leon-Sarmiento
Medicencias Research Group
Calle 50, 8-27 (604)
Bogotá, Colombia
E-mail: feleones@gmail.com

Fecha de recepción: 24-03-2011
Fecha de aceptación: 01-04-2011

Introducción

La asociación mundial de fisioterapia (*World Confederation for Physical Therapy*) define la rehabilitación como el «arte y la ciencia del tratamiento físico»; dicho de otra forma, «es el conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que mediante la aplicación de medios físicos curan, previenen, recuperan y adaptan a personas afectadas de disfunciones somáticas y psicósomáticas, y/o a las que se desea mantener en un nivel adecuado de salud»¹. Sin embargo, a pesar de esta conceptualización, aún hay mucho por concretar con respecto al alcance de la misma.

Como ejemplo de esto, Popper, en su lógica de la investigación científica, expuso que «una proposición es científica cuando es susceptible de ser falseada...» y avanza, además, en este concepto cuando afirma que «... De esa forma, en la búsqueda de refutaciones, es como la ciencia puede progresar y avanzar» y continúa diciendo que «... La ciencia progresa gracias al ensayo de prueba y error...»². Concluye, de manera casi desafiante, que la ciencia avanza «porque se busca la verdad, incluso aunque nunca podamos estar seguros de haberla encontrado»³. Para Popper, existen «dos mundos» en salud: el «mundo 1» pertenecería a la ciencia médica y el «mundo 2» al de la ortopedia. En este punto, la neurorrehabilitación serviría de puente entre las ciencias manuales como la ortopedia y el resto de las ciencias médicas⁴, es decir, la neurorrehabilitación busca aproximar la concepción denominada científica al arte conceptualizado como trabajo práctico o manual⁵.

Así, entonces, la neurorrehabilitación construye su filosofía alrededor de hechos, en los cuales cada individuo posee capacidades diferentes de recuperación o, dicho de otra forma, posee una plasticidad inherente y, en ocasiones, heredada que le permitirá restablecer funciones perdidas o deterioradas originadas por un insulto neural. Para tal fin hay que brindar un «conjunto de tratamientos mediante los cuales una persona con capacidades diversas se reorienta mental, física, ocupacional y laboralmente para desenvolverse de la forma más normal posible en su medio social»⁶.

En este sentido, los avances hechos en neurorrehabilitación han permitido cambiar la actitud hacia el discapacitado, al refutar conceptos preestablecidos y basados en antiguos postulados de las ciencias neurológicas, usados, desafortunadamente, aun por clínicos modernos. Así, la neurorrehabilitación respalda la propuesta de Popper, porque busca llegar a una verdad

por diferentes medios que pretenden contradecir teorías con el objetivo de avanzar en el mejoramiento de la calidad de vida de los pacientes afectados^{7,8}.

Pasado rígido

El hombre ha buscado siempre la restauración física humana, extrayendo el término *fisioterapia* del griego *Kinesis*, que significa «movimiento y terapia»⁹. Por ello es interesante ver cómo una de las primeras descripciones relacionadas con la rehabilitación neurológica se hizo hace aproximadamente 5,000 años¹⁰. En el escrito conocido como *Kang-fou*, fechado en el año 2700 a. C., también se habla de las bondades del ejercicio terapéutico practicado por los bonzos del Tao-Tse de China¹¹. Asimismo, en el *Ayurveda*, que data del año 1800 a. C., se describe la gimnasia como fundamento de recuperación de la enfermedad^{10,11}.

Aunque no está claro cómo se practicó la rehabilitación durante los periodos egipcio y griego, en *La Odisea* de Homero se registró que Elpenor, el más joven de los compañeros de Ulises, se desplomó desde el tejado, cayó de cabeza, se rompió el cuello «y su alma bajó a los infiernos» sin recibir neurorrehabilitación¹². Hipócrates, por su parte, le dio un nuevo rumbo a la rehabilitación. En la historia de la medicina o $\pi\epsilon\rho\iota\ \tau\alpha\upsilon\ \epsilon\upsilon\tau\omicron\sigma\ \pi\alpha\nu\tau\upsilon$, se describe el empleo de medios físicos, higiénicos y dietéticos¹³ para tratar la enfermedad, y darle una respuesta positiva a los problemas físicos que el paciente enfrentaba¹⁴, algo que contrastaba con la forma mítica que existía para abordar los problemas de la «memoria» o el «alma». Este abordaje, propuesto por Hipócrates, fue criticado por los romanos, quienes, por su orientación rígida, consideraban esto como idolatría al propio cuerpo, y no a los dioses. Sin embargo, con el paso del tiempo, reconocieron la importancia de esta práctica. Con la llegada del cristianismo, y bajo el mandato del emperador Teodosio, se puso fin a dicha práctica, incluyendo la suspensión de los Juegos Olímpicos en el año 394 de nuestra era¹⁵. En la Edad Media se dio una clasificación a los ejercicios, al masaje y a los aparatos rígidos usados para tal fin, lo cual dio sentido nuevamente a la rehabilitación e higiene personal como prácticas curativas.

El principio de rehabilitar se mantuvo y, en ocasiones, se pretendió renovar con el paso del tiempo. El concepto de tratamiento físico avanzó con Aureliano y De Tralles, defensores de la rehabilitación del individuo enfermo¹⁰. En la Edad Media la rehabilitación la realizaban los monjes y el ejercicio era practicado por la nobleza y los primados eclesiásticos¹⁶. Hacia el final

de esa época se logró darle nuevamente un valor medicinal a la balnearia e hidroterapia, cuyos avances se truncaron con la peste negra que irrumpió en Europa.

En el Renacimiento se marcaron cambios con respecto al pensamiento galénico y se retomó el interés por el cuerpo humano. Leonardo da Vinci encabezó ese cambio, seguido por Vesalius y Vittorino da Feltra, quienes reintrodujeron la importancia de la rehabilitación en la educación de la época; de este trabajo surge, en 1553, lo que se podría considerar como el primer libro que describe el ejercicio como herramienta terapéutica¹⁷.

Hacia el siglo XVII, las teorías de Descartes y la influencia de Galileo influyeron en los conceptos de rehabilitación; igualmente, los aportes de Giovanni Borelli abrieron un camino para el análisis del movimiento corporal humano, esto gracias a la descripción de los principios mecánicos de tensiones, fuerzas y leyes de palanca¹⁸. Otros, como Thomas Sydenham, consideraron los agentes físicos como métodos de intervención médica y fomentaron el uso de materiales hídricos como compuesto básico para la rehabilitación.

Durante el periodo de la Ilustración aparecieron los primeros teóricos de lo que conocemos hoy como neurorrehabilitación. Federicus Hoffmann enfatizó en la importancia del ejercicio como tratamiento de rehabilitación¹⁹, lo cual facilitó el trabajo a Nicolas Andry, quien profundizó sobre la interrelación entre el ejercicio y la salud. Tissot recomendó también, para entonces, que el paciente fuera movilizado inmediatamente después de la cirugía, combinando esto con balnearios termales para aliviar diversas dolencias²⁰.

Durante el siglo XIX se avanzó en la mecanoterapia usando poleas, pesas, palancas y bandas, incorporando además los estímulos eléctricos a los programas de rehabilitación¹⁷. Esto dio origen al electrodiagnóstico y al análisis del control motor como una forma de evaluación y seguimiento de la neurorrehabilitación¹⁸. La práctica del masaje fue introducida por Johan Georg Metzger; de igual forma, aparecieron métodos como la quiropraxia y la osteopatía, diseñadas por Daniel Palmer y Andrew Taylor, respectivamente¹⁹, como métodos coadyudantes en los programas de neurorrehabilitación de la época.

Debido a la Primera Guerra Mundial fue necesario implementar, en los hospitales militares de los países en conflicto, estrategias de rehabilitación que incluyeron la kinesiología y los ejercicios de resistencia progresiva²⁰, utilizados actualmente en la neurorrehabilitación⁵. Esto involucró conceptos elaborados

de control sensorial y motor, entre otros más, algo que permanece aún muy inmaduro en los países en vías de desarrollo.

Presente dinámico

El término *neurorrehabilitación* es relativamente reciente. La Organización Mundial de la Salud lo define como un proceso activo, por medio del cual los individuos con alguna lesión o enfermedad pueden alcanzar la más óptima recuperación integral posible que les permita su desarrollo físico, mental y social de la mejor forma, para integrarse a su medio ambiente de la manera más apropiada²¹. La neurorrehabilitación plantea el uso de métodos basados en principios planteados por Ernesto Lugano (1906), quien llamó «plasticidad cortical»²² a la remodelación neural obtenida en individuos después de lesiones neurales. Solo hacia la segunda mitad del siglo XX se aceptó la evidencia de que el sistema nervioso era susceptible de modificarse, aun en la vida adulta, siguiendo los experimentos hechos por Donald Hebb^{6,22}.

Un concepto más moderno de la neurorrehabilitación se debe a lo que observó el neurólogo suizo Henrich Sebastian Frenkel²³. En un paciente que padecía tabes dorsal, Frenkel analizó de manera muy aguda cómo a pesar de que inicialmente el enfermo no fue capaz de realizar la prueba dedo-nariz, con el paso de los días mejoró la realización de dicha maniobra. Frenkel descubrió que su paciente había estado entrenando la prueba durante varios días y así logró pasarla en futuras evaluaciones clínicas. Este fue el punto de partida de lo que Frenkel llamó «reeducación funcional», en el mítico hospital de *La Salpetriere*, en París^{24,25}. Dicho programa fue el pionero de muchos que existen hoy alrededor del mundo en neurorrehabilitación moderna²³.

De otro lado, llama la atención que a pesar de existir, desde 1750, estimuladores no invasivos como parte de diversos programas de «reeducación funcional» basados en principios biofísicos, electroestáticos y electrodinámicos, entre muchos otros más²⁶, solo hasta la Segunda Guerra Mundial, resurge el empleo de tales aditamentos, a nivel eléctrico y de forma más reciente electrónicos y aun magnetoeléctricos. Estos avances tecnológicos están siendo usados, ahora, como coadyuvantes en diversos programas de neurorrehabilitación, los cuales, aunados a los métodos convencionales ejecutados de manera manual, permiten acelerar la recuperación de los individuos afectados. De igual forma, los avances en neurofisiología

y neurociencias clínicas, experimentales, aplicadas y funcionales, entre otras, han ayudado a redireccionar diversos programas de neurorrehabilitación en épocas más recientes^{23,26}. Esto ha llevado al desarrollo de nuevos métodos de estimulación neural de forma no invasiva, incluyendo, por ejemplo, la estimulación por ondas de choque extracorpórea, como método de inhibición del dolor²⁷, la retroalimentación dirigida, para la reeducación funcional motora, la estimulación galvánica vestibular en alteraciones cognitivas muy específicas como la heminegligencia, así como la estimulación con corrientes directas y magnéticas, como herramientas terapéuticas de trastornos del movimiento, todo lo cual ha ayudado a avanzar de manera notoria en la restauración clínica de individuos afectados^{5,23,27}.

Estos avances y herramientas han permitido demostrar que la remodelación sináptica es la base de la neurorrehabilitación, que se incrementa por el uso y la aplicación de protocolos específicos a cada síndrome de manera particular, facilitando con esto la recuperación o mejoría de una habilidad perdida²². Dentro de estos protocolos desarrollados en épocas contemporáneas se incluyen, además, medidas físicas, mentales y aun espirituales o, más aún, existenciales. Este enfoque holístico ha permitido encaminar la reincorporación de los pacientes afectadas por diversas enfermedades a un estilo de vida autosuficiente o, por lo menos, cercano a lo ideal. Dicho lo anterior, tenemos, entonces, que la neurorrehabilitación es un proceso multidimensional que solo culmina con el desarrollo máximo de las capacidades personales y el logro de objetivos específicos en el individuo tratado²³.

Futuro plástico

La capacidad de neurorrehabilitación individual está dada por el abordaje integral que se haga del proceso patológico subyacente^{28,29}. Este busca ayudar a establecer nuevas conexiones neurales, con el fin de optimizar intervenciones como la neuromodulación, la neuroestimulación o el neuroretrocontrol, entre muchos otros métodos disponibles encaminados a la neurorrestauración funcional global³⁰. Cabe recordar que es la neurorrehabilitación la que hoy puede ofrecer una esperanza al paciente afectado por diversas injurias neurológicas donde antes no existía ninguna; dado, principalmente, por las claras demostraciones contemporáneas acerca de la forma como el sistema nervioso humano, por adulto que sea, se remodela, de manera negativa o positiva. Por lo anterior, el diseño de un

programa adecuado de neurorrehabilitación deberá contemplar, a partir de la fecha, la neurorrobótica, la neurorrestauración, la neuromodulación y la neuroestimulación, entre muchas otras áreas fundamentadas en neurotecnología (Fig. 1).

Cabe notar que en la neurorrehabilitación no solo se usan habilidades y actitudes de la persona afectada, sino también de su familia y amigos cercanos para llevar al paciente al nivel más alto de independencia, incluyendo el reforzamiento de su autoestima y estado de ánimo. La neurorrehabilitación debe ser, además, holística pero individualizada, inclusiva y participativa, generar independencia, aplicarse de por vida si fuere necesario, oportuna de acuerdo a las necesidades del paciente y orientada hacia la comunidad²³.

Además, la neurorrehabilitación busca entender mejor la verdadera naturaleza del deterioro neurológico en el individuo y las posibles formas de sobreponerse al insulto neural⁵, es decir, más allá de evaluar, diagnosticar o pronosticar²⁹. Dicho de otra forma, es mucho más que realizar terapia física^{30,31}, algo que está aún por entenderse en algunos círculos de profesionales de la salud de algunas latitudes quienes deberán arribar, más pronto que tarde, a entender lo que Ramón y Cajal propuso hace más de un siglo acerca de la remodelación neural. Todo esto convierte a la neurorrehabilitación en un herramienta útil para el profesional de la salud del siglo XXI, quien, con una adecuada formación en dicha área, deberá ayudar a cambiar las propuestas erróneas antiguas de que un cerebro adulto no era capaz de remodelarse o rehabilitarse²². Más aun, la evolución que ha tenido esta rama del conocimiento en los finales del siglo XX y principios del XXI ha permitido avanzar en la forma en cómo se practica y aplica la neurorrehabilitación en países desarrollados, lo cual ha demostrado que esta área de las neurociencias se fundamenta no solo en la rehabilitación motora, sino que incluye también rehabilitación cognitiva, vocacional, sensorial, virtual y aun espiritual, entre muchos otros enfoques que tienen como propósito último mejorar la calidad de vida de los pacientes y sus correspondientes cuidadores³².

Asimismo, la neurorrehabilitación no solo podría servir para mejorar la calidad de vida de los humanos en tierra, sino también para ayudar, de mejor forma, a rehabilitar los efectos que están produciendo en los humanos las nuevas tendencias en el transporte moderno, incluyendo el naciente turismo aeroespacial³³⁻³⁵. Esto debido a que dichos efectos se manifiestan como trastornos del movimiento posvuelo, persisten por largos periodos de tiempo y no se

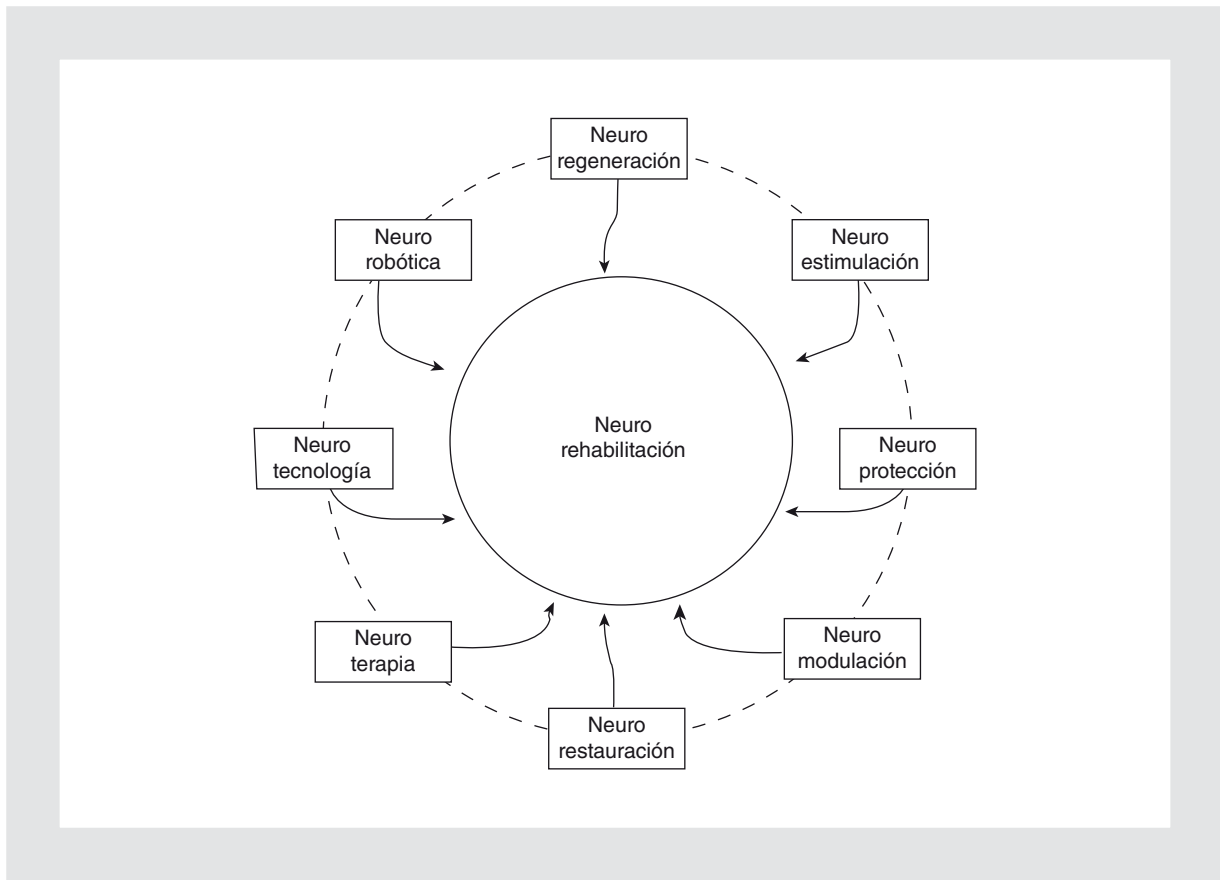


Figura 1. Representación esquemática de las diferentes disciplinas que interactúan entre sí, de manera estrecha (líneas a trazos), y, a la vez, nutren, de manera directa, los programas de la neurorrehabilitación humana (flechas continuas).

corrigen con las medidas establecidas por las guías que se han desarrollado como parte de la medicina basada en la evidencia, establecida para habitantes del globo terráqueo³⁶.

Conclusión

Los avances científicos que se han vivido en diferentes áreas del conocimiento, a través de los siglos, han ido también conquistando el campo de la rehabilitación y, más específicamente, de la neurorrehabilitación humana. Por tal motivo, es fundamental que el profesional de la salud prosiga en la aplicación oportuna de los avances científicos y tecnológicos, relacionados con esta disciplina, con el fin de ayudar a pavimentar un futuro, cada vez menos rígido, empleando de manera práctica el conocimiento que aporta la comprensión de los mecanismos que, sobre plasticidad neural, se siguen descubriendo en diferentes latitudes, basados en la mejor evidencia: los pacientes. Esto con el fin de ofrecer, al final de todo el proceso, una mejor

calidad de vida integral a los seres humanos, durante el resto del siglo XXI.

Agradecimientos

El presente manuscrito es parte de la tesis de grado preparada para optar el título de Maestría en Neurorehabilitación en la Universidad Autónoma de Manizales y Maestría en Investigaciones de la Universidad Sergio Arboleda, del Doctor Jaime Bayona-Prieto.

Los autores agradecen a Mayra Alexandra Gualdron por su colaboración durante la preparación de este manuscrito.

Bibliografía

1. World Confederation For Physical Therapy. First Approved at the 14th General Meeting of WCPT 1999. Revised and re-approved at the 16th general meeting of WCPT 2007 [consultado June 2010]; Disponible en: <http://www.wcpt.org/sites/wcpt.org/files/files>
2. Popper K. La miseria del historicismo. Madrid: Taurus; 1961.
3. Popper K. The logic of scientific discovery. Londres: Hutchinson; 1983.
4. Popper KR, Eccles JR. The self and its brain. Heidelberg: Springer Verlag; 1977.

5. Leon-Sarmiento FE, Bayona EA, Bayona-Prieto J. Neurorehabilitación: la otra revolución del siglo XXI. *Acta Med Col.* 2009;34:88-92.
6. Umphred DA, Carlson C. *Neurorehabilitation for the physical therapist assistant.* Thorofare: SLACK; 2006.
7. Bayona J, Pabon C. Neurorehabilitación y neurorestauración de la marcha en lesiones medulares. *Piensa: Rev Col Podol Pod C Afin.* 2003;1:9-10.
8. León FE. La tridimensionalidad del ser humano: otra pieza clave de la psiconeuroinmunológicoendocrinología. *Salud-UIS.* 1999;30:35-7.
9. Daza L. *Evaluación clínica funcional del movimiento corporal humano.* Bogotá: Panamericana; 2007.
10. López JM. *Medicina: historia y sociedad.* México: Ariel; 1980.
11. Fritz S. *Fundamentos del masaje terapéutico.* Barcelona: Mosby; 2005.
12. Homero. *La Odisea.* Bogotá: Sol-90; 2000.
13. González JL. *Átomos, almas y estrellas: estudio sobre la ciencia griega.* Buenos Aires: Plaza y Valdez; 2007.
14. Canguilhem G. *El cerebro y el pensamiento.* [consultado en febrero de 2010]. Disponible en: <http://www.snav2.com.ar/ofic/cerebroypensamiento>
15. EDUCAMADRID. *Consejería de Educación, Madrid. Revista digital I.E.S.* [consultado en enero de 2010]. Disponible en: http://www.educa.madrid.org/web/ies.atenea.../juegos_olimpicos
16. Martínez MM, Pastor Vega JM, Sendra Portero F. *Manual de medicina física.* Madrid: Harcourt Brace; 1998.
17. Quijano PF. *Cristóbal Méndez y el primer libro de kinetoterapia.* *Gac Med México.* 1999;135:655.
18. Trew M, Everett T, García SM, Rojo González JJ. *Fundamentos del movimiento humano.* 5.ª ed. Barcelona: Elsevier; 2006.
19. Aricas PM, Morales JM, Gálvez DM, et al. *Manual de fisioterapia general. Módulo I.* 1.ª ed. Madrid: MAD-Eduforma; 2004.
20. Russell Silver J. *History of the treatment of spinal Injuries.* *J Royal Soc Med.* 2004;97:148-9.
21. Freeman JA, Hobart JC, Playford ED, Undy B, Thompson AJ. *Evaluating neurorehabilitation: Lessons from routine data collection.* *J Neurol Neurosurg Psychiat.* 2005;76:723-8.
22. Leon-Sarmiento FE, Bayona-Prieto J, Cadena Y. *Plasticidad neuronal neurorehabilitación y trastornos del movimiento: El cambio es ahora.* *Acta Neurol Col.* 2008;24:40-2.
23. Bayona-Prieto J, Bayona E, Leon-Sarmiento FE. *Neurorehabilitación.* En: *Fundamentos de medicina.* Uribe CS, Arana A, Lorenzana P (Eds). CIB. 7.ª ed. Medellín; 2010. p. 745-8.
24. Zwecker IM, Zeilig G, Ohry A. *Professor Heinrich Sebastian Frenkel: A forgotten founder of rehabilitation medicine.* *Spinal Cord.* 2004;42: 55-6.
25. Dimyan MA, Dobkin BH, Cohen LG. *Emerging subspecialties: Neurorehabilitation: Training neurologists to retrain the brain.* *Neurology.* 2008; 70:52-4.
26. Medrano BJ. *Manual de electroterapia.* La Paz: Editorial Ediciones Ltda.; 2010. p. 374.
27. Riener R. *Robot-aided rehabilitation of neural function in the upper extremities.* *Acta Neuroch.* 2007;97(Suppl):465-71.
28. Cajal R. *Degeneration and regeneration of the nervous system.* Londres: Oxford University Press; 1928.
29. Barbro B. *Neurorehabilitation and brain plasticity.* *J Rehab Med.* 2003; 35:1.
30. Arango-Lasprilla JC, Quijano MC, Aponte M, et al. *Family needs in caregivers of individuals with traumatic brain injury from Colombia.* *South America. Brain Inj.* 2010;24(7-8):1017-26.
31. Novack TA, Labbe D, Grote M, et al. *Return to driving within 5 years of moderate-severe traumatic brain injury.* *Brain Inj.* 2010;24:464-71.
32. Bayona-Prieto J, Bayona EA, Leon-Sarmiento FE. *Neuroplasticidad, neuromodulación & neurorehabilitación: Tres conceptos distintos y un solo fin verdadero.* *Salud Uninorte.* En prensa 2010.
33. Leon-Sarmiento FE, Valderrama C, Malpica D, Calderón A. *Airplane headaches: time to classify them.* *Headache.* 2008;48:165-6.
34. Leon-Sarmiento FE, Valderrama C, Calderón A, Malpica D, Fajardo H. *Aerocefalea: despegue y aterrizaje de una nueva entidad clínica.* *Rev Fac Med Unal.* 2008;56:77-9.
35. Valderrama C, Feijo D, Gil CH, Jiménez E, Leon-Sarmiento FE. *Medicina para el aeropasajero colombiano. Si no es ahora, entonces ¿cuándo?* *Acta Med Col.* 2008;33:150-2.
36. Rizzo-Sierra CV, Leon-Sarmiento FE. *Pathophysiology of movement disorders due to gravity transitions: the channelopathy linkage in human balance and locomotion.* *Med Hyp.* En prensa 2011.