

REVISIÓN

Ludificación y neurorrehabilitación motora en niños y adolescentes: revisión sistemática

M. Pimentel-Ponce^a, R.P. Romero-Galisteo^{b,*}, R. Palomo-Carrión^c, E. Pinero-Pinto^d, J.A. Merchán-Baeza^e, M. Ruiz-Muñoz^f, J. Oliver-Pecec^g y M. González-Sánchez^h

^a Ejercicio libre de la profesión

^b Departamento de Fisioterapia, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Málaga, Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), Málaga, España

^c Departamento de Enfermería, Fisioterapia y Terapia Ocupacional, Facultad de Fisioterapia, Universidad de Castilla la Mancha, Toledo, España

^d Departamento de Fisioterapia, Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

^e Grupo de investigación Methodlogy, Methods, Models and Outcomes of Health and Social Sciences (M30), Facultad de Ciencias de la Salud y Bienestar, Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña (UVIC-UCC), Vic, Barcelona, España

^f Departamento de Enfermería y Podología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Málaga. Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), Málaga, España

^g Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico, Facultad de Psicología, Universidad de Málaga, Málaga, España

^h Departamento de Fisioterapia, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Málaga. Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), Málaga, España

Recibido el 4 de septiembre de 2020; aceptado el 7 de febrero de 2021

Accesible en línea el 16 de abril de 2021

PALABRAS CLAVE

Niño;
Adolescente;
Rehabilitación
neuroológica;
Videojuego;
Revisión sistemática

Resumen

Introducción: La ludificación consiste en emplear el juego en contextos no lúdicos. Su uso en la rehabilitación motora de patologías neurológicas está muy extendido, pero sobre todo en pacientes adultos. El objetivo de esta revisión fue describir el uso de la ludificación en los tratamientos de rehabilitación en niños y adolescentes con afectación neuromotora.

Métodos: Se realizó una revisión sistemática de ensayos clínicos en diferentes bases de datos: Medline (a través de Pubmed), Scielo, SCOPUS, Dialnet, Cinahl y PEDro de la literatura científica publicada hasta la fecha siguiendo el protocolo PRISMA. La calidad metodológica de los estudios identificados se evaluó a través de la escala PEDro.

Resultados: De un total de 469 estudios localizados se seleccionaron 10 ensayos clínicos que cumplieron los criterios de inclusión. Se analizaron los sistemas de ludificación utilizados como parte del tratamiento rehabilitador en distintas afecciones neuromotoras en niños y adolescentes. La parálisis cerebral fue la afección con mayor número de estudios (n = 6), seguida del

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: rpromero@uma.es (R.P. Romero-Galisteo).

trastorno del desarrollo de la coordinación (n = 3). También se estudió la alteración del equilibrio y coordinación por causa neurológica (n = 1).

Conclusión: El uso de la ludificación en rehabilitación aporta beneficios al tratamiento convencional de las alteraciones neuromotoras en niños y adolescentes, siendo el incremento de la motivación y de la adherencia terapéutica los que mayor consenso han alcanzado entre autores. Fuerza, equilibrio, funcionalidad y coordinación son otras variables analizadas que, si bien sugieren mejoras, necesitarían futuras investigaciones para determinar una óptima dosificación. © 2021 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Child;
Adolescent;
Neurological
rehabilitation;
Video game;
Systematic review

Gamification and neurological motor rehabilitation in children and adolescents: A systematic review

Abstract

Introduction: Gamification consists of the use of games in non-playful contexts. It is widely employed in the motor rehabilitation of neurological diseases, but mainly in adult patients. The objective of this review was to describe the use of gamification in the rehabilitation of children and adolescents with neuromotor impairment.

Methods: We performed a systematic review of clinical trials published to date on the MEDLINE (PubMed), Scielo, SCOPUS, Dialnet, CINAHL, and PEDro databases, following the PRISMA protocol. The methodological quality of the studies identified was assessed using the PEDro scale.

Results: From a total of 469 studies, 10 clinical trials met the inclusion criteria. We analysed the gamification systems used as part of the rehabilitation treatment of different neuromotor conditions in children and adolescents. Cerebral palsy was the most frequently studied condition (6 studies), followed by developmental coordination disorder (3), and neurological impairment of balance and coordination (1).

Conclusion: The use of gamification in rehabilitation is helpful in the conventional treatment of neuromotor disorders in children and adolescents, with increased motivation and therapeutic adherence being the benefits with the greatest consensus among authors. While strength, balance, functional status, and coordination also appear to improve, future research should aim to determine an optimal dosage.

© 2021 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La neurorrehabilitación es un proceso asistencial complejo dirigido a restituir, minimizar o compensar en lo posible los déficits funcionales aparecidos en la persona afectada por una discapacidad grave, como consecuencia de una lesión en el sistema nervioso central¹. En los últimos años se ha producido un cambio de paradigma importante en el abordaje terapéutico de las afecciones neurológicas debido a las aportaciones de la investigación en neurociencia. En rehabilitación infantil, los fisioterapeutas, como parte del equipo interdisciplinar, incorporan nuevos enfoques terapéuticos dirigidos al tratamiento de los trastornos motores. Esta perspectiva contempla el trabajo de la funcionalidad orientada a la tarea, la práctica de actividades en un contexto relevante para el niño así como un viraje hacia el «hands-off» o «manos fuera»²⁻⁵. En este nuevo enfoque, la adherencia al tratamiento y la motivación son aspectos fundamentales que cobran especial importancia en los tratamientos infantiles desde que se publicara la Clasificación Internacional del

Funcionamiento, de la Discapacidad y la Salud de la Infancia y la Juventud (CIF-IA)⁶, en la que se describe con precisión el estado de salud de los niños y adolescentes durante sus dos primeras décadas de vida.

Por otro lado, la ludificación se define como el empleo de elementos implicados en el juego en un contexto no lúdico^{7,8}. Este contexto puede ser laboral, educativo o sanitario⁹. La mayoría de los estudios publicados sobre el uso de la ludificación en salud están relacionados específicamente con la rehabilitación de enfermedades crónicas, la actividad física y la salud mental¹⁰⁻¹². En el campo de la neurorrehabilitación, las intervenciones en adultos son las que acaparan mayor número de investigaciones¹³⁻¹⁶.

En el campo pediátrico, el uso de juegos interactivos debe contemplarse en un contexto en el que el terapeuta observa y trata al niño utilizando el propio juego como una herramienta para proporcionar un extra de motivación e intensidad en el entrenamiento de una determinada tarea. La motivación es necesaria para modificar los programas de aprendizaje motor¹⁷. En el trabajo de Van der Kooij et al.¹⁸

demonstraron que la incorporación de técnicas de ludificación en el desarrollo de un determinado ejercicio conseguía que este resultara mucho más placentero y, por tanto, se obtenían mejores resultados. Conviene aclarar que el uso de la ludificación en terapia difiere del uso de entornos enriquecidos con juguetes, entendidos estos como entornos complejos que facilitan la estimulación cognitiva, motora y sensorial^{19,20}.

En fisioterapia, la implementación de los juegos por ordenador con objeto de atraer, motivar y comprometer a niños y adolescentes no es garantía de conseguir el efecto terapéutico deseado. Sin embargo, las características de los videojuegos involucran sistemas dopaminérgicos relacionados con la recompensa en el cerebro. Con esto se facilita el aprendizaje mediante la creación de conexiones sinápticas²¹. La utilización del juego en las sesiones de tratamiento desencadena a su vez patrones cognitivos de comportamiento necesarios para el tratamiento y la recuperación de muchos trastornos neurológicos, desarrollando nuevas habilidades o entrenando actividades concretas²². Adherencia terapéutica, o compromiso, y motivación son, por tanto, pilares básicos de la rehabilitación que aporta la ludificación²³. Este nuevo enfoque ayuda a los terapeutas a crear entornos desafiantes y atractivos que estimulan a niños y jóvenes a practicar habilidades^{21,24}. La ludificación les proporciona objetivos claros, nuevos retos a través de distintos niveles de dificultad que incrementan el desafío, muestra logros y proporciona *feedback* a través de una historia que les ofrece «recompensas»²⁵.

Por otro lado, el uso de las consolas convencionales presenta desventajas tales como el complicado ajuste a las capacidades del niño, ya que habitualmente los juegos están diseñados para usuarios sin alteraciones motoras. La cuantificación del desempeño motor, además, no es exacta, por lo que impiden un seguimiento sistemático y fiable²⁶. Sin embargo, estas limitaciones no deben impedir su uso, ya que distintas investigaciones apuntan a que el uso de tratamientos de fisioterapia combinados con la ludificación mejora el éxito del tratamiento²⁷⁻²⁹.

Identificar y difundir el conocimiento sobre la ludificación entre los profesionales de la neurorrehabilitación abriría nuevas ventanas terapéuticas. Asimismo facilitaría la consecución de algunos objetivos de tratamiento tomando en consideración aspectos relevantes a los que alude la CIF-IA, tales como participación, actividad o factores ambientales y personales. Entre los fisioterapeutas en particular, se podría optimizar la práctica clínica incorporando a la terapia actividades orientadas a la tarea, motivación para aprendizaje motor, fomento de la participación, etc. El objetivo de este estudio es describir el uso de la ludificación en los tratamientos de fisioterapia aplicados a niños y adolescentes con trastornos motores mediante la realización de una revisión sistemática de la literatura publicada hasta la fecha, así como analizar la calidad metodológica de estos estudios.

Material y métodos

En este trabajo se ha realizado una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA para la elección y selección de los artículos³⁰. La búsqueda bibliográfica se realizó

en julio del 2020 en las bases de datos electrónicas Pubmed, Scielo, Scopus, Dialnet, CINAHL y PEDro.

La estrategia de búsqueda se adaptó a las diferentes bases de datos utilizando los operadores booleanos AND/OR. Los descriptores de búsqueda incluidos fueron «*games experimental*» OR «*video games*» OR «*games recreational*» AND «*neurological rehabilitation*», «*physical therapy modalities*», «*child**», «*infant*», «*pediatrics*» y «*adolescent*», todos ellos términos MeSH. Se añadieron además «*gamification*», «*serious game*» y «*game base*».

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en inglés y español, ensayos clínicos en los que se realizaba alguna intervención de fisioterapia como tratamiento de sujetos con afectación neuromotora con edades comprendidas entre los 0 y los 18 años.

No se limitó la fecha de publicación y solo se excluyeron los artículos que no presentaban resultados de investigación relacionados con el tratamiento fisioterápico.

Selección de artículos

Dos revisores (M.P. y M.G.) realizaron la búsqueda bibliográfica de manera independiente en las diferentes bases de datos eliminando duplicados y comprobando que se cumplieran los criterios de inclusión y exclusión. Ambas revisiones fueron remitidas a un tercer revisor (R.R.), quien resolvió las discrepancias encontradas. Así, el número de estudios finalmente incluidos para su análisis cualitativo fue de 11 (fig. 1).

Valoración metodológica

La calidad metodológica de los artículos seleccionados se determinó empleando la escala PEDro³¹. Esta escala mide la validez interna e interpretabilidad de resultados de ensayos clínicos mediante 11 ítems valorados con 0, cuando la investigación no cumple con el criterio evaluado, o 1 en caso afirmativo. La puntuación máxima es de 10 puntos, ya que el primero de los ítems no se considera para el cómputo final. Se consideran trabajos de *alta calidad* aquellos que puntúan al menos con un 6, *moderada* los que alcanzan una puntuación total entre 4 y 5 y *baja calidad* los que puntúan por debajo de 4³².

El procedimiento para la evaluación de los trabajos que cumplieron con los criterios de elegibilidad anteriormente mencionados fue el mismo que para la selección de resultados finales, es decir, dos revisores independientes evaluaron los artículos (M.P. y M.G.) y un tercer revisor (R.R.) resolvió las discrepancias encontradas.

Resultados

Tras la realización de la búsqueda bibliográfica en las bases de datos seleccionadas, se identificaron inicialmente 469 artículos de los que, tras eliminar duplicados (n=65), quedaron 404. Posteriormente se aplicó el filtro por aparición

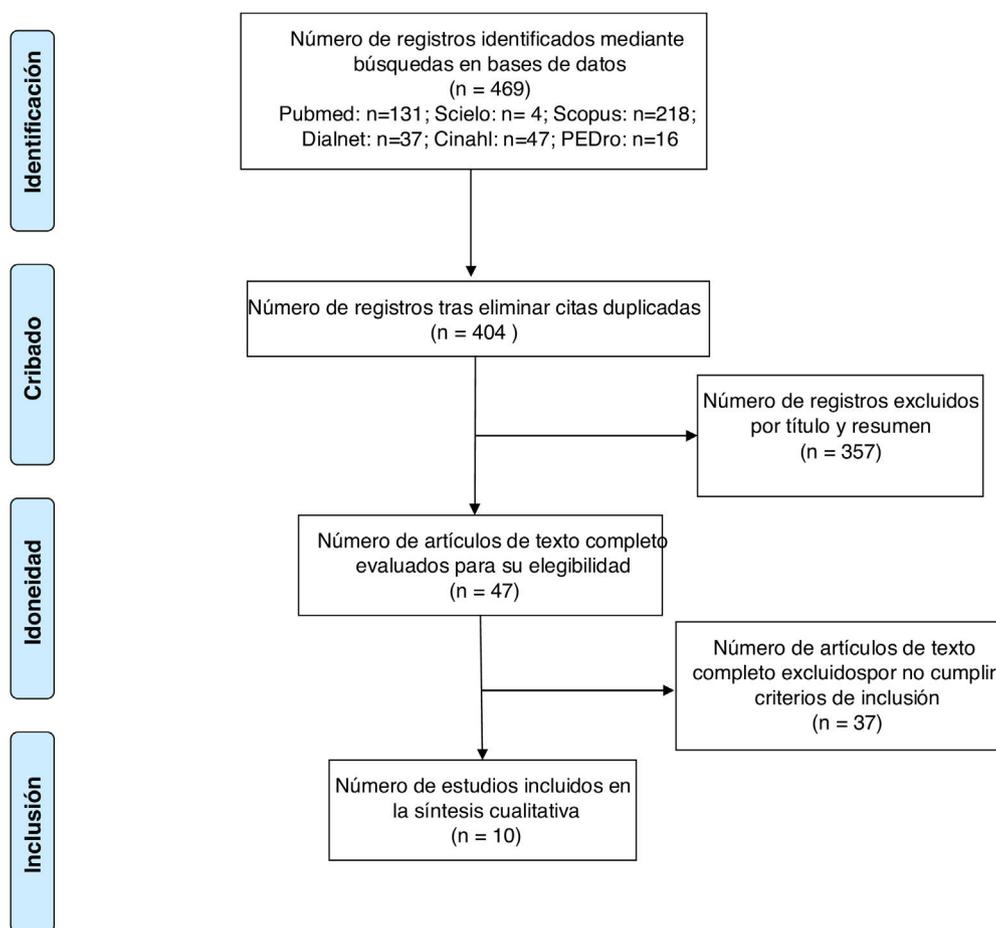


Figura 1 Flujograma de artículos seleccionados.

de los términos de búsqueda únicamente en título y resumen de los estudios, quedando así un total de 47 artículos cuyo texto completo fue evaluado comprobando el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión. Así, el número de estudios finalmente incluidos para su análisis cualitativo fue de 10 (fig. 1).

La evaluación cualitativa de los estudios analizados, utilizando la escala PEDro, presenta valores que oscilan entre 2/10³⁶ y 8/10^{33,40}. Los resultados muestran que 7 de los 10 artículos obtuvieron una puntuación de 6 o más sobre 10, por lo que se consideran de calidad alta^{33-35,37-39}. Tan solo el estudio de Hammond et al.⁴⁰ puede catalogarse como de moderada calidad, alcanzando una puntuación de 5 sobre 10. En cambio, los 2 restantes deben considerarse de baja calidad, pues solo cumplieron con dos³⁶ o tres⁴¹ de los criterios evaluados en la escala PEDro.

Cabe destacar que existen 2 ítems de la escala PEDro que no fueron satisfechos por ninguno de los estudios seleccionados, concretamente el cegamiento tanto de los pacientes como de los terapeutas. En el lado contrario, existe un ítem que fue satisfecho por todos los estudios, concretamente la comparación entre los grupos analizados en el estudio.

Por otro lado, en la tabla 1 se presentan las características estructurales de los estudios seleccionados. Se puede observar como el total de sujetos incluidos fue de 344, aunque el tamaño muestral de los estudios no fue homogéneo,

oscilando entre 6 participantes³⁶ y 62 participantes³³. Por otro lado, la edad de los participantes osciló entre los 5 años^{35,37,38} y los 17 años^{35,39}.

La parálisis cerebral (PC) fue la afectación neurológica con un mayor número de estudios sobre el uso de la ludificación en neurorrehabilitación infantil, con 6 investigaciones publicadas sobre el tema³³⁻³⁸. En segundo lugar, el trastorno del desarrollo de la coordinación (TDC), con 3 artículos que lo abordaron de manera explícita entre sus participantes^{39,40}. Un solo estudio investigó el uso de la ludificación en niños y adolescentes con alteraciones del equilibrio y la coordinación⁴¹.

Todos los grupos experimentales realizaron su intervención incorporando las nuevas tecnologías. El total de sesiones que se desarrollaron dentro de los estudios seleccionados oscilaron entre 14³⁹ y 60³⁷ sesiones. La frecuencia semanal de las sesiones osciló entre 1³⁹ y 6³⁵ sesiones a la semana. Finalmente, la duración de la intervención osciló entre 3 y 14³⁹ semanas. En la tabla 1 se presentan con mayor detalle el resto de características estructurales de los estudios seleccionados.

En la tabla 2 se presentan los resultados de todos los estudios seleccionados ordenados alfabéticamente y clasificados en 3 periodos de medición: corto plazo (≤ 6 semanas), medio plazo (6-12 semanas) y largo plazo (≥ 12 semanas). Han sido 21 las variables de resultado analizadas, aunque no todas se

Tabla 1 Características principales de la muestra final de artículos incluidos en el estudio

Autor	Tamaño muestral (niñas)	Edad	Patología	Intervenciones	Sesiones	Variables de resultado	Cuando se realizaron las mediciones
Arnoni et al., 2019 ³⁸	15 GE: 7 (1) GC: 8 (2)	5-13	PC	IG: Intervención convencional + Realidad virtual (20+20 min/sesión) CG: Terapia convencional (50 min/Sesión ejercicios de estiramiento y fuerza)	2 sesiones/sem (8 semanas)	Equilibrio GMFM	Pre-post intervención
Bonney et al., 2017 ³⁹	43 Nintendo Wii: 21 NTT: 22	13-16	TDC	Nintendo Wii con la plataforma Nintendo Balance y el juego Wii Fit Entrenamiento funcional orientado a la tarea	1 sesión/sem (14 sem)	- Fuerza muscular isométrica - Coordinación motora mediante <i>Movement Assessment Battery for Children-2 (MACB-2)</i> - Autoeficacia en la participación en actividades de la vida diaria	Pre-post intervención
Chiu et al., 2014 ³³	62 GE: 32 (17) GC: 30 (17)	6-13	PC	IG: Terapia convencional + entrenamiento en casa con Wii Sport Resort (10 min/juego, 4 juegos=40 min) CG: Terapia convencional	IG: 3 días/sem (6 sem)	-Coordinación mediante tarea de seguimiento. - Fuerza mediante dinamómetro - Funcionalidad de la mano con <i>Nine-hole Peg Test</i> y <i>Jebson-Taylor Test of Hand Function</i> - Percepción de la función manual según los cuidadores medida mediante el <i>Functional Use Survey</i>	Preintervención 6 sem y 12 sem

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tamaño muestral (niñas)	Edad	Patología	Intervenciones	Sesiones	VARIABLES DE RESULTADO	Cuando se realizaron las mediciones
Ferguson et al., 2013 ⁴³	56 Wii: 19	6-10	TDC	Entrenamiento con Wii FIT, empleando Wii Balance y 18 juegos (30 min/sesión)	3 sesiones/sem (6 sem)	-Coordinación motora mediante <i>Movement Assessment Battery for Children-2</i> (MACB-2) - Fuerza manual utilizando <i>Functional Strength Measure</i> (FSM) - Fuerza del agarre mediante dinamómetro - Fuerza de la musculatura empleando <i>Muscle Power Sprint Test</i> (MPST) - Capacidad aeróbica utilizando <i>20 Metre shuttle run test</i> (20mSRT)	Pre-post intervención
	NTT: 37			Entrenamiento orientado a la tarea (NTT) 45-60 min/sesión	2 sesiones/sem (9 sem)		
Gatica-Rojas et al., 2017 ³⁴	32 GE:16 (6)	7-14	PC	IG: Juego Wii Fit Plus y la plataforma Nintendo Balance. Dos series un juego y una serie de Yoga 30 min/sesión	3 sesiones/sem (6 sem)	- Equilibrio estático en bipedestación mediante posturografía	Pre intervención, semanas 2, 4 y 6. Seguimiento en las semanas 8 y 10
	GC:16 (7)			CG: Fisioterapia convencional 40 min/sesión			

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tamaño muestral (niñas)	Edad	Patología	Intervenciones	Sesiones	Variables de resultado	Cuando se realizaron las mediciones
Hammond et al., 2013 ⁴⁰	18 GE: 10 (2) GC: 8 (2)	7-10	TDC	IG: Entrenamiento con Wii FIT, empleando Wii Balance y 9 videojuegos (fase 1: 10 min/día) CG: Tratamiento habitual (1 h/sem)	Fase 1: 3 días/sem (4 sem) Fase 2 (2,5 meses tras fase 1): 3 días/sem (4 sem)	- Destreza motora: manipulación fina, coordinación, fuerza y agilidad empleando la versión corta del <i>Bruininks-Oseretsky Test 2nd edition</i> (BOT-2) - Percepción de habilidad y satisfacción utilizando <i>Coordination Skills Questionnaire</i> (CSQ) - Desarrollo emocional y conductual utilizando <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ) para padres	Preintervención, entre fases, tras fase 2
Hsieh, 2018 ³⁷	40 GE: 20 GC: 20	5-10	PC	IG: Juego para ordenador + plataforma para usar en bipedestación (40 min/sesión) CG: Juego para ordenador+ ratón (40 min/sesión)	5 días/semana (12 sem)	- Equilibrio postural mediante desplazamientos del centro de gravedad - Equilibrio funcional empleando <i>Berg Balance Scale</i> (BBS) - Equilibrio estático y dinámico usando <i>Fullerton Advanced Balance Scale</i> (FAB) - Movilidad funcional y equilibrio dinámico con <i>Timed Up and Go</i> (TUG)	Pre-post intervención

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tamaño muestral (niñas)	Edad	Patología	Intervenciones	Sesiones	Variables de resultado	Cuando se realizaron las mediciones
Jelsma et al., 2014 ⁴¹	34 GE: 14 GC: 20	6-12	TE	Jugar a 2 juegos de Wii Fit Plus a elegir entre 18	3 días/sem (6 sem)	- Coordinación motora mediante <i>Movement Assessment Battery for Children-2</i> (MACB-2) - Destreza motora: manipulación fina, coordinación corporal, fuerza y agilidad empleando la versión corta de <i>Bruininks-Oseretsky Test 2nd edition</i> (BOT-2) - Equilibrio en bipedestación con <i>Wii Fit ski slalom test</i> - Nivel de satisfacción utilizando <i>Enjoyment scale</i>	Pre-post intervención
Kassee et al., 2017 ³⁶	6 Wii: 3 Resistencia: 3	7-12	PC	Juego Wii Sport Resort (40 min/día, 5 días/ semana) Seis ejercicios de resistencia para miembro superior en el hogar (6 ejercicios, 12 repeticiones)	5 días/sem (6 sem)	- Funcionalidad del miembro superior mediante el <i>Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function-2</i> (Melbourne-2), <i>ABILHAND-kids questionnaire</i> - Fuerza agarre mediante dinamómetro - Motivación y viabilidad mediante un cuestionario para padres	Pre-post intervención

Tabla 1 (continuación)

Autor	Tamaño muestral (niñas)	Edad	Patología	Intervenciones	Sesiones	Variables de resultado	Cuando se realizaron las mediciones
Sajan et al., 2016 ³⁵	18 GE: 9 GC:9	5-16	PC	Juego con Nintendo Wii (boxeo + tenis) (20 min/sesión) + terapia convencional multidisciplinar (25 min/sesión) Terapia convencional multidisciplinar	6 día/sem (3 sem)	- Control postural mediante posturografía estática - Equilibrio con la versión pediátrica de la escala de Berg - Destreza manual unilateral utilizando <i>Box and Block Test</i> - Calidad de uso del miembro superior con <i>Quality of Upper Extremity Skills Test</i> (QUEST) - Percepción visual mediante <i>Test for Visual-Perceptual Skills 3rd edition</i> (TVPS-3) - Funcionalidad de la marcha midiendo velocidad y distancia recorridas	Pre-post test

CG: grupo control; GMFM: *Gross Motor Function Measure*; IG: grupo experimental; NTT: *Neuromotor Task Training*; PC: parálisis cerebral; TDC: trastorno del desarrollo de la coordinación; TE: trastornos de equilibrio.

Tabla 2 Resultados de las variables de resultados analizadas en los diferentes estudios incluidos distribuidos según su evolución a corto, medio y largo plazo

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo			
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥ 12 sem Media (DE)			
Calidad de movimiento del miembro superior	Kassee et al., 2017 ³⁶		MA2	Intervención	77,94	-	87,27	82,59			
				Control	82,02	-	85,77	84,64			
			ABILHAND	Intervención	1,84	-	2,93	0,87			
				Control	1,50	-	1,38	0,11			
			Control postural	Sajan et al., 2016 ³⁵	Posturografia estática	Fuerza de agarre	Intervención	2,00	-	3,08	3,42
							Control	2,83	-	2,25	2,50
						Desequilibrio velocidad-ojos abierto (mm/s)	Intervención	137,67	83,06	-	-
							Control	137,66	127,93	-	-
Conformidad, motivación y fiabilidad	Kassee et al., 2017 ³⁶	Compliance and parent feedback questionnaire	Desequilibrio velocidad-ojos cerrado (mm/s)	Intervención	131,29	86,92	-	-			
				Control	120,33	123,93	-	-			
			<i>Pediatric Berg's balance scale</i>	Intervención	15,70	18,7	-	-			
				Control	20,44	25,00	-	-			
Deambulacion	Sajan et al., 2016 ³⁵		Q1	Intervención	-	-	4,00	-			
				Control	-	-	2,00	-			
			Q2	Intervención	-	-	3,00	-			
				Control	-	-	0,67	-			
			Q3	Intervención	-	-	2,33	-			
				Control	-	-	0,67	-			
			Q4	Intervención	-	-	5,00	-			
				Control	-	-	4,67	-			
Destreza manual gruesa	Sajan et al., 2016 ³⁵		Velocidad de marcha (m/min)	Intervención	12,61	34,31	-	-			
				Control	23,89	24,61	-	-			
			Resistencia marcha (metros andados)	Intervención	131,10	317,22	-	-			
				Control	151,00	218,44	-	-			
Equilibrio	Sajan et al., 2016 ³⁵		<i>Box and Block Test</i>	Intervención	46,90	68,00	-	-			
				Control	55,2	59,33	-	-			
	Arnoni et al., 2019 ³⁸	Plataforma de fuerzas	Desplazamiento total [cm]	Intervención	-	-15,93	-	-			
				Control	-	-14,53	-	-			
			Desplazamiento AP [cm]	Intervención	-	1,45	-	-			
				Control	-	-2,22	-	-			
			Desplazamiento ML [cm]	Intervención	-	2,45	-	-			
				Control	-	-2,44	-	-			
			Amplitud AP [cm]	Intervención	-	-3,66	-	-			
				Control	-	2,03	-	-			
			Amplitud ML [cm]	Intervención	-	6,23	-	-			
				Control	-	-4,85	-	-			
			Área [cm ²]	Intervención	-	23,32	-	-			
				Control	-	13,29	-	-			
Velocidad media [cm/s]	Intervención	-	20,22	-	-						
	Control	-	46,84	-	-						

Tabla 2 (continuación)

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥ 12 sem Media (DE)
Gatica-Rojas et al., 2017 ³⁴	AMTI OR6-7 force plate	CdM Desequilibrio, ojos-abiertos, cm ²	Intervención	3,75	3,58	3,06	2,19	
			Control	3,92	4,08	4,84	4,68	
		CdM Desequilibrio, ojos-cerrados, cm ²	Intervención	4,17	4,73	4,85	4,83	
			Control	6,64	6,26	5,36	3,69	
		SDML, ojos-abiertos, cm	Intervención	0,43	0,39	0,42	0,36	
			Control	0,46	0,42	0,46	0,44	
		SDML, ojos-cerrados, cm	Intervención	0,45	0,42	0,48	0,45	
			Control	0,51	0,53	0,50	0,43	
		SDAP, ojos-abiertos, cm	Intervención	0,43	0,61	0,47	0,47	
			Control	0,48	0,55	0,60	0,64	
		SDAP, ojos-cerrados, cm	Intervención	0,45	0,70	0,64	0,60	
			Control	0,51	0,63	0,60	0,60	
		VML, ojos-abiertos, cm/s	Intervención	0,85	1,00	0,90	0,84	
			Control	0,97	0,91	0,94	0,88	
		VML, ojos-cerrados, cm/s	Intervención	0,92	1,15	1,07	0,96	
			Control	1,05	1,03	0,96	0,91	
		VAP, ojos-abiertos, cm/s	Intervención	0,94	1,00	0,95	1,00	
			Control	1,10	0,97	1,02	1,06	
VAP, ojos-cerrados, cm/s	Intervención	1,11	1,18	1,13	1,22			
	Control	1,32	1,14	1,05	1,15			

Tabla 2 (continuación)

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥ 12 sem Media (DE)
Equilibrio	Hsieh, 2018 ³⁷	CdM kinematics	AP Desequilibrio, mm	Intervención	9,94 (2,27)	9,17 (1,69)	-	-
				Control	10,87 (1,41)	10,55 (1,29)	-	-
			ML Desequilibrio, mm	Intervención	6,62 (0,69)	6,35 (1,00)	-	-
				Control	7,13 (1,08)	6,72 (0,70)	-	-
			Desequilibrio área, cm ²	Intervención	14,42 (2,35)	13,71 (2,24)	-	-
				Control	14,33 (2,39)	13,93 (2,12)	-	-
			Desequilibrio velocidad, cm/s	Intervención	4,04 (0,45)	3,56 (0,47)	-	-
	Control	3,69 (0,37)		3,67 (0,23)	-	-		
	Hsieh, 2018 ³⁷	Test específicos	BBS (puntuación)	Intervención	44,74 (2,75)	48,81 (4,74)	-	-
				Control	44,39 (2,33)	45,37 (2,68)	-	-
			FAB (puntuación)	Intervención	21,32 (1,47)	23,41 (2,09)	-	-
				Control	22,07 (2,23)	22,25 (1,90)	-	-
			TUG (segundos)	Intervención	16,43 (2,12)	17,51 (1,70)	-	-
				Control	15,60 (1,10)	15,91 (1,87)	-	-
Fuerza			Chiu et al., 2014 ³³	PowerTrack II™	Prensión	Intervención	23,5 (21,5)	-
	Control	26,0 (17,8)			-	26,9 (23,3)	29,4 (21,4)	
Fuerza funcional	Ferguson et al., 2013 ⁴³	FSM	Total FSM	Intervención	10,59 (4,50)	-	6,24 (2,72)	-
				Control	6,87 (3,58)	-	6,95 (3,95)	-
			Lanzamiento por encima de la mano	Intervención	2,16 (0,73)	-	2,04 (0,55)	-
				Control	1,98 (0,45)	-	2,09 (0,53)	-
			Longitud del salto	Intervención	1,09 (0,31)	-	1,09 (0,18)	-
				Control	1,03 (0,25)	-	1,05 (0,36)	-
			Lanzamiento por debajo de la mano	Intervención	2,72 (0,77)	-	2,80 (0,60)	-
				Control	2,50 (0,50)	-	2,70 (0,60)	-
			Paso lateral derecho	Intervención	27,85 (6,47)	-	34,48(5,49)	-
				Control	32,47 (4,97)	-	33,00 (4,24)	-
			Paso lateral izquierdo	Intervención	27,48 (6,47)	-	35,19 (5,76)	-
				Control	33,05 (5,06)	-	32,42 (4,87)	-
			Pase de pecho	Intervención	1,69 (0,52)	-	1,83 (0,38)	-
				Control	1,69 (0,25)	-	1,67 (0,29)	-
Levantarse de una silla	Intervención	20,30 (5,14)	-	25,56 (4,66)	-			
	Control	25,95 (6,72)	-	26,58 (5,50)	-			
Levantamiento de una caja	Intervención	16,52 (6,56)	-	22,15 (6,88)	-			
	Control	18,79 (3,63)	-	20,89 (4,37)	-			
Escaleras	Intervención	61,04 (13,11)	-	69,46 (11,81)	-			
	Control	63,84 (9,10)	-	64,79 (7,56)	-			

Tabla 2 (continuación)

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥12 sem Media (DE)
Fuerza isométrica	Ferguson et al., 2013 ⁴³	Handheld dynamometer	Flexión de codo derecho	Intervención	104,62 (25,06)	-	109,21 (33,24)	-
				Control	97,48 (20,11)	-	90,53(21,13)	-
			Flexión de codo izquierdo	Intervención	101,71 (26,91)	-	105,43 (28,48)	-
				Control	92,50 (24,28)	-	89,69 (19,79)	-
			Extensión de codo derecho	Intervención	84,47 (21,51)	-	80,96 (19,44)	-
				Control	70,54 (20,59)	-	76,32 (17,36)	-
			Extensión de codo izquierdo	Intervención	86,72 (21,16)	-	81,41 (21,10)	-
				Control	71,77 (20,83)	-	79,58 (27,94)	-
			Extensión de rodilla derecha	Intervención	152,25 (51,17)	-	150,65 (48,75)	-
				Control	127,22 (32,72)	-	139,37 (34,67)	-
			Extensión de rodilla izquierda	Intervención	151,71 (51,46)	-	145,54 (51,55)	-
				Control	120,43 (35,35)	-	137,57 (31,71)	-
			Fuerza prensil derecha	Intervención	43,33 (12,37)	-	47,03 (13,32)	-
				Control	35,56 (7,57)	-	49,42 (12,92)	-
Fuerza prensil izquierda	Intervención	37,83 (10,21)	-	43,58 (12,64)	-			
	Control	35,03 (8,64)	-	42,94 (8,83)	-			
Fuerza muscular	Bonney et al., 2017 ³⁹	Extensores de rodilla (N)	Intervención	139,5 (27,1)	-		263,6 (49,2)	
			Control	157,9 (22,9)	-		302,3(68,1)	
		Flexores plantares de tobillo (N)	Intervención	98,9 (17,7)	-		281,0 (34,5)	
			Control	109,4 (20,0)	-		271,0(51,3)	
		Flexores dorsales de tobillo (N)	Intervención	119,3 (17,8)	-		213,0 (34,9)	
			Control	128,7 (12,9)	-		229,4(38,9)	

Tabla 2 (continuación)

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥ 12 sem Media (DE)
Funcionalidad de la mano	Chiu et al., 2014 ³³		<i>Nine-hole Peg test</i>	Intervención	0,10 (0,09)	-	0,10 (0,19)	0,11 (0,11)
				Control	0,12 (0,10)	-	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)
			<i>Jebsen-Taylor Test of Hand Function</i>	Intervención	0,21 (0,14)	-	0,26 (0,18)	0,31 (0,19)
				Control	0,22 (0,15)	-	0,27 (0,20)	0,34 (0,21)
Funcionalidad del miembro superior	Sajan et al., 2016 ³⁵	QUEST	<i>QUEST: grasp domain</i>	Intervención	67,82	73,35	-	-
				Control	81,05	83,95	-	-
			<i>QUEST: dissociated movements domain</i>	Intervención	77,94	80,40	-	-
				Control	92,61	92,96	-	-
Generalizada autoeficacia	Bonney et al., 2017 ³⁹		CSAPPA puntuación total	Intervención	52,7 (10,7)	-	-	55,6 (11,2)
				Control	50,0(12,8)	-	-	53,9 (9,9)
			Adecuación Puntuación	Intervención	19,8 (4,5)	-	-	19,9 (4,9)
				Control	17,6 (5,4)	-	-	19,6 (5,4)
			Disfrute Puntuación	Intervención	9,8 (2,5)	-	-	9,5 (2,2)
				Control	9,7 (2,5)	-	-	9,4 (1,6)
Predilección Puntuación	Intervención	23,2 (6,5)	-	-	26,1 (5,9)			
	Control	22,8 (7,3)	-	-	24,9 (4,3)			
GMFM	Arnoni et al., 2019 ³⁸	GMFM	Bipedestación	Intervención	-	-2,310	-	-
				Control	-	NA	-	-
			Andando, corriendo, saltando	Intervención	-	-2,672	-	-
				Control	-	NA	-	-

Tabla 2 (continuación)

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo	
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥ 12 sem Media (DE)	
Habilidad viso-perceptiva MABC-2 (competencia motriz)	Sajan et al., 2016 ³⁵	TVPS-3	TVPS (puntuación total)	Intervención	32,10	43,44	-	-	
				Control	36,50	37,30	-	-	
	Bonney et al., 2017 ³⁹		Puntuación Standard total (PS)	Intervención	61,4 (10,4)	-	-	74,0 (10,3)	
				Control	63,0 (5,6)	-	-	78,1 (8,8)	
			Destreza manual (PS)	Intervención	5,5 (2,1)	-	-	8,9 (2,7)	
				Control	5,9 (1,5)	-	-	9,7 (1,5)	
			Apuntar y atrapar (PS)	Intervención	9,0 (2,3)	-	-	8,9 (2,5)	
				Control	9,3 (2,6)	-	-	10,1 (2,9)	
			Equilibrio (PS)	Intervención	7,0 (2,9)	-	-	8,9 (2,6)	
				Control	6,9 (2,1)	-	-	9,1 (2,5)	
	Ferguson et al., 2013 ⁴³		Puntuación Standard total (PS)	Intervención	4,26 (1,02)	-	8,67 (2,51)	-	
				Control	5,32 (1,45)	-	6,05 (2,83)	-	
				Destreza manual (PS)	Intervención	6,04 (2,23)	-	9,04 (2,56)	-
					Control	6,05 (2,42)	-	6,16 (3,02)	-
				Apuntar y atrapar (PS)	Intervención	7,56 (2,72)	-	8,52 (2,44)	-
					Control	6,53 (3,27)	-	6,84 (3,18)	-
	Equilibrio (PS)	Intervención	4,26 (2,44)	-	9,48 (2,31)	-			
		Control	7,00 (2,31)	-	8,11 (2,47)	-			
Percepción de los cuidadores	Chiu et al., 2014 ³³	Funcional Use Survey	Cantidad (0-65)	Intervención	28,1 (17,9)	-	32,7 (15,9)	35,6 (15,8)	
				Control	34,0 (16,9)	-	32,6 (13,4)	33,8 (15,5)	
			Calidad (0-65)	Intervención	30,1 (17,6)	-	34,0 (16,7)	34,8 (13,4)	
				Control	34,7 (14,9)	-	34,5 (14,9)	35,3 (14,5)	
Rendimiento aeróbico y anaeróbico	Ferguson et al., 2013 ⁴³	MPST	20	Intervención	104,92 (45,91)	-	139,70 (63,63)	-	
				Control	115,88 (36,91)	-	136,54 (41,64)	-	
			mSRT	Intervención	1,28 (0,40)	-	1,74 (1,05)	-	
				Control	1,63 (0,86)	-	1,61 (0,92)	-	
Rendimiento funcional	Bonney et al., 2017 ³⁹	BOT-2 Carrera & Agilidad (SS)	10 × 5 m Sprint recto (s)	Intervención	14,1 (3,9)	-	-	18,5 (3,2)	
				Control	14,4 (2,9)	-	-	18,3 (1,6)	
			10 × 5 m Sprint slalom (s)	Intervención	24,8 (3,9)	-	-	22,2 (3,0)	
				Control	25,0 (3,5)	-	-	21,7 (2,1)	
			Subir escaleras (#)	Intervención	24,3 (4,1)	-	-	22,2 (3,1)	
				Control	24,6 (3,8)	-	-	20,6 (2,0)	
				Intervención	67,5 (14,9)	-	-	74,8 (10,4)	
				Control	72,0 (7,3)	-	-	78,0 (7,9)	

Tabla 2 (continuación)

Variable de resultado	Estudios	Instrumento de medición	Variables de medición	Grupo	Preintervención	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
						≤ 6 sem Media (DE)	6-12 sem Media (DE)	≥ 12 sem Media (DE)
Rendimiento motor	Hammond et al., 2013 ⁴⁰	BOT-2	Precisión motora fina	Intervención	9,2 (1,95)	10,3 (2,39)	10,2 (2,92)	-
				Control	10,4 (3,26)	10,0 (2,51)	12,25 (2,38)	-
			Integración motora fina	Intervención	7,5 (2,17)	8,9 (2,45)	7,6 (2,06)	-
				Control	9,0 (0,82)	8,25 (1,83)	9,25 (1,16)	-
			Destreza manual	Intervención	4,3 (1,23)	5,3 (1,04)	5,3 (1,39)	-
				Control	4,14 (1,07)	4,5 (1,31)	5,5 (0,76)	-
			Coordinación bilateral	Intervención	4,6 (1,83)	6,4 (0,91)	5,8 (1,46)	-
				Control	6,29 (0,76)	5,5 (0,93)	7,38 (1,06)	-
			Equilibrio	Intervención	5,9 (2,84)	7,8 (2,91)	7,5 (3,28)	-
				Control	7,57 (0,79)	6,88 (1,46)	8 (0)	-
			Velocidad de carrera y agilidad	Intervención	1,2 (4,12)	2,3 (3,86)	1,3 (3,88)	-
				Control	1,57 (0,53)	1,5 (0,53)	1,75 (0,46)	-
			Coordinación miembros superiores	Intervención	7,8 (2,99)	8,9 (2,43)	8,2 (2,27)	-
				Control	6,71 (1,5)	9,13 (1,89)	10 (2)	-
Fuerza	Intervención	5,7 (2,31)	6,8 (1,93)	7,2 (2,35)	-			
	Control	5,29 (1,5)	7,63 (4,31)	8,88 (3,09)	-			
Resistencia Aeróbica	Bonney et al., 2017 ³⁹	Lanzadera de carrera (Nivel)	Intervención	2,3 (1,5)	-	-	2,4 (1,6)	
			Control	1,9 (0,9)	-	-	2,3 (1,1)	

han medido en los periodos previamente indicados. Concretamente, a corto plazo han sido 8, a medio plazo han sido 11 y a largo plazo han sido 9 las variables analizadas.

Las variables podrían estructurarse en 3 categorías diferentes: capacidades funcionales analizadas cuantitativamente, capacidades funcionales analizadas cualitativamente y valoración subjetiva utilizando cuestionarios. La distribución numérica de estas variables sería 9 para el análisis cuantitativo, 9 para el cualitativo y 4 para la percepción subjetiva. Es importante tener en cuenta que algunas de las variables, al ser analizadas utilizando diferentes instrumentos, podrían incorporarse a dos de los grupos previamente mencionados, como por ejemplo el rendimiento motor. En la [tabla 2](#) se presentan los resultados de cada variable de forma detallada.

Ferguson et al.⁴³ compararon el efecto de dos estrategias de intervención orientadas a la tarea en niños de 6 a 10 años de edad con TDC. Una de estas estrategias incorporó el uso de la Nintendo Wii. Midieron variables como rendimiento motor, capacidad aeróbica y anaeróbica o fuerza muscular. En ambos grupos se obtuvieron mejoras significativas, siendo únicamente la capacidad anaeróbica la que mostró diferencias estadísticamente significativas en favor de la incorporación de la ludificación frente al entrenamiento de la tarea basado en las teorías de la neurociencia cognitiva y el aprendizaje motor (NTT, por sus siglas en inglés). Las variables de resultado fueron medidas mediante la versión más actual del *Movement Assessment Battery for Children-2* (MACB-2), el *20 Metre run test* (20Msr), el *Muscle Power Sprint Test* (MPST) o el dinamómetro para medir la fuerza de agarre de la mano.

Hammond et al.⁴⁰ utilizaron la videoconsola Nintendo Wii con el juego Nintendo Wii Fit con objeto de comprobar su eficacia frente al tratamiento convencional. Se seleccionaron 9 juegos basados en el equilibrio y la coordinación, a los que los integrantes del grupo experimental dedicaron 10 min diarios 3 veces a la semana. En una segunda fase ambos grupos alternaron las intervenciones durante 4 semanas. En este artículo decidieron tomar como variables principales la habilidad motora, la habilidad autopercebida y la satisfacción con la tarea motora y comportamiento emocional. Respecto a la habilidad motora, en ambos grupos se obtuvieron mejoras según los valores obtenidos en la versión reducida del *Bruininks-Oseretsky Test* (BOT-2), con el que se mide la destreza motora. Únicamente el grupo experimental mostró resultados estadísticamente significativos con respecto a esta variable. De forma similar, ambos grupos mejoraron con respecto a la habilidad autopercebida y la satisfacción con la tarea motora al final de la fase uno y mantuvieron los resultados tras la fase dos, pero estos resultados no fueron estadísticamente significativos. Estas variables fueron medidas con el *Coordination Skills Questionnaire* (CSQ). Respecto al comportamiento emocional, fue medido a través de un cuestionario para padres, *Strengths and Difficulties Questionnaire* (SDQ), al que solo respondieron 7 familias de los 18 participantes, obteniéndose mejoras cuantificables en el grupo experimental.

Chiu et al.³³ emplearon la plataforma Wii junto al juego Wii Sport Resort en 62 niños con hemiplejía. Compararon esta intervención con el tratamiento fisioterápico convencional en el miembro superior parético. Se analizaron la coordinación, la fuerza de la mano y la funcionalidad de

la misma, así como la percepción de los cuidadores sobre la funcionalidad de la mano. Se realizaron distintas mediciones de estas variables antes del tratamiento, una vez finalizado y 6 semanas después de concluido. Los juegos utilizados: bolos, Air Sport, Frisbee y baloncesto, se escogieron atendiendo a la posibilidad de progresar en dificultad que presentaban. Si bien se obtuvieron mejoras en los resultados del grupo experimental, estos no fueron estadísticamente significativos, por lo que no se puede afirmar que el uso de los videojuegos aporte ventajas respecto a la intervención tradicional en variables como la coordinación, la fuerza o la función manual medidos mediante el *Nine-hole Peg Test*, el *Jebson-Taylor Test of Hand Function* y el dinamómetro, en niños con hemiparesia. En cambio, la percepción de la funcionalidad de la mano, medida mediante un cuestionario a padres (*Functional Use Survey*), sí arrojó resultados en favor del grupo experimental.

Jelsma et al.⁴¹ desarrollaron un estudio en el que compararon la influencia que sobre el equilibrio aportan el entrenamiento con Nintendo Wii, el juego Wii Fit Plus y la plataforma Wii Balance. La muestra de participantes estaba formada por niños con problemas de equilibrio y niños con desarrollo típico. Si bien en este estudio se utiliza el *Movement Assessment Battery for Children-2* (MABC-2) como medida de resultado para evaluar el equilibrio, los propios autores no se atreven a afirmar que los niños que obtuvieron valores por debajo del percentil 16 presentaran un TDC. Todos los participantes utilizaron estas plataformas durante 30 min, 3 veces a la semana. En ese tiempo podían elegir entre 18 juegos que ofrece Nintendo Wii Fit Plus, quedando excluido el juego de Skii Slalom, ya que se empleó en la valoración. Debían jugar dos veces al juego elegido antes de poder utilizar otro. Para valorar a los participantes antes y después del tratamiento midieron la habilidad motora mediante el MACB-2, la destreza motora mediante la versión reducida del *Bruininks-Oseretsky Test* (BOT-2), el equilibrio en bipedestación mediante el Wii Fit Ski slalom test y el grado de disfrute medido con la *Enjoyment Scale*. Tras analizar los resultados, observaron que el grupo de niños con desarrollo típico obtenía mejores valores en la prueba de equilibrio en bipedestación. Los resultados de la población con afectación del equilibrio también mejoraron de forma significativa tras el periodo de intervención, manteniéndose los resultados positivos durante el periodo de descanso. Todos los niños disfrutaron de la intervención, manteniéndose la motivación con el uso de la ludificación hasta 6 semanas después de la intervención.

El trabajo de Gatica-Rojas et al.³⁴ analizó el equilibrio estático en niños con PC, comparando los resultados de la intervención mediante fisioterapia convencional (estimulaciones, fortalecimiento, flexibilidad y ejercicios de equilibrio) frente al uso de la Wii Fit Plus junto a la plataforma Nintendo Balance. Emplearon dos series de los juegos Snowboard, Penguin Slice y Super Hula Hoop. Obtuvieron valores estadísticamente significativos a favor del grupo experimental en todas las variables medidas, permaneciendo en el tiempo hasta 6 semanas después de finalizar la intervención. Esto fue así salvo en la reducción del área de desplazamiento del centro de gravedad, cuyos resultados positivos no se mantuvieron a largo plazo. Las variables de resultado fueron medidas mediante el uso de posturografía.

La investigación de Sajan et al.³⁵ midió el control postural, la destreza manual, la funcionalidad del miembro superior y la deambulacion en niños y adolescentes con PC. Tanto en el grupo control como en el experimental, en el que se incluyó la ludificación mediante el uso de la Nintendo Wii, se obtuvieron resultados similares en la medida de las diferentes variables de estudio. Únicamente la destreza manual medida mediante el *Quality of Upper Extremity Skills* (QUEST) mostró diferencias significativas a favor del grupo experimental tras el tratamiento. Las variables control postural, equilibrio, destreza manual unilateral, percepción visual y funcionalidad de la marcha medidas mediante posturografía estática, escala de Berg, *Box and Block Test*, *Test for visual-perceptual skills*, velocidad y distancia recorridas durante la marcha, respectivamente, no experimentaron cambios importantes al complementar la terapia convencional con el uso de la Nintendo Wii.

El grupo de Bonney et al.³⁹ comparó la eficacia del uso de la Nintendo Wii frente al entrenamiento funcional orientado a la tarea en 43 adolescentes de sexo femenino y edades comprendidas entre los 13 y 16 años con TDC. Midiéron variables como fuerza de la musculatura extensora de rodilla o flexo-extensora de tobillo, coordinación y autoeficacia, entre otras. No encontraron diferencias entre ambas intervenciones mediante el uso de diferentes medidas de resultado, tales como el MACB-2, BOT-2, el *Participation in Activities of Daily Living for Adolescents Questionnaire* (PADLA-Q), entre otros.

Kassee et al.³⁶ compararon la funcionalidad, la fuerza del miembro superior y la adherencia al tratamiento en 6 niños con PC. La intervención consistió en un entrenamiento con Nintendo Wii versus un entrenamiento con resistencia consistente en una tabla con 6 ejercicios a realizar entre semana. Ambas intervenciones se aplicaron en el hogar. En este caso se obtuvieron diferencias significativas a favor del grupo experimental salvo en la variable fuerza de agarre medida con un dinamómetro, en la que el resultado obtenido fue mayor tras el entrenamiento tradicional. La motivación y la viabilidad del tratamiento en el hogar fueron medidas mediante el uso de un cuestionario para padres.

Hsieh³⁷ estudió a 40 niños con PC en los que evaluó 2 intervenciones para tratar la alteración del equilibrio medido a través de los desplazamientos que experimenta el centro de gravedad, de la escala de Berg, de la *Fullerton Advanced Balance Scale* (FAB) y mediante el uso del *Timed Up and Go* (TUG-test). Comparó los resultados obtenidos mediante el uso de una plataforma en la que el niño podía jugar a videojuegos de ordenador usando todo su cuerpo frente al uso de los mismos videojuegos con los que interactuaba a través de un ratón y no mediante el uso de la plataforma en bipedestación. Concluyó que el uso de la plataforma podría utilizarse para mejorar el equilibrio en niños con PC.

Por último, Arnoni et al.³⁸ compararon la influencia que tenían sobre el equilibrio y sobre la función motora gruesa el uso de la terapia convencional frente al uso de un juego de realidad virtual en 15 niños y adolescentes con PC. Las variables de resultado fueron medidas mediante el uso de una plataforma de fuerza y a través de la *Gross Motor Function Measure* (GMFM), respectivamente. Se obtuvieron valores estadísticamente significativos en favor el grupo

experimental únicamente en el área motora gruesa, pero no en la estabilidad en bipedestación.

Discusión

El propósito de este estudio fue revisar la literatura científica publicada sobre el uso de la ludificación en neurorrehabilitación infantil. Mediante la recopilación y la lectura crítica de ensayos clínicos que abordaran trastornos motores se pone de manifiesto que la ludificación es una estrategia terapéutica a considerar. Motivación, equilibrio, fuerza, funcionalidad, coordinación y satisfacción de las familias, entre otras, son variables que experimentaron mejoría incorporando la ludificación al tratamiento de afecciones neuromotoras en niños y adolescentes, tanto a corto como a medio y a largo plazo. La alta calidad metodológica de la mayoría de los ensayos clínicos analizados avala las conclusiones de este trabajo.

La mecánica del juego es esencial y lleva consigo el compromiso y la motivación en un campo que originalmente no está relacionado con el juego en sí como es la neurorrehabilitación. En cambio, varios autores han considerado la motivación como una variable de resultado a medir en sus estudios^{36,40-42}. Esto es muy interesante cuando se trata de niños y adolescentes en los que la adherencia terapéutica no es fácil de conseguir.

Autores como Sardi et al.¹⁰ han investigado sobre el uso de la ludificación como técnica de tratamiento para mejorar la salud en una revisión que incluía 46 publicaciones relacionadas principalmente con patologías crónicas y con enfermedades mentales. En la neurorrehabilitación del adulto fueron Yates et al.¹³, Psychouli et al.¹⁴, Tsekles et al.¹⁵ y Trombetta et al.¹⁶ algunos de los autores que incluyeron los videojuegos como parte del tratamiento.

En esta línea, contemplar no solo los factores personales, sino también los ambientales, en el desarrollo de las terapias va acorde con las recomendaciones de la CIF-CY⁶. De esta forma, algunos autores aplicaron la intervención en los entornos naturales en los que habitualmente se desenvuelven niños y adolescentes, como pueden ser el hogar^{33,36} o el colegio⁴⁰. Asimismo, el fomento y la medición de la participación comunitaria³⁹ o la implicación de los padres en los tratamientos^{33,36,40} siguen estos principios tan actuales y no siempre presentes en las propuestas de intervención.

El uso de las consolas convencionales presenta desventajas como el complicado ajuste a las capacidades del niño, ya que los juegos suelen estar diseñados para usuarios sin alteraciones motoras. Por otro lado, la cuantificación del desempeño motor no es exacta, por lo que impiden un seguimiento sistemático y fiable²⁶. Sin embargo, autores como Ferguson et al.⁴³, Hammond et al.⁴⁰, Chiu et al.³³, Jelsma et al.⁴¹, Gatica-Rojas et al.³⁴, Sajan et al.³⁵, Bonney et al.³⁹ y Kassee et al.³⁶, entre otros, no dudaron en utilizar videojuegos y plataformas comerciales ya existentes en el mercado; otros, en cambio, diseñaron videojuegos con funciones específicas⁴². Aun así, estas limitaciones no deben impedir su uso, ya que distintas investigaciones apuntan a que el uso de tratamientos de fisioterapia combinados con la ludificación mejora el éxito de la terapia²⁷⁻²⁹.

Efectos a corto plazo

En los pacientes con PC los efectos a corto plazo de las intervenciones realizadas muestran una mejoría en la inmensa mayoría de las variables analizadas. De esta manera, el grupo que utiliza la ludificación como método de intervención experimenta mejoras a corto plazo en muchas de las variables de resultado analizadas, tales como el control postural³⁵, la deambulaci3n³⁵, la destreza manual gruesa³⁵ o la habilidad viso-perceptiva³⁵, con respecto a los resultados observados en el grupo control. Por otro lado, existen variables, como el funcionamiento del miembro superior³⁵ o el equilibrio^{34,37}, donde se han observado valores similares tras la intervenci3n, aunque es importante destacar que en esta última variable de resultado (equilibrio) existe un parámetro (CdM Desequilibrio, ojos-abiertos) que, a corto plazo, en paciente con PC experimenta una mejora significativa con respecto al grupo control³⁴.

Por su lado, en pacientes con TDC, a corto plazo se observaron mejoras significativas en el rendimiento motor⁴⁰. Considerando los resultados observados, se podría afirmar que es necesario generar protocolos específicos de tratamiento para la variable de resultado donde se desea poner el foco, ya que se han observado muy buenos resultados a corto plazo con pacientes que realizaban 3 o 6 sesiones a la semana^{35,40}, así como resultados similares al grupo control con una frecuencia de 3 o 5 sesiones a la semana^{34,37}.

Efectos a medio plazo

Al analizar los efectos a medio plazo en pacientes con PC se observa que, al igual que sucedía a corto plazo, la inmensa mayoría de las variables de resultado experimentaron una mejoría superior a la observada en el grupo control (tabla 2). Concretamente, los participantes que utilizaron la ludificación como estrategia de intervenci3n mostraron un nivel de conformidad, motivaci3n y fiabilidad³⁶, mayor calidad en el movimiento de los miembros superiores³⁶, una mejora del equilibrio (con ojos abiertos)³⁴, así como un aumento de la fuerza prensil³³ superior en comparaci3n con el grupo control. Además, cuando se analizan unos resultados tan subjetivos como la percepci3n de los cuidadores, se observa que la valoraci3n realizada tanto desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo aumenta en más de un 10% con respecto a los valores iniciales³³.

Sin embargo, la funcionalidad de la mano experimenta una evoluci3n de los resultados similar a la observada en el grupo control³³.

Un aspecto a reseñar es que con la excepci3n del estudio realizado por Gatica-Rojas et al.³⁴, ninguno de los estudios analizados realizaron una valoraci3n y seguimiento a medio plazo. En el único estudio que lo realiza se observa que los resultados obtenidos a corto plazo se mantienen de forma similar a medio plazo. En este sentido, el equilibrio con ojos abiertos mejora significativamente más en el grupo experimental con respecto al grupo control. Esta tendencia, sin embargo, no se observa en el resto de variables analizadas, donde los resultados obtenidos son comparables entre ambos grupos.

En pacientes con TDC fueron analizadas a medio plazo 4 variables de resultado. Concretamente, tanto en la fuerza

isométrica⁴³ como en el rendimiento motor⁴⁰ no se observaron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control. Sin embargo, cuando se analizan la fuerza funcional⁴³ y la competencia motriz⁴³, el grupo experimental presentó resultados significativamente mejores con respecto a lo observado en el grupo experimental. Concretamente la competencia motriz⁴³ presenta una evoluci3n positiva de su puntuaci3n total, especialmente condicionada por las mejoras observadas en 2 subescalas como son el equilibrio y la destreza manual.

Efectos a largo plazo

A largo plazo, son 8 las variables de resultado analizadas, aunque 2 estudios fueron desarrollados en pacientes con PC^{33,35} (agrupando 4 variables) y otro en pacientes con TDC³⁹ (agrupando las restantes 4 variables). Concretamente en pacientes con PC, la calidad del movimiento de miembros superiores experimentó un empeoramiento en 2 subescalas analizadas, mientras que una tercera, fuerza prensil, mejoró con respecto a los valores iniciales³⁵. Esta mejoría observada a largo plazo es consistente con la recogida por el estudio de Chiu et al.³³, en la cual se observaron diferencias significativas con respecto a los valores pre-intervenci3n, aunque la magnitud de la mejora experimentada no era significativamente superior a la observada en el grupo control³³. Esta similitud en cuando a la evoluci3n de las variables de resultado entre el grupo experimental y el grupo control también se puede observar en la funcionalidad de la mano. Sin embargo, la percepci3n de los cuidadores no solo mantiene la mejora observada en el análisis a medio plazo, sino que además lo mejora ligeramente³³.

Por otro lado, en los pacientes con TDC, un estudio analizó 4 variables diferentes³⁹. Tres de estas 4 variables de resultado (fuerza muscular, autoeficiencia y rendimiento funcional), mostraron un comportamiento similar entre el grupo experimental y el grupo control. Además, cuando se analiza el nivel de carrera de estos pacientes tras la intervenci3n, se observa que el nivel presentado por el grupo experimental es inferior al observado en el grupo control a largo plazo³⁹.

Esta revisi3n no está exenta de limitaciones, como pueden ser la selecci3n de determinadas bases de datos, idiomas o criterios de inclusi3n a la hora de elegir los estudios. Asimismo, la heterogeneidad de las metodologías utilizadas y la gran variedad de resultados entre los estudios han impedido realizar un metaanálisis.

En este sentido, mejorar el conocimiento sobre la ludificación entre los profesionales de la neurorrehabilitaci3n en general y de los fisioterapeutas en particular abre nuevas ventanas terapéuticas específicas. Por tanto, haciendo un uso realista de la ludificación en fisioterapia se puede optimizar la práctica clínica, presentándose un futuro prometedor²¹.

Futuros estudios debieran incrementar el tamaño muestral con objeto de poder dar mayor solidez a los resultados presentados. Asimismo sería interesante consensuar la dosis más beneficiosa en los tratamientos de neurorrehabilitaci3n que incorporen la ludificación.

Como conclusi3n, la literatura científica consultada sobre el uso de la ludificación en los tratamientos de

neuropediatría aconseja su uso en la práctica clínica, bien de forma aislada o como complemento a la terapia convencional, demostrando ser una intervención segura para utilizar en entornos naturales como el hogar o colegio y motivante para niños y adolescentes con afectación neuromotora.

Financiación

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Bibliografía

- Vidal-Samsó J. La neurorrehabilitación, un proceso de alta complejidad. *Rev Neurol.* 2020;70:433, <http://dx.doi.org/10.33588/rn.7012.2019481>.
- Ketelaar M, Vermeer A, Hart 'TH, van Petegem-van Beek E, Helders PJM. Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Phys Ther.* 2001;81:1534–45, <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/81.9.1534>.
- Helders PJM, Engelbert RHH, Custers JWH, Gorter JW, Takken T, van der Net J. Creating and being created: The changing panorama of paediatric rehabilitation. *Pediatr Rehabil.* 2003;6:5–12, <http://dx.doi.org/10.1080/1363849031000095260>.
- Ahl LE, Johansson E, Granat T, Carlberg EB. Functional therapy for children with cerebral palsy: An ecological approach. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47:613–9, <http://dx.doi.org/10.1017/S0012162205001210>.
- Law M, Darrach J, Pollock N, Rosenbaum P, Russell D, Walter SD, et al. Focus on function — A randomized controlled trial comparing two rehabilitation interventions for young children with cerebral palsy. *BMC Pediatr.* 2007;7:1–12, <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2431-7-31>.
- World Health Organization. International Classification of Functioning, Disability and Health. Children & Youth Version. s.f.
- Tixes F. La generación Y. En: Tixes F, editor. *Gamificación: fundamentos y aplicaciones*. Barcelona: UOC; 2014. p. 34–60.
- Deterding S, Khaled R, Nacke LE, Dixon D. Gamification: Toward a definition. *Stud Comput Intell.* 2010;300:1–361, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-13959-8_1.
- Lopes S, Pereira A, Magalhães P, Oliveira A, Rosário P. Gamification: Focus on the strategies being implemented in interventions: A systematic review protocol. *BMC Res Notes.* 2019;12:100, <http://dx.doi.org/10.1186/s13104-019-4139-x>.
- Sardi L, Idri A, Fernández-Alemán JL. A systematic review of gamification in e-Health. *J Biomed Inform.* 2017;71:31–48, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2017.05.011>.
- Levac D, McCormick A, Levin MF, Brien M, Mills R, Miller E, et al. Active video gaming for children with cerebral palsy: Does a clinic-based virtual reality component offer an additive benefit? A pilot study. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2018;38:74–87, <http://dx.doi.org/10.1080/01942638.2017.1287810>.
- Cheng VWS, Davenport T, Johnson D, Vella K, Hickie IB. Gamification in apps and technologies for improving mental health and well-being: Systematic review. *J Med Internet Res.* 2019;21:1–15, <http://dx.doi.org/10.2196/13717>.
- Yates M, Kelemen A, Sik Lanyi C. Virtual reality gaming in the rehabilitation of the upper extremities post-stroke. *Brain Inj.* 2016;30:855–63, <http://dx.doi.org/10.3109/02699052.2016.1144146>.
- Psychouli P, Katzis K, Elliott M. Home-based training support for stroke patients using the Leap Motion and StandInE-exercise stand. *Stud Health Technol Inform.* 2018;251:55–8, <http://dx.doi.org/10.3233/978-1-61499-880-8-55>.
- Tseklevs E, Paraskevopoulos IT, Warland A, Kilbride C. Development and preliminary evaluation of a novel low cost VR-based upper limb stroke rehabilitation platform using Wii technology. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2016;11:413–22, <http://dx.doi.org/10.3109/17483107.2014.981874>.
- Trombetta M, Bazzanello Henrique PP, Brum MR, Colussi EL, De Marchi ACB, Rieder R. Motion Rehab AVE 3D: A VR-based exergame for post-stroke rehabilitation. *Comput Methods Programs Biomed.* 2017;151:15–20, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.08.008>.
- Ungerleider LG, Doyon J, Karni A. Imaging brain plasticity during motor skill learning. *Neurobiol Learn Mem.* 2002;78:553–64, <http://dx.doi.org/10.1006/nlme.2002.4091>.
- Van der Kooij K, van Dijsseldonk R, van Veen M, Steenbrink F, de Weerd C, Overvliet KE. Gamification as a sustainable source of enjoyment during balance and gait exercises. *Front Psychol.* 2019;10:1–12, <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00294>.
- Novak I, Mcintyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: State of the evidence. *Dev Med Child Neurol.* 2013;55:885–910, <http://dx.doi.org/10.1111/dmcn.12246>.
- Purpura G, Tinelli F, Bargagna S, Bozza M, Bastiani L, Cioni G. Effect of early multisensory massage intervention on visual functions in infants with Down syndrome. *Early Hum Dev.* 2014;90:809–13, <http://dx.doi.org/10.1016/j.earhumdev.2014.08.016>.
- Janssen J, Verschuren O, Renger WJ, Ermers J, Ketelaar M, van Ee R. Gamification in physical therapy: More than using games. *Pediatr Phys Ther.* 2017;29:95–9, <http://dx.doi.org/10.1097/PEP.0000000000000326>.
- Lohse K, Shirzad N, Verster A, Hodges N, van der Loos H. Video games and rehabilitation?: Using design principles to enhance engagement in physical therapy. *J Neurol Phys Ther.* 2013;37:166–75, <http://dx.doi.org/10.1097/NPT.0000000000000017>.
- Shah N, Basteris A, Amirabdollahian F. Design parameters in multimodal games for rehabilitation. *Games Health J.* 2014;3:13–20, <http://dx.doi.org/10.1089/g4h.2013.0044>.
- Bratton SC, Ray D, Rhine T, Jones L. The efficacy of play therapy with children: A meta-analytic review of treatment outcomes. *Prof Psychol Res Pract.* 2005;36:376–90, <http://dx.doi.org/10.1037/0735-7028.36.4.376>.
- Cugelman B. Gamification: What it is and why it matters to digital health behavior change developers. *J Med Internet Res.* 2013;15:1–6, <http://dx.doi.org/10.2196/games.3139>.
- Plasencia-Robledo M. Recursos tecnológicos en rehabilitación pediátrica. En: Macías L, Fagoaga J, editores. *Fisioterapia en pediatría*. Madrid: Médica Panamericana; 2018. p. 479.
- Acar G, Altun GP, Yurdalan S, Polat MG. Efficacy of neurodevelopmental treatment combined with the Nintendo® Wii in patients with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2016;28:774–80, <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.28.774>.
- Ilg W, Schatton C, Schicks J, Giese MA, Schöls L, Synofzik M. Video game-based coordinative training improves ataxia in children with degenerative ataxia. *Neurology.* 2012;79:2056–60, <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0b013e318274967>.

29. Facchin P, Rosa-Rizzotto M, dalla Pozza LV, Turconi AC, Pagliano E, Signorini S, et al. Multisite trial comparing the efficacy of constraint-induced movement therapy with that of bimanual intensive training in children with hemiplegic cerebral palsy: Postintervention results. *Am J Phys Med Rehabil*. 2011;90:539–53, <http://dx.doi.org/10.1097/PHM.0b013e3182247076>.
30. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*. 2009;62:1–34, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>.
31. de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: A demographic study. *Aust J Physiother*. 2009;55:129–33, [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1).
32. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003;27:713–21, <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>.
33. Chiu HC, Ada L, Lee HM. Upper limb training using Wii Sports Resort™ for children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized, single-blind trial. *Clin Rehabil*. 2014;28:1015–24, <http://dx.doi.org/10.1177/0269215514533709>.
34. Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G, Guzman-Muñoz E, Soto-Poblete A, Cartes-Velásquez R. Does Nintendo Wii Balance Board improve standing balance? A randomized controlled trial in children with cerebral palsy. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53:535–45, <http://dx.doi.org/10.23736/S1973-9087.16.04447-6>.
35. Sajjan JE, John JA, Grace P, Sabu SS, Tharion G. Wii-based interactive video games as a supplement to conventional therapy for rehabilitation of children with cerebral palsy: A pilot, randomized controlled trial. *Dev Neurorehabil*. 2017;20:361–7, <http://dx.doi.org/10.1080/17518423.2016.1252970>.
36. Kasse C, Hunt C, Holmes MWR, Lloyd M. Home-based Nintendo Wii training to improve upper-limb function in children ages 7 to 12 with spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr Rehabil Med*. 2017;10:145–54, <http://dx.doi.org/10.3233/PRM-170439>.
37. Hsieh HC. Effects of a gaming platform on balance training for children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2018;30:303–8, <http://dx.doi.org/10.1097/PEP.0000000000000521>.
38. Arnoni JLB, Pavao SL, dos Santos Silva FP, Rocha NACF. Effects of virtual reality in body oscillation and motor performance of children with cerebral palsy: A preliminary randomized controlled clinical trial. *Complement Ther Clin Pract*. 2019;35:189–94, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.02.014>.
39. Bonney E, Ferguson G, Smits-Engelsman B. The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil*. 2017;71:223–36, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2017.10.013>.
40. Hammond J, Jones V, Hill EL, Green D, Male I. An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: A pilot study. *Child Care Health Dev*. 2014;40:165–75, <http://dx.doi.org/10.1111/cch.12029>.
41. Jelsma D, Geuze RH, Mombarg R, Smits-Engelsman BCM. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable developmental coordination disorder and balance problems. *Hum Mov Sci*. 2014;33:404–18, <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2013.12.007>.
42. Brüttsch K, Schuler T, Koenig A, Zimmerli L, Mérellat S, Lünenburger L, et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *J Neuroeng Rehabil*. 2010;7:15, <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-7-15>.
43. Ferguson GD, Jelsma D, Jelsma J, Smits-Engelsman BCM. The efficacy of two task-orientated interventions for children with Developmental Coordination Disorder: Neuromotor Task Training and Nintendo Wii Fit training. *Res Dev Disabil*. 2013;34:2449–61, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.007>.