

Efectividad de Armeo®Spring Pediatric en niños con parálisis braquial obstétrica Narakas I. Ensayo clínico, controlado, aleatorio de grupos paralelos

LESLIE STUARDO DOMÍNGUEZ¹, VERÓNICA MARÍN VICUÑA²,
AMPARO BENAVENTE PIZARRO³

ABSTRACT

Effectiveness of Armeo®Spring Pediatric in children with obstetric brachial palsy Narakas I. Clinical, controlled, randomized parallel group trial

Introduction: Obstetric brachial palsy (OBP) is a flaccid paralysis of the arm associated with adverse events during childbirth and that damages the nerves of the C5 to T1 cervical roots. Conventionally, their rehabilitation is through kinesic and occupational therapy (TC) interventions, or with an innovative tool: robotic assistance and virtual reality called Armeo®Spring Pediatric (Armeo). Thus, the research objective was to compare the effectiveness of the Armeo with CT on upper extremity function. **Materials (or patients) and Methods:** Controlled, parallel, randomized, single-blind clinical trial. 10 active users between 5 and 8 years of age participated with PBO, Narakas I, from the Teletón Concepción Institute. Fifteen training sessions of 45 minutes each were carried out, 3 times a week, evaluating according to the Mallet scale and joint ranges of passive movement (ROM) after the intervention, at 3 and 6 months. **Results:** There were significant statistical differences in the Mallet scale: External rotation at 3 and 6 months, Hand-head post intervention and in the Total score post intervention, at 3 and 6 months. According to the ROM evaluation, these differences were registered in Abduction at 3 and 6 months. In all these indicators, CT had better and more lasting effects. **Conclusions:** The results obtained with the Armeo require a specialized environment to last over time, while those obtained with CT last longer given the greater variety of sensorimotor experiences that it offers and the possibility of daily practicing what has been learned in training.

Keywords: Occupational therapy, Applied kinesiology, Robotics, Rehabilitation, Upper extremity.

¹Kinesiólogo, Instituto Teletón Concepción.

²Médico fisiatra, Instituto Teletón Concepción.

³Terapeuta ocupacional, Instituto Teletón Concepción.

Recibido: 19-12-2022

Aceptado: 16-01-2023

Correspondencia:
Leslie Stuardo Domínguez
leslie.stuardo@teleton.cl

RESUMEN

Introducción: La parálisis braquial obstétrica (PBO) es una parálisis fláccida del brazo asociada a eventos adversos durante el parto y que lesiona los nervios de las raíces cervicales C5 a T1. Convencionalmente, su rehabilitación es mediante intervenciones kinésicas y de terapia ocupacional (TC), o bien con una herramienta innovadora: asistencia robótica y realidad virtual llamada Armeo®Spring Pediatric (Armeo). Entonces, el objetivo de investigación fue comparar la efectividad del Armeo con la TC en la función de la extremidad superior. **Materiales (o pacientes) y Métodos:** Ensayo clínico controlado, paralelo, aleatorizado con enmascaramiento simple. Participaron 10 usuarios/ as activos entre 5 y 8 años de edad con PBO, Narakas I, del Instituto Teletón Concepción. Se realizaron 15 entrenamientos de 45 minutos cada uno, 3 veces por semana, evaluando según escala de Mallet y rangos articulares de movimiento pasivo (ROM) post intervención, a 3 y 6 meses. **Resultados:** Hubo diferencias estadísticas significativas en la escala Mallet: Rotación externa a 3 y 6 meses, Mano-cabeza post intervención y en el puntaje Total post intervención, a 3 y 6 meses. Según la evaluación ROM, dichas diferencias se registraron en Abducción a 3 y 6 meses. En todos estos indicadores la TC tuvo mejores efectos y más perdurables. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos con el Armeo requieren de un ambiente especializado para perdurar en el tiempo, mientras que los obtenidos con la TC perduran más, dada la mayor variedad de experiencias sensoriomotoras que ésta ofrece y por la posibilidad de practicar cotidianamente lo aprendido en los entrenamientos.

Palabras clave: Terapia ocupacional, Kinesiología aplicada, Robótica, Rehabilitación, Extremidad superior.

Introducción

La PBO es una parálisis fláccida del brazo producida por lesión en los nervios de las raíces cervicales C5 a T1¹ como resultado de un parto complicado. Su prevalencia en Chile es desconocida, aunque un estudio del Hospital Luis Tisné (Peñalolén, Santiago) informa una incidencia en dicho recinto de 0,14%, como indicador de evento adverso².

El plexo braquial está constituido por las raíces cervicales C5-C8 y la raíz dorsal D1. La plexopatía se clasifica de diferentes formas. Atendiendo a su localización, la parálisis braquial obstétrica se divide en tres categorías: proximal, distal y global. Según Narakas, se clasifica en I (proximal, raíces C5-C6), II (raíces C5, C6 y C7), III (completa) y IV (parálisis braquial completa y además Claude Bernard Horner)³.

La parálisis proximal del plexo braquial, también conocida como parálisis de Erb o Narakas I, es la más frecuente. Se produce como consecuencia del bloqueo anterior del hombro y la inclinación lateral de la columna cervical en sentido contrario. Los grupos musculares, generalmente afectados, son los rotadores externos y abductores del hombro, los músculos flexores del codo, los músculos supinadores del antebrazo y los músculos extensores de la muñeca. Todo ello conduce a la postura conocida como “propina del camarero”: rotación interna y aducción del hombro, extensión del codo, pronación del antebrazo y flexión de la muñeca⁴.

La evolución natural de la PBO aún es objeto de debate. Hace algunos años se aceptaba que sólo el 10% de quienes la padecían quedaba con déficit funcional permanente. Sin embargo, nuevos estudios han demostrado que este

porcentaje puede ser de hasta 33%⁵⁻⁶, mientras que la alteración sensorial persistente, definida también como hipoestesia, dolor o alteración de la propiocepción, ha demostrado ser de hasta 75%⁷. Estas secuelas persisten hasta la edad adulta con un impacto en la participación y calidad aún indeterminado⁸.

Tradicionalmente se ha seguido una actitud conservadora para la intervención de la PBO, basada principalmente en esperar a ver el grado de recuperación espontánea y después plantear tratamientos quirúrgicos paliativos, como transferencia de tendones, osteotomías o artrodesis. Sin embargo, en la actualidad se tiende al tratamiento quirúrgico precoz en los primeros meses⁹. Al respecto, la recuperación del bíceps a los 2 meses de vida predice, en la mayoría de los casos, una recuperación espontánea y completa, mientras que la ausencia de contracción a los 3 meses pronostica la necesidad de realizar tratamiento quirúrgico¹⁰, cuyos resultados han demostrado ser beneficiosos siempre que sean seguidos por rehabilitación¹¹.

El tratamiento rehabilitador convencional (TC), complemento entre la terapia kinésica y la terapia ocupacional, también ha demostrado ser beneficioso¹². Incluye intervenciones como movilizaciones pasivas y activas; terapia acuática tan pronto como sea posible; vendaje neuromuscular para promover la reeducación del sistema neuromuscular y propioceptivo; terapia ortésica a través de férula supinadora o pronadora de antebrazo, coderas extensoras y cock-up; terapia restrictiva, entre otras¹².

Por otro lado, el Armeo combina la asistencia robótica y la realidad virtual para proporcionar una forma nueva de involucrar a los niños con los movimientos repetitivos que son necesarios para el aprendizaje motor. Se compone de una ortesis para el brazo instrumentada con un mecanismo de resortes para sostener la mano y de un joystick que ayuda a jugar una variedad de juegos de computadora para cada rango de movimiento¹³⁻¹⁴. Usando una extremidad superior ergonómica y ajustable, el Armeo permite al terapeuta personalizar el entrenamiento según la altura del niño aligerando el peso de la extremidad superior en el espacio 3D (efecto anti-gravedad), permitiendo así el

movimiento natural en el espacio de trabajo. Como resultado se logra una mayor amplitud de movimiento y un alto nivel de repetición del movimiento, ambos necesarios para promover el cambio en las extremidades superiores¹⁵⁻¹⁶.

Respecto a los resultados del Armeo, El-Shamy¹⁰ reporta un efecto positivo y superior a la TC en lo anatómico y funcional en niños con PBO (Narakas I) entre 5 y 8 años. Resultados similares en lo clínico y biomecánico reporta Lum¹⁷ en su estudio comparativo en usuarios con hemiplejia. Ladenheim¹⁸, en tanto, reportó la eficacia de la terapia asistida por robot para extremidad superior en niños con parálisis cerebral (PC).

La variación y repetición de movimientos en un ambiente enriquecido es importante en la motivación para un entrenamiento funcional específico que mejore la función motora en niños¹⁹. Por esto, aún cuando la TC es más corta y menos intensiva, no aumenta la motivación en la participación ni genera retroalimentación inmediata²⁰. La realidad virtual, en cambio, proporciona tareas con importancia funcional, sumado a la retroalimentación visual, ambas relevantes en el aprendizaje motor en niños/as con deficiencias motoras adquiridas o congénitas y trastornos del sistema nervioso central o periférico²¹⁻²².

Considerando la uniformidad, velocidad e intensidad que estos equipos ofrecen²³, además de aumentar la motivación en los niños²⁴, los antecedentes expuestos sugieren una preferencia de uso del Armeo por sobre la TC, razón por la cual el presente estudio pretende evaluar la efectividad del entrenamiento con Armeo en comparación con la TC en la función de la extremidad superior en niños con PBO Narakas I en la realidad local.

Materiales (o usuarios/as) y Métodos

Estudio controlado aleatorio de grupos paralelos (Armeo vs grupo TC) con enmascaramiento simple. Se desarrolló en fase IV (buscó nuevos beneficios de la intervención) bajo un marco de estudio de Superioridad (buscó demostrar que el entrenamiento con Armeo es superior a la TC).

Criterios de inclusión: usuarios/as activos del ITC con PBO Narakas I entre 5 y 8 años de edad que hayan asistido a control fisiátrico, terapia ocupacional o kinesioterapia, al menos, una vez durante el año 2018.

Criterios de exclusión: Luxación evidente de hombro/codo al examen clínico o radiografía, contractura en flexión de codo \geq a -40° y/o dolor a la movilización hombro o codo.

Veinticinco usuarios/as estaban habilitados para participar del presente estudio. 12 comenzaron el protocolo de intervención, desertando 2 usuarios/as durante el transcurso. 10 usuarios/as completaron el protocolo de intervención y medición, distribuyéndose en 6 y 4 usuarios/as para el grupo Armeo y TC, respectivamente.

Variables de estudio

- Género.
- Edad.
- Número de cirugías.
- Tipo de cirugía.
 - Primaria.
 - Secundaria.
- Funcionalidad de Extremidad Superior medida con escala de Mallet, la cual evalúa 7 funciones del hombro: abducción activa, rotación externa, llevar la mano a la zona occipital, llevar la mano a la espalda y llevar la mano a la boca. La puntuación va de 1 a 5 por cada parámetro, siendo 1= ningún movimiento y 5 = movimiento completo. El puntaje total es de 25 puntos^{25,26}.
- Rango articular: Evaluado con goniometría convencional^{27,28}.
- Evento adverso: Evaluado con escala de EVA²⁹.
- Adherencia al tratamiento: Dato registrado en una planilla Excel. La recomendación en esta materia es que los terapeutas consideren el uso de principios de aprendizaje como dedicar tiempo de las sesiones de tratamiento a la adquisición de habilidades, dar sugerencias, potenciar y acoger la auto-eficacia como parte de sus prácticas en rehabilitación³⁰.

Evaluación Inicial

- Inspección médica para descartar dolor en

los participantes y/o contractura en flexión de codo \geq a -40°

- Valoración según escala de Mallet.
- Medición goniométrica de:
 - Abducción de hombro.
 - Rotación externa de hombro (en abducción de hombro).
 - Rotación externa de hombro (en aducción de hombro).
 - Extensión de codo

Intervención con TC: Combinación de sesiones de kinesiología y terapia ocupacional de 45 minutos cada una, 3 veces por semana, hasta completar 15 sesiones por cada participante. Cada sesión contempló:

- Ejercicios de Carga de peso sobre extremidad superior.
- Técnicas de Aproximación articular.
- Facilitación neuromuscular propioceptiva.
- Movilización escapulo torácica.
- Estiramiento.
- Ejercicios de facilitación de brazo-mano.
- Estiramiento muscular.

Intervención con Armeo: Se realizaron ajustes en el dispositivo robótico según la dimensión anatómica de cada usuario. La movilización del tren superior se realizó a través de un juego de realidad virtual. Cada una de las sesiones duró 45 minutos, 3 veces por semana, hasta completar 15 sesiones por cada participante.

Evaluación post-intervención, de seguimiento a 3 y 6 meses:

- Valoración según escala de Mallet.
- Medición goniométrica de:
 - Abducción de hombro.
 - Rotación externa de hombro (en abducción de hombro).
 - Rotación externa de hombro (en aducción de hombro).
 - Extensión de codo.
- Verificación aparición de eventos adversos.

Todas las actividades señaladas se realizaron en dependencias del ITC. Para la instalación del Armeo se adaptó un lugar con las características adecuadas para su funcionamiento. Todos los espacios utilizados garantizaron la seguridad y privacidad de los/as participantes.

Para evitar efectos adversos relacionados

Tabla 1. Comparación entre Armeo y TC según escala de Mallet

		Brazo en reposo	Rotación externa	Abducción	Mano cabeza	Mano espalda	Mano boca	Supinación	Total
Mallet Armeo vs TC	Basal	0,48	0,64	0,36	0,33	0,38	0,20	0,22	0,08
	Post	0,05	0,13	0,11	0,02*	0,18	0,05	0,22	0,01*
	S3	0,05	0,01*	0,16	0,07	0,56	0,07	0,05	0,01*
	S6	0,90	0,04*	0,16	0,17	0,22	0,11	0,61	0,02*

*Diferencia estadística significativa.

con el entrenamiento, ambas terapias fueron planificadas sesión a sesión según las características individuales de tolerancia a la intensidad de trabajo. Se consideró como intervenciones invalidantes, durante el estudio, recibir terapias de entrenamiento de forma paralela, infiltración con botox y cirugía ortopédica.

La información de cada variable de estudio fue registrada en una planilla MS Excel y luego exportada al programa SPSS V17.0 para su posterior análisis.

Por tratarse de una muestra con grupos de diferente tamaño, además de muy pequeña como para suponer una distribución normal³¹, la comparación estadística entre ambos grupos, en cada uno de los momentos evaluados, se realizó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. El punto de significancia estadística se fijó en 0,05. En aquellos casos en que se hayan identificado diferencias estadísticas significativas, la verificación de la terapia con mejor rendimiento se realizó mediante observación directa de los valores medio y mediano.

Resultados

Para la evaluación de los indicadores de la escala de Mallet, la Tabla 1 muestra que las diferencias estadísticas significativas entre los grupos Armeo y TC se registraron en el indicador “Rotación externa”, específicamente en los seguimientos a 3 (0,019) y 6 meses (0,046); en el indicador “Mano cabeza”, en la evaluación post-intervención (0,020); y en el puntaje “Total” de la escala, en las evaluaciones post-intervención (0,010), a 3 (0,010) y 6 meses (0,024).

Respecto a la diferencia estadística significativa registrada en el indicador “Rotación externa”, específicamente en el seguimiento a 3 meses post intervención, el grupo TC presenta valores medio y mediano (3,75 y 4) más altos que el grupo Armeo (2,33 y 2,5), más cercanos al puntaje máximo. Situación equivalente se observa para el mismo indicador en el seguimiento a 6 meses, donde el grupo TC presenta valores medio y mediano (3,25 y 3,5) más altos que el grupo Armeo (1,83 y 2) (Tabla 2).

Del análisis de la diferencia estadística significativa registrada en el indicador “Mano cabeza” durante la evaluación post-intervención se desprende la misma situación que en los casos anteriores. La TC exhibe valores medio y mediano (4,75 y 5) por sobre los valores observados en el grupo Armeo (3,83 y 4) (Tabla 3).

La tendencia observada en los indicadores anteriores se ve reflejada también en el puntaje “Total” de la escala de Mallet. Al respecto,

Tabla 2. Puntaje Mallet Armeo vs TC a 3 y 6 meses en indicador “Rotación externa”

	3 meses		6 meses	
	Armeo	TC	Armeo	TC
Puntaje Mallet	3	4	2	4
“Rotación externa”	2	4	1	4
	3	3	2	2
	1	4	1	3
	2		2	
	3		3	
\bar{x}	2,3	3,7	1,8	3,2
Me	2,5	4	2	3,5

en la Tabla 4, se observa que en la evaluación post-intervención, la TC alcanza un valor medio y mediano (32 y 32) más alto que el grupo Armeo (26 y 25,5). Esto se reitera tanto en la evaluación a 3 meses, donde el grupo sometido a TC registra una media y mediana (31,75 y 31,5) más alta que las registradas (31,75 y 31,5) más alta que las registradas

por el grupo Armeo (25,83 y 26,5), como en la evaluación a 6 meses, momento en el que el grupo sometido a TC registra una media y mediana de 30,5 y 31,5; puntajes más altos que los obtenidos por el grupo Armeo, a saber 25,5 y 25, respectivamente.

Para la evaluación de los indicadores de ROM pasivos, la Tabla 5 muestra que las diferencias estadísticas significativas entre los grupos Armeo y TC se registraron en el indicador “Abducción”, específicamente en los seguimientos post-intervención y a 3 meses (0,020 y 0,015).

Respecto al primero de los seguimientos señalados, el grupo TC presenta valores medio y mediano (147,5 y 150) más altos que el grupo Armeo (113,3 y 120). Situación equivalente se observa para el mismo indicador en el seguimiento a 3 meses, donde el grupo TC presenta valores medio y mediano (137,5 y 140) más altos que el grupo Armeo (113,3 y 110) (Tabla 6).

Tabla 3. Puntaje Mallet Armeo vs TC post intervención en indicador “Mano cabeza”

	Armeo	TC
Puntaje Mallet	4	5
“Mano cabeza”	4	5
	4	4
	4	5
	4	
	3	
\bar{x}	3,8	4,7
Me	4	5

Tabla 4. Puntaje Mallet Armeo vs TC post intervención, a 3 y 6 meses en indicador “Total”

	Post intervención		3 meses		6 meses	
	Armeo	TC	Armeo	TC	Armeo	TC
Puntaje Mallet “Total”	24	32	21	31	23	31
	29	32	29	32	27	32
	26	31	28	31	24	27
	30	33	25	33	26	32
	25		28		29	
	22		24		24	
\bar{x}	26	32	25,8	31,7	25,5	30,5
Me	25,5	32	26,5	31,5	25	31,5

Tabla 5. Comparación entre Armeo y TC según ROM pasivos

		Abducción	Rotación externa en abducción	Rotación interna en abducción	Rotación externa en aducción	Rotación interna en aducción	Extensión de codo
ROM Armeo v/s TC	Basal	0,18	0,91	0,37	0,05	0,57	0,50
	Post	0,02*	0,19	0,91	0,31	0,22	0,23
	S3	0,01*	0,43	0,91	0,58	1,00	0,83
	S6	0,22	0,50	0,17	0,73	1,00	0,06

*Diferencia estadística significativa.

Tabla 6. Grados ROM pasivos Armeo vs TC post intervención y a 3 en indicador "Abducción"

	Post intervención		3 meses	
	Armeo	TC	Armeo	TC
Grados ROM pasivos "Abducción"	80	140	90	140
	130	160	130	130
	110	130	130	140
	130	160	110	140
	130		110	
	100		110	
̄x	113,3	147,5	113,3	137,5
Me	120	150	110	140

Discusión

En general, los efectos favorables que ambos grupos obtuvieron, una vez concluido el protocolo de intervención, permiten entender la falta de diferencias significativas de los resultados obtenidos al comparar las intervenciones. Al respecto, las mejoras obtenidas en el grupo Armeo son atribuibles a que dicho instrumento permite bloquear o desbloquear de forma selectiva, según el objetivo de la sesión, ciertas articulaciones y sus rangos, facilitando la repetición y entrenamiento de patrones de movimientos orientados al cumplimiento de una tarea específica mediante un entrenamiento intensivo selectivo¹⁵, con uniformidad en la velocidad e intensidad de los ejercicios¹⁰. Sin embargo, la mantención de sus efectos a largo plazo se vuelve poco sostenible, ya que requieren de un ambiente especializado de entrenamiento. A su vez, las mejoras obtenidas en el grupo TC pueden atribuirse a que las actividades realizadas aportan una mayor variedad de experiencias sensoriomotoras e incorporan componentes motores de funcionamiento global del tren superior y estiramientos en amplitudes mayores a las posibles de realizar con un Armeo. Además, los pacientes del grupo TC logran mayor continuidad en el tratamiento al practicar de forma espontánea en la vida cotidiana lo aprendido en sesiones de entrenamiento²⁵. Como resulta evidente, estos resultados difieren de los alcanzados por El-Shamy¹⁰, quien concluyó que el programa de realidad virtual utilizando Armeo es, sig-

nificativamente, más efectivo que el programa de fisioterapia convencional para mejorar las funciones de las extremidades superiores en niños con lesión obstétrica del plexo braquial.

En post de una rehabilitación integral, cabe mencionar que ambas intervenciones pueden coexistir sin problemas, pudiendo el tratante aplicarlas en uno u otro momento según las necesidades y objetivos que se busca lograr con el usuario. En dicha instancia, el Armeo funciona como una estrategia innovadora, ya que influye en el aprendizaje y mejoras en el desempeño de la performance motora, ayudando a comprometer e involucrar al usuario de una manera motivadora, atractiva y lúdica en el proceso de rehabilitación, además de retroalimentar en tiempo real y promover la realización de estrategias adaptativas según la dificultad presentada¹⁰⁻²⁴.

Por otra parte, entre las limitaciones para la realización de este estudio se cuenta la escasa literatura disponible sobre rehabilitación funcional de niños con PBO, específicamente, la falta de datos concluyentes sobre cuál de las intervenciones resulta mejor en el tratamiento a largo plazo. Dicho vacío limitó la capacidad de comparación entre diferentes protocolos, teniendo como mayor referencia estudios realizados en niños con PC y accidente cerebrovascular. Otra de las limitaciones fue la pequeña muestra que participó en este estudio, determinando que los resultados obtenidos solo son válidos para ésta.

Posterior a la realización de este estudio se abren nuevas posibilidades de investigación

enfocadas a esta población. Al respecto, una de ellas podría indagar si los resultados de intervención serían mejores, o de mayor duración, al combinar ambos entrenamientos, evaluando mejoras tanto para la cinemática como para la función del tren superior.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Teletón Concepción por apoyar la inquietud investigativa.

A la Subdirección de investigación Teletón Chile, especialmente a Leandro Huenchulaf Rojas y Verónica Torres Molina por su asesoría y guía constante.

A los usuarios que participaron en este proyecto y sus familias, por su compromiso y confianza.

Y a Lorena Blas Peña quien colaboró con la organización y logística de evaluaciones e intervenciones.

Referencias Bibliográficas

- Evans-Jones G, Kay SP, Weindling AM, Cranny G, Ward A, Bradshaw A, Herton C. Congenital brachial palsy: incidence, causes, and outcome in the United Kingdom and Republic of Ireland. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2003;88(3): F185-9.
- Varas et al, Eventos Adversos Perinatales: Indicadores epidemiológicos, *Revista Obstetricia y Ginecología* 2008; 3 (2): 117-22.
- Al Qattan et al, Narakas Classification of Obstetric Brachial Plexus Palsy Revisited; *The Journal of Hand Surgery* 2009; 24E (6): 788-91.
- Vaquero G, Ramos A, Martínez J, Valero P, Núñez-Enamorado N, Simón-De las Heras R, Camacho-Salas A. Parálisis braquial obstétrica: incidencia, seguimiento evolutivo y factores pronósticos. *Rev Neurol.* 2017; 65(1):19-25.
- Andersen et al, Perinatal Brachial Plexus Palsy. *Paediatric Child Health* 2006; 11 (2): 93-100.
- Evans-Jones et al, Congenital Brachial Plexus Palsy: incidence, causes and outcome in the UK and Republic of Ireland. *Arch Dis Fetal Neonatal Ed* 2003; 88: F185-9.
- Corkum et al, Sensory Outcomes Following Perinatal Brachial Plexus Palsy: a Systematic Review. *British Journal of Reconstructive Surgery* 2017.
- Koka et al, Current approach to Obstetric Plexus Palsy. *Medicine Science* 2015; 4(1): 1927-33.
- Socolovsky M, Costales JR, Paez MD, Nizzo G, Valbuena S, Varone E. Obstetric brachial plexus palsy: Reviewing the literature comparing the results of primary versus secondary surgery. *Childs Nerv Syst.* 2016; 32: 415-25.
- El-Shamy S, Alsharif R. Effect of virtual reality versus conventional physiotherapy on upper extremity function in children with obstetric brachial plexus injury. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2017; 17(4): 319-26.
- Pellegrino G. Eficacia del tratamiento conservador en niños con parálisis braquial obstétrica. Una revisión bibliográfica. [Tesis para optar al grado de fisioterapeuta]. Tenerife España: Universidad de la Laguna; 2018. 46 p. Consultado 26-08-2018 <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/9202>.
- Yanes V, Sandobal E, Camero D, Ojeda L. Parálisis braquial obstétrica en el contexto de la rehabilitación física temprana. *MediSur.* 2014; 12(4): 635-49.
- González, J., Pulido, J., Fernández, F., Suárez-Mejías, C. (2015). Planning, Execution and Monitoring of Physical Rehabilitation Therapies with a Robotic Architecture. *Stud Health Technol Inform*, 2015; 210: 339-43.
- Klobucka S, Kralovicova M, Ziajkova E. A functionally robot-assisted therapy upper limb, *Rehabilitation and Physical Medicine* 2010; 17: 164-8.
- Sládeková N, Kresanek J. Case report of a patient with cerebral palsy using non-robotic equipment for reeducation movements of paretic upper limb. *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2014; 1: 115-8.
- Padyšáková H, Repková A, Sládeková N, Žiajková E, Pacek O, Musilová E, Klobucka S. Re-Education Movements of the Paretic Upper Extremity in Children age by Using Non-robotic.
- Lum PS, Burgar CG, Shor PC, Majmundar M, Van der Loos M. Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 952-9.
- Ladenheim B, Altenburger P, Cardinal R, Monterroso L, Dierks T, Mast J, Krebs HI. The effect of random or sequential presentation of targets during robot-assisted therapy on children. *NeuroRehabil.* 2013; 33(1): 25-31.
- Magill R, Anderson R. Motor Learning and Control: Concepts and Applications. 10th Edition North Ryde, NSW McGraw-Hill; 2014.
- Brutsch K, Schuler T, Koenig A, Zimmerli L, Koenenke SM, Lunenburger L, et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted

- gait training for children. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 2010; 7: 15.
21. Brokaw EB, Murray T, Nef T, Lum PS. Retraining of interjoint arm coordination after stroke using robotassisted time-independent functional training. *J Rehabil Res Dev* 2011; 48: 299-316.
22. You SH, Jang SH, Kim YH, Kwon YH, Barrow I, Hallett M. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2005; 47: 628-35.
23. Kahn LE, Zygman ML, Rymer WZ, Reinkensmeyer DJ. Robot assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil* 2006; 3: 12.
24. Reid DT. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatr Rehabil* 2002; 5(3): 141-8.
25. Van der Slujs J, Van Doorn M. Interobserver reliability of the Mallet score. *Journal of Pediatric Orthop B* 2006; 15: 324-7.
26. Al Quattan, M, El Sayed, A. Obstetric Brachial Plexus Palsy: The Mallet Grading System for Shoulder Function-Revisited. *Biomed Research International* 2014; 1-3.
27. Alba-Martín, R. Fiabilidad y validez de las mediciones en hombro y codo: análisis de una aplicación de Android y un goniómetro. *Rehabilitación* 2016; 50 (2): 71-4.
28. Quincho, F. A., Cruz-Castillo, A. A., & Moscoso-Porras, M. G. Fiabilidad y validez de las mediciones en hombro y codo: análisis de una aplicación de Android y un goniómetro. *Rehabilitación* 2017; 51 (2): 137.
29. Bijur P, Silver W, Gallagher E. Reliability of the visual analogue scale for measurement of the acute pain. *Acad Emerg Med* 2001; 8(12): 1153-7.
30. Cole T, Robinson L, Romero L, O'Brien L. Effectiveness of interventions to improve therapy adherence in people with upper limb conditions: A systematic review. *Journal of Hand Therapy* 2017; 3: 1-8.
31. Gómez-Gómez M, Danglot-Banck C, Vega-Franco L. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, 2003; 70(2): 91-9.