

Cómo citar este documento

Alcázar Rueda, Elena. Plasticidad cerebral y reeducación de la marcha tras Ictus. Biblioteca Lascasas, 2010; 6(3). Disponible en <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0563.php>

PLASTICIDAD CEREBRAL Y REEDUCACIÓN DE LA MARCHA TRAS ICTUS

RESUMEN

El término neuroplasticidad expresa la capacidad cerebral para minimizar los efectos de las lesiones a través de cambios estructurales y funcionales, unas veces de forma espontánea y otras tras tratamientos de rehabilitación adecuados.

Tras sufrir un Ictus, uno de los objetivos prioritario del equipo médico, del paciente y de su familia, es la recuperación de la marcha, condición esencial de autonomía.

A lo largo de la evolución de la especie humana, el cerebro ha sufrido cambios anatomofuncionales con la finalidad de lograr destrezas. Aunque este ejemplo conceptualiza el principio de la plasticidad cerebral, nuestro tiempo de vida es más limitado, y más limitado aún el requerido en los pacientes con daño neurológico para lograr la recuperación funcional.

La mayoría de los pacientes que sobreviven a un proceso vascular agudo cerebral muestran algún tipo de mejoría espontánea de sus déficits y discapacidades en los primeros meses post-ictus. Los mecanismos de dicha mejoría han sido desconocidos durante mucho tiempo pero, en los últimos años, gracias a los progresos en la metodología de las técnicas de imagen y a los hallazgos neurofisiológicos experimentales, comienzan a ser vislumbrados.

El concepto de “aprendizaje basado en tareas específicas”, basado en la neuroplasticidad, sugiere que las actividades de la vida cotidiana pueden entrenarse y mejorarse en pacientes neurológicos mediante repeticiones continuas.

INTRODUCCIÓN

“Cada hombre es escultor de su propio cerebro”. Santiago Ramón y Cajal

El Real Decreto 2015/1978 define a la Neurología como “la especialidad médica que estudia la estructura, función y desarrollo del Sistema Nervioso Central (SNC) y sistema neuromuscular en estado normal y patológico, utilizando todas las técnicas neurodiagnósticas y medios de estudio y tratamiento actualmente en uso o que se puedan desarrollar en el futuro”.

En los últimos años han tenido lugar enormes progresos en el conocimiento científico y en el tratamiento de las enfermedades neurológicas, progresos en parte debidos a la importante inversión en investigación que se realizó durante el periodo 1991-2000, conocido como la década del cerebro.

El proyecto *“Década del cerebro”* fue una iniciativa patrocinada por la Biblioteca del Congreso y el Instituto Nacional de Salud Mental de los Estados Unidos. El tema central era el fortalecimiento de una toma de conciencia general sobre los beneficios del estudio científico del cerebro. Se declaraba la década iniciada el 1 de enero de 1990 y se centró en cuatro puntos principales:

1. El incremento en la aparición de enfermedades cerebrales y mentales de tipo degenerativo, traumático y congénito.
2. Los avances tecnológicos en microscópica y neuroimagen.
3. Los avances conceptuales en la comprensión de algunos procesos patológicos así como en el desarrollo de algunas ciencias básicas, por ejemplo, la genética o la bioquímica.
4. Avances en disciplinas intermedias como la biología molecular o la genética molecular.

El abordaje ínter y transdisciplinario del estudio del cerebro, característico de esta década, ha sido una de los logros más importantes alcanzados en la neurociencia. Se mostró así que, tal como fuera previsto para otras áreas del conocimiento científico, la aproximación multisistémica es el camino más promisorio para la consecución de explicaciones coherentes, adecuadas a la realidad empírica, y consistentes con las posiciones filosóficas subyacentes a los marcos teóricos empleados.

En las dos últimas décadas del siglo pasado y los primeros años del actual, la progresión de los conocimientos neurológicos ha sido exponencial, tanto en la vertiente básica (fisiopatología molecular, celular, genética), como en la clínica (criterios, procedimientos y técnicas de diagnóstico y de tratamiento).¹

Estos avances también se han producido en el campo de las enfermedades cerebrovasculares, lo que ha conducido a que se conozcan mejor las entidades específicas causales, la fisiopatología y la patogenia del Ictus, a conseguir su diagnóstico específico de forma precoz, y a que se hayan desarrollado múltiples medicamentos o técnicas terapéuticas no farmacológicas

eficaces para tratar una enfermedad para la que no se conocía ninguna opción de tratamiento hace tan sólo unos pocos años.

La patología vascular cerebral, ataque cerebral o Ictus es la tercera causa de muerte en los países occidentales y la primera global en España por entidades específicas. Se admite una cifra media de incidencia entre 150-200 casos por 100.000 habitantes/año y una prevalencia de 500-600 casos por 100.000. En Andalucía, los Ictus constituyen una de las causas más frecuentes de ingreso en los Servicios de Neurología de los hospitales.²

Las tres cuartas partes de los Ictus afectan a pacientes mayores de 65 años, y debido a las previsiones de población en las que España sería en el año 2050 una de las poblaciones más envejecidas del mundo, se prevé un incremento de la incidencia y prevalencia de esta patología en los próximos años.³

Siendo estos datos suficientemente importantes, debemos añadir que, en estudios recientes de Ictus, usando la escala de Rankin modificada, se encuentran otros significativos: sólo en un 25% de los pacientes la recuperación después del Ictus es total (score de 0 ó 1), mientras un 50% presentan en los tres meses siguientes al Ictus distintos grados de minusvalía o discapacidad, con Rankin score de 2, 3 ó 4. Las cifras globales de discapacidad se mantienen de forma similar en el periodo de un año después del accidente agudo.²

El Ictus es la causa más importante de invalidez o discapacidad a largo plazo en el adulto. A los 6 meses del Ictus, el 26,1% de los pacientes han fallecido, el 41,5% están independientes y el 32,4% son dependientes, estimándose de forma global que entre los supervivientes del Ictus el 44% quedan con una dependencia funcional.⁴ Reducir la carga que representa el Ictus en el individuo, la familia y la sociedad, supone un reto para los profesionales sanitarios, los sistemas de salud y la comunidad científica en general. Aunque la prevención primaria es crucial, y seguirá siendo la piedra angular de los esfuerzos para reducir la discapacidad global por Ictus, existe demostración acumulada de que la mejora sistemática del manejo del Ictus, incluida la rehabilitación, puede también reducir la mortalidad y la discapacidad por esta causa.⁵

La gravedad inicial del Ictus va a determinar el tiempo y el grado de recuperación: a mayor gravedad inicial, menor recuperación y más lenta. Más allá del quinto-sexto mes post-ictus, es difícil objetivar un mayor grado de recuperación mediante las escalas estándar que valoran las actividades de la vida diaria básicas (AVD).

La aproximación más exacta hasta la fecha a esos patrones de recuperación según la gravedad de presentación del Ictus son los investigados por el Copenhagen Stroke Study (CSS). El CSS es una línea de investigación prospectiva y comunitaria, que describe la evolución y el curso temporal de la recuperación post-ictus en 1.197 pacientes sin selección previa, estratificándolos por la gravedad clínica inicial. La mortalidad inicial (21%)

redujo la población a 947 supervivientes que fueron seguidos en los seis meses posteriores al Ictus. De la población total, al alta de rehabilitación, el 15% son institucionalizados y el 64% son derivados a sus domicilios particulares. Respecto al patrón de recuperación en el tiempo, el CSS muestra que la recuperación funcional se completa en el 95% de los pacientes a las 13 semanas y varía con la gravedad inicial del Ictus. La función más alta en AVD se alcanza en un promedio de 2 meses (8,5 semanas) en pacientes con Ictus inicialmente leves, dentro de los 3 meses (13 semanas) en pacientes con Ictus moderados, a los 4 meses (17 semanas) en pacientes con Ictus graves y a los 5 meses (20 semanas) en los Ictus muy graves.⁶

En España se han publicado resultados tras rehabilitación de pacientes con déficit y discapacidad inicial entre moderada y muy grave. Los resultados están en línea con lo publicado por el CSS para grupos semejantes de pacientes. Entre un 60 y un 75% de estos pacientes con afectación moderada a muy grave recuperan la capacidad de marcha independiente, y un porcentaje cercano al 50% recuperan niveles de independencia funcional en AVD, obteniéndose ganancias funcionales con tratamiento de rehabilitación multidisciplinario en fase aguda y subaguda, superiores a 50 puntos en la escala de Barthel.⁷

La percepción de salud entre las personas con secuelas por Ictus a los dos años es menor que la población general. Los factores que determinan una menor calidad de vida son la depresión, la dependencia de tercera persona en las áreas de función motora y la necesidad de ayuda social.⁸

Aunque la enfermedad vascular cerebral es más frecuente en edades avanzadas, también ocurre en pacientes menores de 55 años, y aunque la recuperación funcional puede ser buena en el 78% de los casos, aproximadamente un 30% deja su actividad laboral, un 22,5 % de los pacientes afirman haber perdido amistades después del Ictus y un 57 % abandona las actividades recreativas previas.⁹

Si bien es cierto que se ha conseguido una disminución en la mortalidad intrahospitalaria, los efectos han sido mucho más limitados en la prevención del daño cerebral y en la reducción de las secuelas incapacitantes.

REHABILITACIÓN DEL ICTUS

Todo lo anteriormente expuesto, justifica nuestro interés por el tema que nos ocupa, pues uno de los objetivos prioritario del equipo médico, del paciente y de su familia, es la recuperación de la marcha, condición esencial de la autonomía.

La rehabilitación en el Ictus es un proceso terapéutico complejo que intenta que la persona afectada desarrolle de nuevo su máximo potencial físico, psicológico y social, proporcionarles las herramientas para cambiar su propia vida.

Además del propio paciente y su familia, en la rehabilitación participa un equipo multidisciplinario que estará integrado por médicos especialistas en rehabilitación, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, logopedas, neuropsicólogos, personal de enfermería y trabajadores sociales.

Las alteraciones de la función motora son las deficiencias más aparentes en el hemipléjico porque dificultan o impiden la ejecución de movimientos voluntarios.

Clásicamente, se describen por separado tres trastornos elementales: el déficit motor o déficit de la orden motora, la hipertonía piramidal o espasticidad y las sincinesias o contracciones, a los que hay añadir los cambios musculares como hipoextensibilidad y retracciones. De la interconexión de todos ellos dependerá la motricidad del hemipléjico.

En estos pacientes, al no poderse expresar la intencionalidad ni la regulación automática del movimiento, la motricidad pierde su capacidad adaptativa y su flexibilidad y se vuelve estereotipada, desorganizada, arcaica y desprovista de toda funcionalidad.¹⁰

Tradicionalmente se han venido realizando de forma casi sistemática, movilizaciones de los segmentos paralizados con la finalidad de mantener el trofismo articular y muscular y así evitar rigideces articulares y retracciones musculares y tendinosas.

Al inicio de la recuperación del comando motor, las movilizaciones se han hecho más asistidas y de forma progresiva por parte del terapeuta, introduciendo pequeñas resistencias, para potenciar de esta forma determinados grupos musculares ya activos.

Histórica y conceptualmente, las técnicas de tratamiento de fisioterapia se pueden agrupar en tres grandes grupos: técnicas de compensación, técnicas de facilitación y las técnicas más modernas, entre las que destaca el reaprendizaje motor orientado a tareas específicas.

-Técnicas de compensación: Fueron las primeras que se utilizaron. El tratamiento se centra en reentrenar las capacidades residuales utilizando sobre todo el hemicuerpo no afectado.

-Técnicas de facilitación: Desarrolladas a partir de 1940 con el objetivo de mejorar ("facilitar") la calidad del movimiento en el lado afectado. Los métodos tradicionales de facilitación son:

-Abordaje de Rood: Su método tiene hoy un interés puramente histórico.

-Método Bobath: conocido y utilizado mundialmente durante muchos años y vigente en la actualidad. El enfermo con Ictus iría evolucionando desde patrones arcaicos de movimiento a patrones cada vez más superiores y se trataría de guiar y estimular mediante técnicas de facilitación de la motilidad y de inhibición de la espasticidad y de los patrones patológicos, la adquisición de conductas motoras cada vez más evolucionadas y normalizadas. Si se le permite realizar movimientos anormales sólo conseguiremos reforzar los

patrones patológicos.

-Método Brunnstrom: Brunnstrom propone utilizar los estímulos aferentes para iniciar el movimiento que el paciente era incapaz de producir voluntariamente. Una vez que el paciente consiga realizar las sinergias de las extremidades podrá ir adquiriendo combinaciones de movimientos que se derivan de esas sinergias. Las sinergias según este método siempre preceden a la recuperación del movimiento normal.

-Facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP): El creador del método de FNP fue Kabat. La FNP se basa en utilizar estímulos periféricos de origen superficial (tacto) o profundo (posición articular, estiramiento de músculos y tendones) para estimular el sistema nervioso con el fin de aumentar la fuerza y la coordinación muscular. Parte del concepto de que los músculos no trabajan aisladamente sino en estrecha y mutua colaboración para realizar cualquier acto motor. El terapeuta no solicita al músculo o músculos débiles de una forma aislada o analítica, sino integrándolos dentro del conjunto muscular en el que están acostumbrados a trabajar. No dedican una atención especial al control de la espasticidad.

Durante los años 60, 70 e inicios de los 80, se produjeron pocas novedades en el tratamiento del Ictus. Los seguidores de los métodos de facilitación continuaron difundiendo las técnicas y surgen algunas variantes, sobre todo del método Bobath que se denominaron Terapias del Neurodesarrollo.

En las dos últimas décadas hemos venido observando la aparición de otros enfoques que intentan suplementar o incluso superar los anteriormente citados¹¹ a los que critican de pasivos y de estar basados exclusivamente en conductas automáticas.

Las tendencias actuales parecen apoyarse en el fenómeno de plasticidad neuronal y en la rehabilitación orientada a tareas.

PLASTICIDAD CEREBRAL

A lo largo de la evolución de la especie humana, el cerebro ha sufrido cambios anatomofuncionales con la finalidad de lograr destrezas. Este es el caso del homo habilis, que fue el primer poseedor de la impresión craneana correspondiente al giro frontal inferior (donde se encuentra el área de Broca) correlacionándose con la creación de las primeras herramientas. Más tarde en la evolución, 40.000 años antes de Cristo, dicho giro se fue diferenciando para lograr la expresión del lenguaje, mostrando que una misma área cerebral puede readaptarse para cumplir funciones tan complejas y disímiles como son la destreza manual y el habla.

Aunque este ejemplo conceptualiza el principio de la plasticidad cerebral, es decir la condición del cerebro de reorganizarse y readaptarse funcionalmente, nuestro tiempo de vida es más limitado, y más limitado aún el requerido en los pacientes con daño neurológico para lograr la recuperación funcional.¹²

La mayoría de los pacientes que sobreviven a un proceso vascular agudo cerebral muestran algún tipo de mejoría espontánea de sus déficits y discapacidades en los primeros meses post-ictus. Los mecanismos de dicha mejoría han sido desconocidos durante mucho tiempo pero, en los últimos años, gracias a los progresos en la metodología de las técnicas de imagen (Resonancia Magnética Funcional, Estimulación Magnética Focal Transcraneal, Tomografía de Emisión de Positrones,...) y a los hallazgos neurofisiológicos experimentales, comienzan a ser vislumbrados. La posibilidad de estudiar la función del cerebro en personas vivas mediante técnicas de neuroimagen funcional ha dado un enorme impulso a las investigaciones.¹³⁻²⁰

Uno de los avances más importantes de los últimos años ha sido el descubrimiento de que el cerebro del adulto posee una plasticidad mucho mayor de lo que anteriormente se creía.²¹ Aprovechar al máximo esa plasticidad es uno de los principales objetivos de las nuevas modalidades de tratamiento. El término neuroplasticidad expresa la capacidad cerebral para minimizar los efectos de las lesiones a través de cambios estructurales y funcionales, unas veces de forma espontánea y otras tras tratamientos de rehabilitación adecuados.²²⁻²⁴

La utilización selectiva y repetitiva de partes del cuerpo en actividades funcionales relevantes, aumenta su representación en la corteza motora. Varios estudios han demostrado que el aprendizaje, adquisición y retención de tareas motoras específicas condiciona cambios estructurales en el cerebro del adulto.^{25,26}

¿Podemos modular o conducir los cambios de la adaptación o reorganización funcional que se produce tras un daño cerebral? Los datos anteriores crean expectativas de que podamos influir positivamente en el proceso de reorganización cerebral tras el ictus con algún tipo de intervención específica pues existen varias estrategias que parece que pueden influir en esta modulación, como por ejemplo la restricción motora del miembro sano, el incremento de las entradas somatosensoriales desde el miembro parético, entrenamiento motor, etc.^{27,28}

En 1986, Carr y Sheperd, dos fisioterapeutas australianas, describen su "programa de reaprendizaje motor en el ictus", basado en la práctica de tareas funcionales concretas de manera que la reorganización o nuevas adaptaciones cerebrales están orientadas a esas tareas específicas, dando más importancia al control consciente de la tarea en sí, que a los automatismos o a las sinergias que se utilizan.²⁹ Varios ensayos clínicos sugieren que el reaprendizaje orientado a tareas es más eficaz que las terapias tradicionales.^{30,31} Consideran al paciente un participante activo en su recuperación. En vez de "tratar" al paciente, el objetivo es "entrenarlo". La adquisición de una nueva habilidad implica la capacidad de realizarla de diferentes formas y poder adaptarse a las demandas ambientales. El concepto de organización jerárquica del SNC intenta ser superado por este enfoque³² intentando además explicar el control de todas las conductas motoras gracias a un sistema complicado de interacciones en el que existiría un control multisistémico, ejerciendo influencias en paralelo, con vistas a realizar una tarea específica. Es decir, en la conducta motriz no

sólo sería el SNC el que influiría, sino también otros sistemas como el musculoesquelético y el ambiente exterior, por lo que deben ser tenidos en cuenta en el tratamiento.

Se establece que el entrenamiento es beneficioso si produce un cambio provechoso dirigido a un fin funcional que disminuya alguna de las discapacidades que presenta el paciente hemipléjico. En el aprendizaje o adquisición de una determinada conducta motora se suceden dos fases. En la primera o cognitiva el paciente toma conciencia de dicha conducta y valora las posibilidades de cómo lograrla, ayudado por los comandos verbales del terapeuta, quien puede además introducir variaciones en el entorno para facilitar dicha conducta. Después vendrá la fase de perfeccionamiento que terminará en la automatización de los gestos entrenados y finalmente la inclusión de esas conductas en gestos funcionales más complejos, en un entorno lo más parecido posible a las situaciones reales cotidianas.³³

La neurorehabilitación está dominada por el concepto de que la ejecución repetida de una acción produce una reorganización cortical que conlleva al aprendizaje motor y por ende a la adaptabilidad de una función previamente perdida.³⁴⁻³⁶

REEDUCACIÓN DE LA MARCHA

Como apuntamos anteriormente, tras sufrir un Ictus, uno de los objetivos prioritarios del equipo multidisciplinar implicado en el tratamiento, de la familia y por supuesto del propio paciente, es la recuperación de la marcha, condición esencial de autonomía.

La reeducación de la marcha según las técnicas "orientadas hacia la tarea" no debe retrasarse como se hace en la metodología clásica de Bobath hasta que el paciente ha conseguido un buen control cefálico y del tronco en sedestación y en bipedestación y han desaparecido las reacciones anómalas y la espasticidad ha sido controlada, sino que aseguran que la marcha es una actividad funcional automática que puede y debe adiestrarse de forma precoz aún a pesar de la ausencia de los condicionantes anteriores.

Durante los últimos años, las técnicas de rehabilitación han intentado mejorar la calidad de la marcha haciéndola una deambulación estable, segura, armoniosa y funcionalmente eficaz.³⁷⁻⁴⁴

Si analizamos las nuevas modalidades de tratamiento que intentan aprovechar al máximo esa plasticidad modulando o conduciendo los cambios de la adaptación o reorganización funcional que se produce tras un daño cerebral^{45,46} encontramos el uso de dispositivos electromecánicos como la Pasarela rodante, con o sin apoyo del peso corporal, que permite a estos pacientes la práctica repetitiva de ciclos de marcha complejos, pero cuenta como principal inconveniente el esfuerzo que deben realizar los terapeutas para fijar los miembros parético y para controlar el cambio de peso, lo que puede limitar la intensidad del tratamiento especialmente en los pacientes con

discapacidad más grave.

Para salvar este inconveniente se crearon Las máquinas de marcha electromecánicas automatizadas, como "Gait Trainer, el cual se basa en un sistema doble de engranajes de manivela y balancín. A diferencia de la pasarela rodante, el "Gait Trainer "electromecánico consta de dos placas para los pies colocadas en dos barras, dos balancines y dos manivelas, que proporcionan la propulsión. El paciente, asegurado por un arnés, se coloca en las placas para los pies, que simulan simétricamente la postura y las fases de oscilación de la marcha. Un motor servocontrolado guía al paciente durante el ejercicio para caminar.^{38,47}

"Lokomat"^{37,39} consta de una ortesis robotizada en forma de exoesqueleto, que se combina con un sistema de peso corporal soportado por arneses y una pasarela rodante, donde las piernas del paciente son guiadas por el dispositivo robotizado según un modelo de marcha preprogramado, automatizándose el entrenamiento de marcha.

La FES (Estimulación eléctrica funcional) utiliza la electroestimulación neuromuscular y tiene su base en el control de músculos inervados para conseguir movimientos funcionales con objetivos concretos. La aplicación más simple, y una de las más utilizadas, es la estimulación del nervio peroneo para conseguir la dorsiflexión del tobillo durante la marcha.

Tradicionalmente se viene utilizando como sustitución ortésica, habiéndose obtenido resultados muy favorables en distintos aspectos de la marcha. Recientemente se están realizando estudios en estadios subagudos para ver el efecto de FES, describiendo las diferencias en la marcha con y sin neuroprótesis durante las primeras semanas tras el Ictus, para ofrecer perspectivas clínicas sobre el uso de FES en esta fase y para determinar la viabilidad de su uso, así como ver la recuperación motora del miembro inferior y la capacidad de la marcha, habiéndose obtenido resultados favorables usando FES en vez de sólo el tratamiento de fisioterapia convencional.⁴⁸⁻⁵⁵

REFLEXIONES FINALES

Existen varias estrategias que parece que pueden influir positivamente en el proceso de reorganización cerebral tras el Ictus, entre las que destaca el reaprendizaje motor orientado a tareas. Esta técnica fue descrita por dos fisioterapeutas australianas, Carr y Sheperd y está basada en la práctica de tareas funcionales concretas de manera que la reorganización o nuevas adaptaciones cerebrales están orientadas a esas tareas específicas.

En los últimos años también se ha demostrado que una mayor intensidad de práctica para caminar (que resulta en más repeticiones entrenadas) da lugar a mejores resultados para los pacientes después de un accidente cerebrovascular.

El uso de dispositivos de entrenamiento de marcha asistido por aparatos

electromecánicos en combinación con fisioterapia aumenta las perspectivas de recuperar la capacidad para caminar de forma independiente para los pacientes después de un accidente cerebrovascular.

Entre estos dispositivos destacan: Pasarela rodante (con o sin apoyo del peso corporal), "Gait Trainer", "Lokomat" y la FES (Estimulación eléctrica funcional).

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Plan Estratégico Nacional para el tratamiento integral de las enfermedades neurológicas. Sociedad Española de Neurología; 2002.
- 2.- Plan andaluz de ataque cerebral agudo 2008. Consejería de Salud. Servicio Andaluz de Salud; 2008.
- 3.- Previsiones de cambio en la población. Organización Mundial de la Salud 2002. Disponible en: <http://who.int/home-page/index.es.shtml>
- 4.- Duran MA et al. Informe ISEDIC. 2ªed. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas; 2004.
- 5.- Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud. Ministerio de sanidad y consumo; 2008.
- 6.- Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of walking function in stroke: the Copenhagen Stroke Study. Arch Phys Med Rehabil 1995;76:27-35.
- 7.- Pinedo Otaola S, Miguel de la Vila F. Evolución y pronóstico de la discapacidad en pacientes con hemiplejía. Med Clin 2000; 115: 487-92.
- 8.- Marco E, Duarte E, Santos JF, Boza R, Tejero M, Belmonte R, et al. Cuestionario de salud Short Form 36 en pacientes hemipléjicos a los 2 años postictus. Neurología. 2006, Sep; 21(7):348-56.
- 9.- Rodríguez García J, Expósito Tirado JA, Salvador Camacho J, Ferrán-Ferri P, Pérez Herrera JC, del Pino Alagarrada R. Recuperación Funcional y reincorporación sociolaboral en el paciente joven tras Ictus. Neurología, 2004;19:160-7.
- 10.- Daviet IC, Dudognon PJ, Salle JY, Munoz M, Lissandre JP, Rebeyrotte I. Rehabilitación en caso de accidente cerebrovascular. Estudio general y tratamiento. Encycl Med Chir. Kinesiterapia-Medicina Física. 2002; 26-455-A 10.
- 11.- Jette D.U, Latham K. N, Smout J. R, Gassaway J, Slavin M. D, Horn S.D. Physical Therapy Interventions for Patients With Stroke in Inpatient Rehabilitation Facilities. PhysTer. 2005; 85(3): 238-48

12.- Fridman E. Plasticidad cerebral y aprendizaje en la neurorehabilitación. Archivos de Neurología, Neurocirugía y Neuropsiquiatría. 2008;8(2):40-53.

13.- Fujii Y, Nakada T. Cortical reorganization in patients with subcortical hemiparesis: neural mechanisms of functional recovery and prognostic implication. J Neurosurg. 2003; 98:64–73.

14.- Aronen HJ, Laakso MP, Mose M, Perkiö J. Diffusion and perfusion – weighted magnetic resonance imaging techniques in stroke recovery. Eura medicophys. 2007; 43: 271-84.

15- Rossini P.M, Altamura C, Ferreri F, Melgari J-M, Tecchio F, Tombini M, et al. Neuroimaging experimental studies on brain plasticity in recovery from stroke. Eura medicophys. 2007;43:241-254.

16.- Bernad D MI, Doyon J. The Role of Noninvasive Techniques in Stroke Therapy. International Journal of Biomedical Imaging. 2008.

17.- Boyd LA, Vidoni ED, Daly JJ. Answering the Call: The Influence of Neuroimaging and Electrophysiological Evidence on Rehabilitation. Phys Ther. 2007, June;87(6): 684-703.

18.- Sharma N, Baron JC, Rowe JB. Motor imagery after stroke: relating outcome to motor network connectivity. Ann Neurol. 2009;66(5):604-16.

19.- Butler AJ, Page SJ. Mental practice with motor imagery: evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. Arch Phys Med Rehabil 2006;87(12 Suppl 2):2-11.

20.- Liepert J, Bauder H, Wolfgang HR, Miltner WH, Taub E, Weiller C. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. Stroke. 2000;31(6):1210-6.

21- Nudo RJ. Postinfarct Cortical Plasticity and Behavioral Recovery. Stroke. 2007;38:840-845.

22.- Pascual-Castroviejo I. Plasticidad cerebral. Revneurol. 1996;24(135):1361-5.

23.- Mountz JM. Nuclear medicine in the rehabilitative treatment evaluation in stroke recovery. Role of diaschisis resolution and cerebral reorganization. Eura medicophys. 2007;43: 221-239.

24.- Bütefisch C.M. Plasticity in the Human Cerebral Cortex: Lessons from the Normal Brain and from Stroke. The Neuroscientist. 2004;10(2):163-173.

25.- Pascual-Leone A, Cammarota A, Wassermann EM, Brasil-Neto JP et al. Modulation of motor cortical outputs to the reading hand in Braille readers. Ann Neurol. 1995;38:910-15.

- 26.- Liepert J, Uhde I, Graf S, Leidner O, Weiller C. Motor cortex plasticity during forced-use therapy in stroke patients: a preliminary study. *J. Neurol.* 2001; 248:315–321.
- 27.- Ward N.S, . Cohen L. G, Mechanisms Underlying Recovery of Motor Function After Stroke. *Arch Neurol.* 2004 dic;61:1844-48.
- 28.- Kleim JA. Jones TA. Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. *J Speech Lang Hear Res* 2008;51:225-239.
- 29.- Carr JH, Shepherd RB. A motor relearning programme for stroke Rockville: Aspen System;1987.
- 30- Dean CM, Richards CI. Task-related circuit training improve performance of locomotor task in chronic stroke a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81:409-17.
- 31.- Chan D.Y , Chan C.C , Au D.K. Motor relearning programme for stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2006; 20(3): 191-200.
- 32.- Beudoin N, Fleury J, Boulanger YL. Reeducation des accidents vasculaires cerebraux. Bilan et prise en charge. *Encycl Med Chir. Kinesiterapie-Medicine Physique-Readaptation.* 1994; 26-455-A 10.
- 33.- Beudoin N, Fleury J. Techniques de reeducation neuromusculaire appliquees a l'accidenté vasculaire cerebrale adulte. *Encycl Med Chir .Kinesiterapie- Medicine physique- Readaptation.* 1995; 26-455-B 10.
- 34.- Kwakkel G, Wagenaar R.C, Twisk J.W , Lankhorst G. J, Koetsier J C. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral artery stroke: a randomised trial. *Lancet.* 1999;354: 191-96.
- 35.- Butefisch C.M, Netz J, Webling M, Seitz R.J. and Hömberg V. Remote changes in cortical excitability after stroke. *Brain.* 2003;126: 470-481.
- 36.- Dobkin B.H. Impairments, Disabilities, and Bases for Neurological Rehabilitation after Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 1997;6(4):221-226.
- 37.- Husemann B, Müller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. Effects of Locomotion Training With Assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in Hemiparetic Patients After Stroke: A Randomized Controlled Pilot Study. *Stroke* 2007;38:349-354.
- 38.- Sousa CO, Barela JA, Prado-Medeiros CL, Salvini TF, Barela AM. The use of body weight support on ground level: an alternative strategy for gait training of individuals with stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2009;6:43.

39.- Hidler J, Nichols D, Pelliccio M, Brady K, Campbell DD, Kahn JH, Hornby TG. Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009 Jan;23(1):5-13.

40.- Lindquist AR, Prado CL, Barros RM, Mattioli R, Lobo da Costa PH and Salvini TF. Gait Training Combining Partial Body-Weight Support, a Treadmill, and Functional Electrical Stimulation: Effects on Poststroke Gait. *Phys Ther*. 2007;87(9): 1144-54.

41.- Yavuzer G, Geler-Külcü D, Sonel-Tur B, Kutlay S, Süreyya Ergin, Stam H. J. Neuromuscular Electric Stimulation Effect on Lower-Extremity Motor Recovery and Gait Kinematics of Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006 April; 87:536-540.

42.- Woldag H , Hui-Chan C.W.Y. .- Modern Therapeutic Approaches in the Rehabilitation of Walking Ability After stroke. *Stroke*. 2005;36:932-933.

43.- Daly J.J., Roenigk K, Holcomb J, Rogers J. M., Butler K, Gansen J, et al. A Randomized Controlled Trial of Functional Neuromuscular Stimulation in Chronic Stroke Subjects. *Stroke*. 2006;37:172-178.

44.-Kottink A, Oostendorp L, Buurke J , Nene A, Hermens H, Ijzerman M. The Orthotic Effect of Functional Electrical Stimulation on the Improvement of Walking in Stroke Patients with a Dropped Foot: A Systematic Review. *Artif Organs*. 2004;28(6):577–586.

45.- Wevers L, van de Port I, Vermue M, Mead G, Kwakkel G. Effects of task-oriented circuit class training on walking competency after stroke: a systematic review. *Stroke*. 2009 Jul;40(7):2450-9.

46.- French B, Thomas LH, Leathley MJ, Sutton CJ, McAdam J, Forster A, et al. Repetitive task training for improving functional ability after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007 Oct 17;(4):CD006073.

47.-Mehrholtz J, Werner C, Kugler J, Pohl M. Entrenamiento asistido por aparatos electromecánicos para caminar después de un accidente cerebrovascular. *Biblioteca Cochrane Plus*, 2008; 2:

48.-Hara Y. Neurorehabilitation with new functional electrical stimulation for hemiparetic upper extremity in stroke patients. *J Nippon Med Sch*. 2008 Feb;75(1):4-14.

49.- Pomeroy VM, King L, Pollock A, Baily-Hallam A, Langhorne P. Electroestimulación para promover la recuperación del movimiento o la capacidad funcional después del accidente cerebrovascular. *The Cochrane Library* 2008;2 .Disponible en: <http://www.update-software.com>

50.-Ring H, Treger I, Gruendlinger L, Hausdorff J. Neuroprosthesis for Footdrop Compared with an Ankle-Foot Orthosis: Effects on Postural Control during Walking. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2009;18(1): 41-47.

51.-Lyons G, Sinkjær T, Burridge J, Wilcox D. A Review of Portable FES-Based Neural Orthoses for the Correction of Drop Foot. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2002;10(4):260-79.

52.- Laufer Y, Hausdorff,J, Ring H. Effects of a Foot Drop Neuroprosthesis on Functional Abilities, Social Participation,and Gait Velocity. *Am J Phys Med Rehab.* 2009 I; 88(1):14-20.

53.- Maple F.W , Tong R, Li L. A Pilot Study of Randomized Clinical Controlled Trial of Gait Training in Gait Trainer and Functional Electrical Stimulation: Six-Month Follow-Up Subacute Stroke Patients With Partial Body-Weight Support Electromechanical. *Stroke.* 2008;39;154-160.

54.- Dunning K, Black K, Harrison A, McBride K, Israel S. Neuroprosthesis Peroneal Functional Electrical Stimulation in the Acute Inpatient Rehabilitation Setting:A Case Series. *Phys Ther.* 2009;89(5): 499-506.

55.- Yan T, C Hui-Chan , Li L.Functional Electrical Stimulation Improves Motor Recovery of the Lower Extremity and Walking Ability of Subjects With First Acute Stroke: A Randomized Placebo-Controlled Trial. *Stroke.* 2005;36:80-85.

