

Diferencias entre la rehabilitación tradicional y la robótica sobre funciones cognitivas en pacientes con parálisis cerebral

Differences between traditional and robotic rehabilitation on cognitive functions in patients with cerebral palsy

Salvador Martínez-Cabrera ^a, Javier Sánchez-Betancourt ^b, Arturo Meza-Amaya ^c,
Rubén Avilés-Reyes ^d, Rita S. Trillo-Gabaldón ^e, Arturo Domínguez ^f

Abstract:

Cerebral palsy is frequently current as the most frequent motor and disabling impairment in the childhood stage, which is why the improvement of motor skills has been given the main importance in order to start the march early. The objective of the present work was to analyze whether there are differences between robotic and conventional stimulation in patients with CP aged 6 to 12 years using the Reynolds Intelligence Assessment test (RIAS). 44 files were reviewed, of which they were eliminated. The patients were already undergoing rehabilitation programs that were given twice a week at home (in the case of patients receiving conventional rehabilitation) and at the time of being evaluated they had 8 months of treatment. Visuospatial function, intelligence and memory were evaluated in two main groups, group CRIT Tijuana with children (n=15) of school age who received robotic gait training compared to children (n=15) with conventional training in General Hospital and DIF of Ensenada. Both groups were evaluated by Reynolds Intelligence Evaluation instrument (RIAS). The average value of the general index of the RIAS test after rehabilitation was and 56.46 for group traditional rehabilitation and 68.38 for group robot assisted rehabilitation, respectively. Statistical analysis showed statistically significant differences ($U=50$, $p<.05$) when compared index global for RIAS. Similar results were found in other categories of the test; verbal index [$t(26)=2.1$, $p<.05$], non-verbal index [$t(27)=2.4$, $p<.05$] and working memory [$t(27)=4.52$, $p<.001$].

Keywords:

cerebral palsy, visuospatial function, robotic gait therapy, conventional gait therapy, work memory

Resumen:

La parálisis cerebral es considerada actualmente como la afectación motora e incapacitante más frecuente en la etapa de la niñez, por lo que se le ha dado principal importancia a la mejora de la motricidad con el objetivo de iniciar la marcha tempranamente. En la última década se ha iniciado el estudio de la repercusión de esta entidad a nivel cognitivo, sin que se cuente con suficientes evidencias. En el presente estudio se evaluó la función de la memoria en dos grupos, grupo que recibió rehabilitación asistida por robot (n=15) y el grupo con rehabilitación tradicional (n=15). La muestra recabada estaba en edad escolar y pertenecía a las ciudades de Ensenada y Tijuana, Baja California. Ambos grupos fueron evaluados mediante el instrumento Evaluación de la Inteligencia de Reynolds (RIAS). Se encontró que el valor promedio del índice general de la prueba RIAS después de la rehabilitación fue de 68.38 y 56.46 para el grupo de estimulación robótica y estimulación convencional, respectivamente. El análisis estadístico confirmó que había diferencias en los dos grupos ($U=50$, $p<.05$), es decir, que el grupo que recibe la terapia robótica tuvo un mejor desempeño en las funciones evaluadas por la prueba RIAS en comparación con el grupo que recibió la rehabilitación tradicional.

Palabras Clave:

Parálisis cerebral, memoria de trabajo, RIAS, rehabilitación asistida por robot, rehabilitación física tradicional

^a CETyS Universidad. <https://orcid.org/0000-0003-2373-2979>. Email: smartinez52@uabc.edu.mx

^b FCAyS-Universidad Autónoma de Baja California. <https://orcid.org/0000-0003-1122-6438>. Email: tadeo.sanchez@uabc.edu.mx

^c FCAyS-Universidad Autónoma de Baja California. <https://orcid.org/0000-0003-3214-6058>. Email: arturomeza@uabc.edu.mx

^d FCAyS-Universidad Autónoma de Baja California. <https://orcid.org/0000-0001-5328-3081>. Email: ruben.aviles.reyes@uabc.edu.mx

^e FCAyS-Universidad Autónoma de Baja California. <https://orcid.org/0000-0002-6298-1209>. Email: rita.trillo@uabc.edu.mx

^f FCAyS-Universidad Autónoma de Baja California. <https://orcid.org/0000-0003-1435-8559>. Email: dominguez.arturo@uabc.edu.mx.

Introducción

El término Parálisis Cerebral (PC) data su origen al año 1862 cuando William John Little, cirujano ortopedista de profesión observó a un grupo de niños que presentaban alteraciones en el tono muscular que describió como *rigidez espástica* y en su historial clínico concluyó que dichos trastornos motores eran secuelas de los procesos gestacionales y del nacimiento (Schifrin y Longo, 2000). La PC Infantil, representa la alteración psicomotora más frecuente en edades tempranas (con 1.5 a 2.5 % de incidencia) por afectación directa sobre sistema nervioso central durante los periodos del desarrollo, pudiendo ser prenatal, perinatal y neonatal temprano (Blair et al., 2019).

Debido a la gravedad de las alteraciones motoras, la investigación y el tratamiento de la PC se enfocó desde hace varias décadas en la función motriz (Muriel et al., 2015; Robaina, 2010; Young, et al. 2010). Hoy en día, la mayoría de los instrumentos de evaluación y terapias usadas para la rehabilitación siguen con este enfoque, siendo el programa de terapia física el más empleado debido a su efectividad (Booth et al., 2018). Dicho programa consiste en mejorar la velocidad de la marcha, balance y la resistencia muscular a través de la estimulación asistida por profesionales en terapia física (Moreau et al., 2016). De manera complementaria a este tipo de programas se han evaluado opciones para la recuperación como la administración de onabotulinumtoxin A intramuscular, relajantes musculares sistémicos e intratecales, administración de vitaminas B1 y B12 o rizotomía dorsal selectiva y terapias físicas/ocupacionales (Tang et al., 2021; Vitrikas et al., 2020; Li et al., 2019; Tilton, 2006).

El desarrollo de la tecnología también ha permitido la inclusión de dispositivos robóticos para mejorar la marcha (Ammann-Reiffer et al., 2017). El uso de programas de rehabilitación que incluyen tales dispositivos muestran mejoras en los pacientes en la velocidad de marcha, saturación de oxígeno y balance que se mantienen hasta por tres meses (Yazıcı et al., 2019). Dichos cambios han representado una mejora en la rehabilitación y muestran mejores resultados que la terapia física tradicional (Peri et al., 2017).

En cuanto a la esfera cognitiva, se ha reportado que los pacientes con parálisis cerebral muestran lentitud en el procesamiento cognitivo en comparación con pacientes normales (Ego et al., 2015; Bodimeade et al., 2013; Anderson et al., 2011). Aunque algunos estudios evalúan el efecto de tratamientos tanto en la función motora y cognitiva (Li et al., 2019), es escasa la evidencia de programas de rehabilitación motora sobre la cognición. El presente estudio resalta la necesidad de evaluar el funcionamiento cognitivo en pacientes que ya han recibido

tanto la rehabilitación de terapia física tradicional como la rehabilitación asistida por un dispositivo robótico. El objetivo de esta investigación fue analizar si existen diferencias en funciones cognitivas en pacientes con PC con edades de 6 a 12 años que han recibido estimulación robótica y convencional mediante la prueba de Evaluación de la Inteligencia de Reynolds (RIAS).

Método

Participantes

Se revisaron un total de 44 expedientes, de los cuales se eliminaron 3 lactantes, 2 correspondientes al grado V GMFCS (Sistema de clasificación de la función motora gruesa) y 9 fallecidos, lo que dio una población total de 30 pacientes. Al momento de llevar a cabo el estudio, los pacientes ya estaban en programas de rehabilitación que se daban 2 veces por semana y tenían 8 meses de tratamiento.

Los pacientes pertenecían a las ciudades de Tijuana y Ensenada, Baja California. La mitad de ellos eran atendidos en el Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón Tijuana (CRIT-Tijuana) mientras que la otra mitad en el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia Ensenada (DIF-Ensenada). De esta forma, se establecieron dos grupos, el grupo DIF-Ensenada (que recibía rehabilitación tradicional) (n=15) y el grupo CRIT-Tijuana (que recibía rehabilitación asistida por un robot) (n=15).

Los criterios de inclusión/exclusión consistieron en que fueran niños en edad escolar (6 a 12 años), diagnosticados con PC y que de acuerdo con la clasificación de GMFCS correspondan a los grados I, II, III. Además, que correspondan a las tres categorías de PC, (espástica, discinética, ataxia), que no sean extranjeros y que la PC no sea secuela de malformaciones congénitas encefálicas. También se descartaron los síndromes genéticos o dimorfismo, la presencia de crisis convulsivas y el diagnóstico de epilepsia.

Consideraciones éticas

Para la presente investigación se realizó solicitud de aprobación al Comité de Ética de CETYS Universidad, respaldado por el decreto de Helsinki.

Instrumentos

Se aplicó la escala de evaluación de la inteligencia de Reynolds (**RIAS**). Es una escala de aplicación individual, con un rango de edad de 3 a 94 años, con una duración aproximada de 40 minutos en su aplicación, cuya finalidad es la de evaluar la capacidad intelectual y memoria en niños, adolescentes y adultos. Consta de manual, cuadernillo de anotaciones y tres cuadernillos de estímulos. Es una prueba de inteligencia,

cuyo objetivo es evaluar funciones neurológicas superiores en forma individual, proporcionando un índice de inteligencia verbal y no verbal, sumado a otras dos categorías, que son memoria y función ejecutiva.

Tipos de rehabilitación

La rehabilitación física tradicional consistía en la manipulación directa por parte de fisioterapeutas en los pacientes con PC, les ayudaban a mantener la postura, a realizar ejercicios de simulación de marcha, al fortalecimiento de músculos de las piernas, así como al estiramiento de las extremidades; se daban 3 sesiones por semana y en algunos casos, los terapeutas iban al domicilio de los pacientes para dar la terapia. En el caso de la rehabilitación asistida por el robot, se colocó a los niños en una armadura (exoesqueleto que recubre las piernas y cadera) que se ajusta a su estatura, era programada para realizar marchas en una cinta para caminar durante intervalos variables de 5, 10 o 15 minutos. Un programa conectado a la armadura establecía diferentes rutinas de acuerdo con el nivel de avance de cada paciente, variando en actividades de fortalecimiento de músculos implicados en la postura o mejorar la calidad/velocidad de la marcha.

Procedimiento

Se proporcionó la información del proyecto al CRIT Tijuana, al Hospital General y DIF municipal, conjuntamente se proporcionó información del proyecto de investigación a padres y tutores, al mismo tiempo se les proporcionó documentación sobre consentimiento Informado. Posteriormente, se realizó la recopilación de las variables, demográficas, clínicas y externas mediante entrevista con padres y tutores, al igual que la revisión de los expedientes clínicos.

Mediante CIE-10 se inició la búsqueda de los expedientes que tuvieran el diagnóstico de Parálisis Cerebral, realizándose selección de los que correspondieran a los criterios de inclusión/exclusión. Posteriormente, se hizo la revisión de expedientes para conformar la muestra de 15 pacientes en cada grupo. La evaluación se llevó a cabo dentro de las instalaciones del CRIT Tijuana y en DIF municipal de Ensenada.

Análisis estadístico

Se aplicaron las pruebas de distribución normal y en los casos anormales se empleó la prueba de Mann Whitney mientras que en los normales la t de Student para muestras independientes. Se utilizó el programa estadístico Graph Pad Pris versión 9.0.2.

Resultados

Datos clínicos

De los 30 expedientes revisados, 80% tuvieron hipoxia al nacimiento y 9% con encefalopatía hipóxica isquémica. En el 30 % se reportó la presencia de crisis convulsivas. Ninguno presentó antecedentes de traumatismo craneo encefálico. En cuanto a procesos infecciosos, se reportó un caso como rubeola gestacional. De la clasificación clínica de la parálisis, el 66 % correspondió a la variedad espástica, 20% en su forma atáxica y el resto con parálisis flácida; 2 casos no se pudieron clasificar. De acuerdo a la clasificación de GMFCS, el 66 % corresponde al estado III, 20% al estado II y 13% al estadio I. Adicionalmente, se reportaron 2 casos de potenciales visuales, misma cantidad para potenciales auditivos. Dos se encontraban en control oftalmológico por retinopatía del prematuro, 10 de ellos recibieron consulta a neurología, quienes solamente indicaron manejo, sin establecer diagnósticos. 80% de los casos habían recibido en el transcurso de su desarrollo anticomiciales del tipo de lamotrigina y risperidona; en 2 casos se niega terapia farmacológica y en 4, sus informantes no pudieron precisar terapia farmacológica alguna. Cabe hacer mención que ha habido combinación farmacológica en 6 de los casos reportados.

Después de hacer las observaciones y mediciones en cada uno de los grupos, se analizaron los datos globales de la prueba RIAS. En el grupo que recibió la rehabilitación tradicional se encontró una media global de 56.46 con una desviación estándar de 11.60. El grupo que recibió la rehabilitación asistida por robot tuvo un promedio de global de 68.36 y una desviación estándar de 18.09 (ver figura 1). El análisis estadístico demostró diferencias significativas entre ambos grupos ($U=50$, $p<.05$), es decir, que los valores encontrados en el grupo que tuvo rehabilitación robótica fueron más elevados que los del grupo que recibió la rehabilitación convencional.

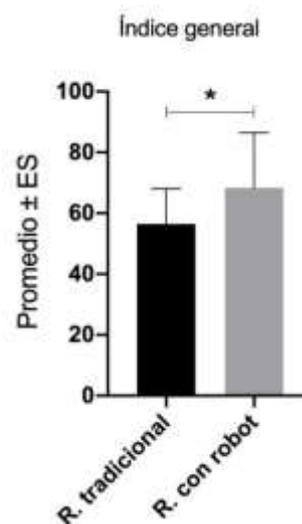


Figura 1.

Muestra los valores promedio y error estándar del Índice General de la prueba de evaluación de la Inteligencia de Reynolds en el grupo que recibió rehabilitación tradicional y asistida por robot (R. se refiere a "rehabilitación"). * $p < .05$.

De manera adicional, se analizaron los componentes de la prueba RIAS que son índice verbal, índice no verbal y memoria (ver figuras 2-4). En cada uno de los componentes se encontró una puntuación más elevada en el grupo que recibió la estimulación asistida por el robot en comparación con el grupo que recibió la estimulación manual.

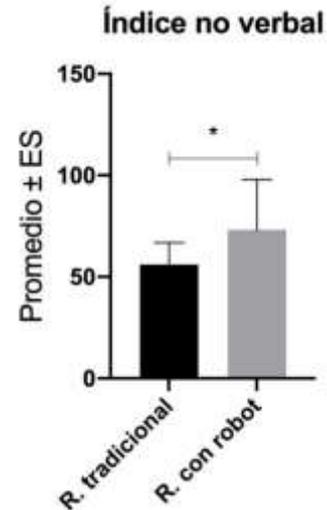


Figura 3.

Muestra la media y error estándar del grupo con estimulación asistida por robot y manual. Se encontraron medias de 56 y 73.13, respectivamente. La *t* de student reveló diferencias significativas [$t(27)=2.4$, $p < .05$].

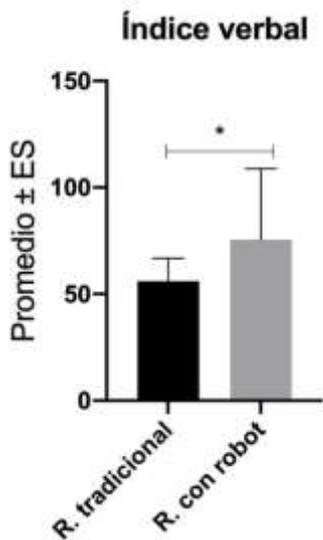


Figura 2.

Muestra los valores promedio y error estándar de los grupos que recibieron rehabilitación física tradicional (barra negra) y asistida por un robot (barra gris). El grupo de rehabilitación manual mostró una media de 56 y el grupo de rehabilitación asistida 73.7. La *t* de student para muestras independientes reveló diferencias significativas [$t(26)=2.1$, $p < .05$].

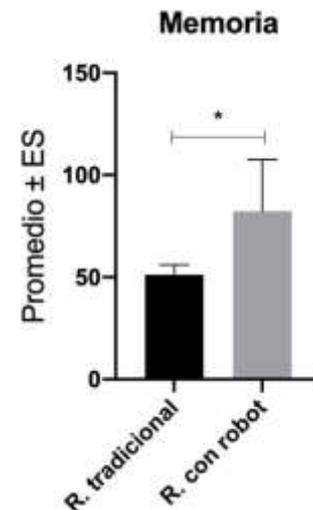


Figura 4.

Se pueden apreciar las puntuaciones promedio y el error estándar del grupo de rehabilitación tradicional y asistida por un robot. Se encontraron medias de 51.14 y 82.26, respectivamente. La *t* de student reveló diferencias significativas [$t(27)=4.52$, $p < .001$].

Discusión

En esta investigación se encontró que el tipo de rehabilitación si tuvo un efecto significativo sobre el dominio cognitivo, quedando en evidencia que la estimulación motriz que emplea a las nuevas tecnologías es capaz de mejorar los componentes evaluados

mediante la prueba RIAS. Si bien es cierto que el entrenamiento asistido por un robot mejora la marcha, postura, velocidad y balance (Yazıcı et al., 2019; Ammann-Reiffer et al., 2017; Tefertiller et al., 2011), no se cuentan con evidencias clínicas o experimentales de la mejora en la esfera cognitiva con esta rehabilitación. Es así como estos resultados destacan la necesidad del uso de este tipo de programas de rehabilitación para tener un mayor impacto en la calidad de vida de los pacientes con PC y sus familias (Reyes y Muñoz-Quezada, 2019).

Las razones por las que se da esta diferencia en ambos tipos de rehabilitación podrían deberse a que el software conectado al robot calcula las asimetrías de la marcha (corrigiéndolas), permite aumentar la fuerza de regiones corporales que mejoran la postura, se programan sesiones continuas de marcha (por lo que aumenta la actividad física) y le dan al paciente mayor consciencia de su cuerpo (Carvalho et al., 2017). Es sabido que el efecto de la actividad física en niños favorece a la cognición (Bernal-Ruiz et al., 2020; Donnelly et al., 2016; Hillman et al., 2008) incluso en pacientes con trastorno de la atención (Den Heijer, 2017), por lo que esta sería una de las causas de la efectividad. Debido a las pocas evidencias que existen para evaluar la cognición por estimulación robótica, este trabajo deja abierta la posibilidad de analizar si las mejoras se deben a la actividad física o a otras variables que pueden modificar a los circuitos cerebrales como la mayor consciencia de las extremidades del cuerpo.

Con estos datos se pone de manifiesto problemáticas como la del acceso a esos entrenamientos. El grupo de pacientes que no recibieron la rehabilitación asistida por robot viven a 120 kilómetros del CRIT-Tijuana, por lo que asistir dos o tres veces a la semana al centro resulta complicado para las familias.

Conclusión

Aunque el entrenamiento de la marcha asistido por robot se ha convertido en una opción de tratamiento establecida para abordar las deficiencias de la marcha, la evidencia de su efectividad para el desarrollo de la función visoespacial, inteligencia verbal y memoria es vaga. Este trabajo pretende proporcionar información importante sobre sus efectos en el desarrollo de las funciones cognitivas. Parte de su objetivo es dar recomendaciones basadas en la práctica sobre cómo integrar esta información en la toma de decisiones clínicas y establecer un marco informativo para un número creciente de médicos, psicólogos, neuropsicólogos, neurólogos y fisioterapeutas que hasta ahora puedan tener experiencia limitada en el rápido desarrollo campo terapéutico para niños con PC.

Referencias

- Ammann-Reiffer, C., Bastiaenen, C. H., Meyer-Heim, A. D., & van Hedel, H. J. A. (2017). Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT). *BMC pediatrics*, 17(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s12887-017-0815-y>
- Anderson, V., Spencer-Smith, M. & Wood, A. (2011). Do children really recover better? Neurobehavioural plasticity after early brain insult. *Brain*, 134(8), 2197–2221. <https://doi.org/10.1093/brain/awr103>
- Bernal-Ruiz, F., Rodríguez, M. & Ortega, G. A. (2020). Estimulación de las funciones ejecutivas y su influencia en el rendimiento académico en escolares de primero básico. *Interdisciplinaria*, 37(1):99–112. <https://doi.10.16888/interd.2020.37.1.6>
- Blair, E., Langdon, K., McIntyre, S., Lawrence, D. & Watson, L. (2019). Survival and mortality in cerebral palsy: observations to the sixth decade from a data linkage study of a total population register and National Death Index. *BMC neurology*, 19(1), 111. <https://doi.org/10.1186/s12883-019-1343-1>
- Bodimeade, H., Whittingham, K., Lloyd, O. & Boyd, R. N. (2013). Executive function in children and adolescents with unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2013, 55(10): 926-33. <https://doi:10.1111/dmcn.12195>
- Booth, A., Buizer, A. I., Meyns, P., Oude Lansink, I., Steenbrink, F. & van der Krogt, M. M. (2018). The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental medicine and child neurology*, 60(9), 866–883. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13708>
- Carvalho, I., Pinto, S. M., Chagas, D., Praxedes Dos Santos, J. L., de Sousa Oliveira, T. & Batista, L. A. (2017). Robotic Gait Training for Individuals With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(11), 2332–2344. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.06.018>
- Den Heijer, A. E., Groen, Y., Tucha, L., Fuermaier, A. B., Koerts, J., Lange, K. W., Thome, J., & Tucha, O. (2017). Sweat it out? The effects of physical exercise on cognition and behavior in children and adults with ADHD: a systematic literature review. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria : 1996)*, 124(Suppl 1), 3–26. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1593-7>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Ego, A., Lidzba, K., Brovedani, P., Belmonti, V., Gonzalez-Monge, S., Boudia, B., Ritz, A. & Cans, C. (2015). Visual-perceptual impairment in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental medicine and child neurology*, 57 Suppl 2, 46–51. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12687>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews. Neuroscience*, 9(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Li, E. Y., Zhao, P. J., Jian, J., Yin, B. Q., Sun, Z. Y., Xu, C. X., Tang, Y. C., & Wu, H. (2019). Vitamin B1 and B12 mitigates neuron apoptosis in cerebral palsy by augmenting BDNF expression

- through MALAT1/miR-1 axis. *Cell cycle (Georgetown, Tex.)*, 18(21), 2849–2859. <https://doi.org/10.1080/15384101.2019.1638190>
- Moreau, N. G., Bodkin, A. W., Bjornson, K., Hobbs, A., Soileau, M. & Lahasky, K. (2016). Effectiveness of Rehabilitation Interventions to Improve Gait Speed in Children With Cerebral Palsy: Systematic Review and Meta-analysis. *Physical therapy*, 96(12), 1938–1954. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150401>
- Muriel, V., Ensenyat, A., García-Molina, A., Aparicio-López, C. & Roig-Rovira, T. (2015). Cognitive deficits and therapeutic approaches in children with cerebral palsy. *Acción Psicológica*, 11(1), 107-120. <https://doi.org/10.5944/ap.11.1.13915>
- Peri, E., Turconi, A. C., Biffi, E., Maghini, C., Panzeri, D., Morganti, R., Pedrocchi, A. & Gagliardi, C. (2017). Effects of dose and duration of Robot-Assisted Gait Training on walking ability of children affected by cerebral palsy. *Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 25(4), 671–681. <https://doi.org/10.3233/THC-160668>
- Reyes, C. & Muñoz-Quezada, M. (2019). Calidad de vida y sobrecarga en cuidadores de escolares con discapacidad intelectual. *Interdiscip Rev Psicol y Ciencias Afines*. 2019 Jun 1;36. <https://doi:10.16888/interd.2019.36.1.17>
- Robaina Castellanos G. R. (2010). Asociación entre factores perinatales y neonatales de riesgo y parálisis cerebral. *Revista Cubana de Pediatría*, 82(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312010000200008&lng=es&tlng=es.
- Schifrin, B. S. & Longo L. D. (2000). William John Little and Cerebral palsy. A reappraisal. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, 90(2): 139-144. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(00\)00261-X](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(00)00261-X)
- Tang, Y., Cao, Z., Xia, Y., Liu, Y. & Zhang, W. (2021). Effectiveness and safety of pure acupuncture and moxibustion in the treatment of children with cerebral palsy: A protocol for systematic review and meta analysis. *Medicine*, 100(4), e23907. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023907>
- Tefertiller, C., Pharo, B., Evans, N. & Winchester, P. (2011). Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review. *J Rehabil Res Dev*, 48: 387–416. <https://doi:10.1682/jrrd.2010.04.0055>
- Tilton A. H. (2006). Therapeutic interventions for tone abnormalities in cerebral palsy. *NeuroRx: the journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*, 3(2), 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.nurx.2006.01.008>
- Vitrikas, K., Dalton, H. & Breish, D. (2020). Cerebral Palsy: An Overview. *American family physician*, 101(4), 213–220.
- Yazıcı, M., Livanelioğlu, A., Gücüyener, K., Tekin, L., Sümer, E. & Yakut, Y. (2019). Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy. *Gait & posture*, 70, 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.03.017>
- Young, N. L., Rochon, T. G., McCormick, A., Law, M., Wedge, J. H. & Fehlings, D. (2010). The health and quality of life outcomes among youth and young adults with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(1), 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.08.152>