



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**Facultad de Ciencias de la Salud
Osasun Zientzien Fakultatea**

**TERAPIA DE MOVIMIENTO INDUCIDO POR
RESTRICCIÓN Y VIDEOJUEGOS EN EL
TRATAMIENTO DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR EN
NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Grado en Fisioterapia

Fisioterapia Gradua

Trabajo Fin de Grado / Gradu Bukaerako Lana

Estudiante / Ikaslea: Eva Zabalo Sagüés

Tutor/a: María Navarro Duarte

Convocatoria: 25 de mayo de 2022

RESUMEN

Introducción: La parálisis cerebral (PC) es un trastorno global permanente del tono, la postura y el movimiento que causa dificultades para realizar las tareas de manera coordinada y eficaz debido a problemas de espasticidad, debilidad, alteraciones sensitivo-motoras o limitaciones del rango de movimiento. La función del miembro superior se suele ver más gravemente afectada que la del miembro inferior.

Objetivos: Revisar la literatura existente sobre la terapia de movimiento inducido por restricción (CIMT) y terapia basada en videojuegos (VGBT) y realidad virtual (RV) para el tratamiento de la extremidad superior en niños con PC y desarrollar una propuesta de intervención basada en ellas.

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica utilizando las bases de datos Pubmed, ScienceDirect y Pedro.

Resultados: La CIMT y la VGBT mejoran la motricidad fina y gruesa, la función de la mano, la fuerza de agarre y la capacidad de desempeño de tareas de autocuidado y de la vida diaria.

Conclusiones: La combinación de la CIMT y la VGBT puede mejorar la función de la extremidad superior en niños con PC hemipléjica aumentando los efectos beneficiosos de cada terapia.

Palabras clave: “parálisis cerebral”, “terapia de movimiento inducido por restricción”, “videojuegos”, “realidad virtual”, “extremidad superior”

Número de palabras: 14.660

ABSTRACT

Introduction: Cerebral palsy (CP) is a permanent global disorder of tone, posture and movement that causes difficulties to perform tasks in a coordinated and effective way due to spasticity problems, weakness, motor-sensitive alterations or range of motion limitations. The function of the upper limb is usually more severely affected than that of the lower limb.

Objectives: To review the existing literature on restriction-induced motion therapy (CIMT) and video game-based therapy (VGBT) and virtual reality (VR) for the treatment of the upper limb in children with CP and develop an intervention proposal based on them.

Methodology: A bibliographic review was carried out using the databases Pubmed, ScienceDirect and Pedro.

Results: CIMT and VGBT improve gross and fine motor control, hand function, grip strength and the ability to perform self-care tasks and daily life.

Conclusions: Combination of CIMT and VGBT may improve upper limb function in children with hemiplegic CP by increasing the beneficial effects of each therapy

Keywords: "cerebral palsy", "constraint-induced movement therapy", "video games", "virtual reality", "upper limb"

Number of words: 14.660

ABREVIATURAS

AVD: Actividades de la vida diaria

AHA: Assisting Hand Assessment

BOTMP-II: Test de habilidades motoras Bruininks-Oseretsky 2

CFCS: Sistema de Clasificación de Comunicación Funcional

CFUS: Caregiver Functional Use Survey

CHAQ: Childhood Health Assessment Questionnaire

CIMT: Terapia de movimiento inducido por restricción

DHI: Duruoz Hand Index

GMFCS: Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa

9HPT: Nine-Hole Peg Test

JCR: Journal Citation Report

JTHFT: Jebson Taylor Hand Function Test

LMC: Leap Motion Controller

MA-2: Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function-2

MACS: Sistema de Clasificación de Habilidad Manual

PC: Parálisis cerebral

PDMS: Peabody Developmental Motor Scales

PEDI: Pediatric Evaluation of Disability Inventory

PEDI CAT: Pediatric Evaluation of Disability Inventory Computer Adaptive Test

QUEST: Quality of upper extremity skills test

ROM: Rango de movimiento

RTM: Remind to move – Recordar el movimiento

RV: Realidad virtual

SJR: Scimago Journal & Country Rank

VGBT: Terapia basada en videojuegos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Definición e incidencia | 1 |
| 1.2. Diagnóstico y evolución | 2 |
| 1.3. Síntomas | 2 |
| 1.4. Clasificación | 4 |
| 1.5. Tratamiento del miembro superior | 8 |
| 1.6. Justificación del Trabajo de Fin de Grado | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 13 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS | 15 |
| 3.1. Fuentes de información utilizadas | 15 |
| 3.2. Estrategia de búsqueda | 15 |
| 3.3. Diagrama de flujo | 17 |
| 3.4. Criterios de inclusión y exclusión | 20 |
| 3.5. Evaluación de Calidad Metodológica | 21 |
| 3.6. Análisis estadístico de los resultados | 21 |
| 4. RESULTADOS | 25 |
| 4.1. Intervenciones | 25 |
| 4.2. Motricidad fina y gruesa | 29 |
| 4.3. Fuerza de prensión | 32 |
| 4.4. Habilidades motoras en las actividades de la vida diaria | 33 |
| 5. DISCUSIÓN | 41 |
| 5.1. Intervenciones | 41 |
| 5.2. Resultados obtenidos tras la intervención | 43 |
| 5.3. Limitaciones | 47 |
| 6. CONCLUSIONES | 49 |
| 7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN | 51 |
| 7.1. Introducción | 51 |
| 7.2. Hipótesis y objetivos | 53 |
| 7.3. Material y métodos | 53 |
| 7.3.1. Participantes | 53 |
| 7.3.2 Variables de estudio | 54 |
| 7.3.3. Intervención | 56 |
| 8. AGRADECIMIENTOS | 67 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA | 69 |

| | |
|---|----|
| 10. ANEXOS | 75 |
| Anexo I: Escala PEDro | 75 |
| Anexo II: Escalas de medición utilizadas en la propuesta de intervención | 75 |
| Anexo III: Consentimiento informado | 82 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS) | 6 |
| Tabla 2: Sistema de Clasificación de Habilidad Manual (MACS)..... | 6 |
| Tabla 3: Sistema de Clasificación de Comunicación Funcional (CFCS)..... | 7 |
| Tabla 4: Sistema de Clasificación de Habilidad de comer y beber. | 8 |
| Tabla 5: Escala PEDro | 22 |
| Tabla 6: Evaluación calidad de las revistas | 23 |
| Tabla 7: Resultados de los artículos incluidos en la revisión | 36 |
| Tabla 8: Propuesta de intervención | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Diagrama de flujo primera búsqueda bibliográfica | 18 |
| Figura 2: Diagrama de flujo de segunda búsqueda bibliográfica..... | 19 |
| Figura 3: Dinamómetro hidráulico de pinza | 54 |
| Figura 4: Uso de LMC en niños con PC..... | 58 |
| Figura 5: a. Jugador de Leapball b. Pantalla de juego..... | 61 |
| Figura 6: a. Jugador de CatchAPet b. Pantalla de juego | 62 |
| Figura 7: Pantalla de Juego de Piano | 63 |
| Figura 8: Pantalla de Juego del camarero. Fuente: Fernández-González et al. (52) | 63 |
| Figura 9: Pantalla de Juego de los pétalos. Fuente: Wang et al. (51) | 64 |
| Figura 10: Pantalla de Atrapa los globos. Fuente: Wang et al. (51)..... | 65 |
| Figura 11: Material usado para la realización de JTHFT | 75 |
| Figura 12: Material usado para AHA..... | 76 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición e incidencia

La parálisis cerebral (PC) es la discapacidad más común en la infancia que engloba una serie de trastornos neuromotores no progresivos (1). Se trata de un trastorno global permanente del tono, la postura y el movimiento. La causa es debida a un daño del sistema nervioso central (SNC) en una etapa temprana de su desarrollo. Existen diversos factores de riesgo que aumentan la probabilidad de que el niño tenga parálisis cerebral, pero el principal, es la prematuridad. Hay tres periodos críticos en los que puede ocurrir el daño cerebral. En primer lugar, durante el periodo prenatal, es decir en el embarazo; en segundo lugar, durante el periodo perinatal; y por último en el periodo posnatal, en los primeros años de vida. El daño puede ser debido a diversas causas como: una inadecuada atención en el parto, prematuridad, infección intrauterina, malformaciones cerebrales (2), anoxia, hemorragia intracraneal, asfisia neonatal excesiva, traumatismo, hipoglucemia, virus neurotróficos, etc. (3). Sin embargo, estos factores no indican que se vaya a producir daño cerebral siempre que sucedan, ni el daño cerebral indica siempre un diagnóstico de PC.

El daño cerebral determina un desarrollo desorganizado y retrasado de los mecanismos neurológicos que regulan el control postural, el equilibrio y el movimiento (3). Es por eso que, las personas con daño cerebral pueden ser capaces de realizar tareas de autocuidado, mantener una conversación o caminar, aunque en muchas ocasiones se realizarán de manera ineficaz, torpe o con falta de coordinación.

Según datos proporcionados por la Confederación española ASPACE se estima que una de cada 500 personas sufre parálisis cerebral. Actualmente, se cree que hay alrededor de 120.000 personas con parálisis cerebral en España. Uno de cada 10 niños que nace en España es prematuro, del 65% de los niños que nacen entre las semanas 27 y 28 de gestación y sobreviven, un 7% sufre parálisis cerebral. A nivel mundial existe una incidencia de 2 de cada 1000 niños.

1.2. Diagnóstico y evolución

El diagnóstico normalmente ocurre entre los 12-24 meses (2) ya que antes es difícil detectar signos claros de espasticidad o de problemas motores, se detectan una vez el niño debe empezar a andar mediante evaluaciones clínicas.

Normalmente son los padres los que detectan anomalías en el desarrollo del niño y son ellos los que informan de los hallazgos a partir de los cuales se realiza un examen más exhaustivo llegando al diagnóstico de PC (1).

Sin embargo, es importante realizar un diagnóstico precoz para que el niño pueda verse beneficiado de unas estrategias de desarrollo adaptadas a su trastorno de manera precoz. Cada vez se utilizan más técnicas de detección precoz entre las que destacan la historia clínica, para conocer algún antecedente de aborto o riesgos en el embarazo, así como complicaciones en el parto o enfermedades relacionadas. Además, resonancias magnéticas anormales en bebés prematuros acompañados de una evaluación motora y neurológica estandarizada, pueden ayudar a determinar el riesgo de padecer PC (2).

La evolución de este trastorno es variable en las personas porque pese a no causar deterioro progresivo, las capacidades y limitaciones de los niños pueden cambiar. Es decir, mediante un tratamiento multidisciplinar los niños con PC pueden verse beneficiados y mejorar tanto su función motora, como su capacidad funcional, social y emocional (3).

1.3. Síntomas

A pesar del gran número de personas afectadas por este trastorno, existe una gran variabilidad de síntomas entre unas personas y otras. Es decir, los síntomas y grados de afectación dependen del tipo, localización, amplitud y difusión de la lesión neurológica (2). Cuentan con problemas a nivel neuromuscular, musculoesquelético y sensorial, los cuáles afectan en el desarrollo de sus actividades de la vida diaria (AVD) como la alimentación, la higiene o el vestido. Además, estos niños suelen tener problemas asociados que se deberán tener en cuenta a la hora de realizar el tratamiento.

Pese a existir diferentes tipos de parálisis cerebral existen características comunes en todos ellos, entre las cuales encontramos las siguientes alteraciones (3):

- Mecanismos posturales: posturas anormales causadas por las características propias de cada tipo, ya sea espasticidad, espasmos o sacudidas. También cuentan con debilidad muscular de los músculos de cuello, tronco, miembros superiores y zona pélvica, debido a la falta de desarrollo de los mecanismos posturales.
- Todos los niños con PC tienen un retraso en el neurodesarrollo. Esto puede ser debido a retraso intelectual, falta de estimulación, alteraciones asociadas como falta de visión o miopatías.
- Reflejos anormales: reflejos no integrados

Entre las afectaciones más comunes encontramos el retraso mental en el 50% de los casos, trastornos de la visión y de la audición, crisis epilépticas en un 25-30%, alteraciones del habla y el lenguaje, trastornos de la percepción como la agnosia, donde no son capaces de reconocer objetos o símbolos, o la dispraxia, donde existe un problema de planificación motora (3).

Además, podemos encontrar trastornos tróficos y problemas intestinales debido al estreñimiento crónico, además de deformidades esqueléticas como luxaciones de cadera, escoliosis, pies cavos, etc. (3). Un 75% de los niños con este trastorno padecen dolor crónico.(4)

Es importante tener en cuenta que pese a la posibilidad de padecer trastornos conductuales y emocionales, debemos darles la oportunidad de experimentar un desarrollo emocional y social lo más normalizado posible a partir de una buena actitud por parte de su entorno (3).

Además, se deberá adaptar el tratamiento en función de las características de cada niño y de los problemas asociados para poder ofrecer una terapia individualizada y efectiva.

1.4. Clasificación

En cuanto a la clasificación de la PC existen diversas clasificaciones entre las cuales una de las más utilizadas ha sido la clasificación de Ingram (1955) y Hagberg (1976) o Perlstein. Aun así, más tarde la SCPE (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe) definió una clasificación más universal a fin de estandarizarla (1).

Podemos diferenciar los tipos de PC según la sintomatología clínica, según la topografía y según la gravedad de la afectación. El tipo más común es la parálisis cerebral hemipléjica (3).

Según el trastorno tónico-postural

PC ESPÁSTICA: Es la más frecuente de esta categoría dándose en un 60-70% de las PC. Las características más importantes son:

- *Hipertonía:* aumento de tensión muscular que provoca dificultad para controlar los músculos que se estiran y provocan una respuesta exaltada dando lugar a la espasticidad. La hipertonía puede ser espasticidad o rigidez siendo difícil diferenciarla.
- *Hiperreflexia:* aumento de respuesta refleja
- *Posturas anormales:* causadas por los músculos espásticos que no pueden ser vencidos por sus débiles antagonistas.
- *Cambios en la espasticidad y las posturas:* causados por las emociones, ya sea alegría, dolor, miedo, etc.
- *Movimiento voluntario:* puede haber movimiento voluntario, aunque no sea eficaz. Esto va a depender de los cambios que sufran los músculos espásticos debido a la medicación, tratamiento o adaptación a la inactividad.

PC DISCINÉTICA O ATETÓSICA: Causada por afectación de núcleos basales. Las principales características son:

- *Movimientos involuntarios:* se trata de movimientos incontrolados, repetitivos y pueden ocurrir de manera lenta o rápida, a modo de contorsión, sacudida, temblor o golpes fuertes.
- *Hipertonía o hipotonía:* puede haber fluctuaciones de tono, lo que dificulta los movimientos sobre todo si se combina con la espasticidad.

PC ATÁXICA: Causada por afectación del cerebelo. A menudo aparece junto a la espasticidad o atetosis. Las principales características son:

- *Alteraciones de equilibrio:* inestabilidad, a menudo compensada con reacciones excesivas de las extremidades y temblor.
- *Hipotonía:* predomina el tono muscular disminuido.

PC MIXTA: Se da cuando existe una combinación de los anteriores tipos.

- Suele haber más de una estructura cerebral afectada.
- Es común la combinación de espasticidad y atetosis.

Según la topografía

- **TETRAPLEJÍA:** Afectación de las cuatro extremidades, aunque puede existir asimetrías.
- **DIPLEJÍA:** Afectación de dos extremidades, sobre todo miembro inferiores.
- **HEMIPLEJÍA:** Afectación de una mitad del cuerpo.
- **MONOPLEJÍA:** Afectación de una sola extremidad. Es infrecuente y suele convertirse en hemiplejía.

Según la gravedad

- **LEVE:** Independiente en las actividades básicas.
- **MODERADA:** Necesidad de ayuda para las actividades diarias.
- **GRAVE:** Necesidad de gran ayuda para las actividades de la vida diaria.

Sin embargo, términos como leve, moderada o grave no describen las capacidades funcionales que tiene cada persona. Es por eso que existen otros sistemas de clasificación funcional más específicos que nos permiten determinar la gravedad del trastorno.

Uno de los sistemas de clasificación más usados es el Gross Motor Function Classification System (GMFCS). Describe el desempeño funcional diario para la movilidad y la necesidad de ayudas para las transferencias o desplazamientos. La clasificación cambia en función de la edad y aporta una descripción específica de las capacidades del niño. En la *Tabla 1* se puede observar un ejemplo general de la clasificación (5).

Tabla 1: Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS). Elaboración propia.

GROSS MOTOR FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM (GMFCS)

| | |
|-----------|--|
| NIVEL I | Camina sin restricciones. Limitaciones en habilidades motrices gruesas complejas (correr, saltar etc.) |
| NIVEL II | Camina sin ayudas técnicas. Limitaciones para moverse en exteriores |
| NIVEL III | Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha |
| NIVEL IV | Auto-movilidad limitada, es posible que utilice movilidad motorizada |
| NIVEL V | Limitación severa para la auto-movilidad incluso con ayudas técnicas. Dependientes totalmente. |

El Manual Ability Classification System (MACS) es un Sistema de clasificación de la función manual y extremidades superiores para niños entre 4 y 18 años diseñado por Eliasson et al. Actualmente existe un mini MACS diseñado para niños menores de 4 años (6). Describe la capacidad general para manejar objetos. Se asigna un total de cinco puntos en función de las capacidades para realizar tareas de manipulación de la vida diaria durante acciones como jugar, comer o vestirse y la necesidad de ayudas para realizarlas. En la *Tabla 2* se puede observar la clasificación descrita de forma breve.

Tabla 2: Sistema de Clasificación de Habilidad Manual (MACS). Elaboración propia.

MANUAL ABILITY CLASSIFICATION SYSTEM (MACS)

| | |
|-----------|--|
| NIVEL I | Manipula objetos fácil y exitosamente. |
| NIVEL II | Manipula la mayoría de los objetos, pero con una calidad y / o velocidad de logro algo reducidas |
| NIVEL III | Manipula objetos con dificultad; necesita ayuda para preparar y / o modificar actividades. |
| NIVEL IV | Manipula una limitada selección de objetos fáciles de manejar en situaciones adaptadas. |
| NIVEL V | No manipula objetos y tiene una habilidad severamente limitada para realizar incluso acciones simples. |

Hay que tener en cuenta que tendremos que preguntar a los familiares y cuidadores del niño para obtener esta información ya que se trata de una clasificación de lo que el niño suele ser capaz de realizar en su día a día, más que lo que puede llegar a conseguir en una prueba específica. Los niños con una capacidad de nivel I o II manipulan objetos de forma independiente, aunque algunos objetos más pequeños o pesados que requieran mayor motricidad fina les causará más dificultades. Los niños de los dos niveles son capaces de realizar prácticamente las mismas tareas sólo que, con distinta fluidez, velocidad o eficacia. En este caso los del nivel II las realizarán de manera más lenta y con peor desempeño funcional.

Los niños de nivel III, pueden llegar a realizar tareas de forma independiente si se les prepara o adapta la acción a realizar, y se les deja tiempo para poder hacerlo. Por otro lado, los niveles IV y V van a necesitar ayuda para realizar las tareas. Los del nivel IV podrían llegar a realizar partes de una acción adaptada mientras que los del nivel V, sólo conseguirían realizar tareas muy simples con ayuda como, por ejemplo, presionar un botón.

En cuanto a la clasificación según la capacidad de comunicación existe el Communication Function Classification System (CFCS). Este sistema fue diseñado por Gidecker et al. en 2011 y evalúa la comunicación de la vida diaria de los niños con PC. Cuenta con una clasificación de 5 puntos en los que se tiene en cuenta la capacidad de expresión y comprensión (6). En la *Tabla 3* podemos ver los diferentes niveles.

Tabla 3: Sistema de Clasificación de Comunicación Funcional (CFCS). Elaboración propia.

COMMUNICATION FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM (CFCS)

| | |
|-----------|---|
| NIVEL I | Emisor y receptor eficaz con interlocutores desconocidos y conocidos. |
| NIVEL II | Emisor y / o receptor eficaz, pero con un ritmo más lento con interlocutores conocidos y /o desconocidos. |
| NIVEL III | Emisor y receptor eficaz con interlocutores conocidos. |
| NIVEL IV | Emisor y / o receptor inconstante con los interlocutores conocidos. |
| NIVEL V | Emisor y receptor raramente eficaz aun con interlocutores conocidos. |

Por último, la escala Eating and Drinking Ability Classification System (EDACS) describe las capacidades funcionales para comer y beber de niños con PC, teniendo en cuenta la seguridad y la eficiencia (7). Se diferencian 5 niveles en los que se tiene en cuenta, la capacidad habitual de morder, masticar y tragar de forma coordinada con la respiración (8). En la siguiente tabla podemos observar la clasificación de los distintos niveles.

Tabla 4: Sistema de Clasificación de Habilidad de comer y beber. Elaboración propia.

EATING AND DRINKING ABILITY CLASSIFICATION SYSTEM (EDACS)

| | |
|-----------|---|
| NIVEL I | Come y bebe de manera eficiente y segura. |
| NIVEL II | Come y bebe de manera segura, pero con limitaciones en la eficiencia. |
| NIVEL III | Come y bebe con limitaciones en la eficiencia y la seguridad. |
| NIVEL IV | Limitaciones significativas en la seguridad. |
| NIVEL V | Incapaz de comer o beber de forma segura. Considerar soporte nutricional por sonda. |

1.5. Tratamiento del miembro superior

Los niños con PC tienen dificultades para realizar los movimientos de manera coordinada y eficaz debido a problemas de espasticidad, debilidad alteraciones sensitivo-motoras o limitaciones del rango de movimiento. La función del miembro superior se suele ver más gravemente afectada que la del miembro inferior en la mayoría de los casos (9). Eso es debido a que la función manual, más concretamente la de alcance, es una actividad muy importante para el desarrollo de las AVD y para una mayor independencia funcional. La función manipulativa otorga la capacidad de realizar actividades necesarias como la alimentación, el aseo o vestirse, así como para escribir y jugar. Por lo tanto, es importante potenciar y ayudar a lograr el mayor grado de funcionalidad y rendimiento bimanual posible, pudiendo llegar a desempeñar actividades de autocuidado (10).

Hoy en día existen diversos enfoques terapéuticos dirigidos al tratamiento de las extremidades superiores en niños con PC. Estas intervenciones buscan una mejoría en las capacidades manipulativas con el objetivo de aplicarlas a las AVD, ya que en una hemiplejía, los niños van a tender a no usar la mano afectada por lo que su uso espontáneo va a estar muy limitado (11). Esto supone dificultades no sólo a nivel funcional, sino social, a la hora de interactuar con otros niños mediante el juego. Estos son los principales enfoques terapéuticos actualmente:

- Tratamiento farmacológico: muy utilizado para el control de la espasticidad y control del dolor. El baclofeno es uno de los medicamentos más comunes en niños, así como el diazepam. Aunque se ha demostrado gran efecto en el control de estos síntomas, también se han podido observar algunos efectos secundarios como la somnolencia y el problema de cognición y comportamiento (12).
- Toxina botulínica A: se trata de una neurotoxina que produce quimiodenervación y relajación muscular utilizada con objetivos terapéuticos (13). En la PC se utiliza para reducir la espasticidad en miembros inferiores y superiores como tratamiento complementario.
- Cirugía: es más frecuente en miembro inferior. En miembro superior se aplica en menos del 20% de los casos. Mejora la función y el dolor disminuyendo las deformidades existentes (14).
- Órtesis: entre las más comunes se encuentran los moldes de fibra de vidrio o yeso y férulas de plástico moldeado, neopreno suave o licra. Sirven para corregir la deformidad manteniendo la extremidad en la posición deseada y para prevenir contracturas (12).
- Electroestimulación eléctrica neuromuscular (NMES): aunque es una terapia utilizada en gran parte en el miembro inferior también ayuda en la mejora de la fuerza y de la función muscular en miembros superiores. En ocasiones se combina con la aplicación de órtesis o de toxina botulínica A (15). Se puede utilizar con un objetivo funcional denominándose en este caso, estimulación eléctrica funcional (FES).

- Terapia de observación de la acción: se trata de realizar acciones con el objetivo de que el niño las imite y pueda realizarlas de manera espontánea. Se realiza mediante la observación de una persona real o en videos (16).
- Terapia bimanual intensiva (HABIT): se trata de realizar tareas en conjunto con las dos manos. Al contrario de la terapia inducida por restricción la mano afectada realiza simultáneamente las tareas con la otra mano. Este enfoque busca mejorar la coordinación y orientación de las manos durante las actividades (17).

A continuación, se nombran las terapias en las que se centrará esta revisión:

- Movimiento inducido por restricción (CIMT): Es una de las terapias más estudiadas y aplicadas para el tratamiento de la extremidad superior. Se trata de la restricción de la extremidad menos afectada mediante dispositivos de sujeción como el yeso, vendas elásticas, cabestrillos, férulas o guantes aplicado durante 90% de las horas de vigilia y 6 horas de tareas a realizar. Esto promueve el uso de la mano afectada en las AVD y mejora las funciones sensoriales y de movilidad en niños con PC unilateral. Actualmente se aplica en mayor medida un protocolo modificado de esa terapia, el CIMT modificado (mCIMT). En este caso se limita la duración de la restricción entre 2 y 6 horas al día y se combina con la realización repetida de tareas unilaterales de 1 a 4 horas (12,18–21).
- Terapia basada en videojuegos (VGBT) y realidad virtual (RV): la RV es una inmersión interactiva y de simulación de situaciones reales donde el niño puede manipular objetos visualizados en una pantalla a través del movimiento de sus extremidades. Se diferencian dos tipos, la RV inmersiva, donde la pantalla va incorporada a modo de gafas, y no inmersiva en la que se ve en una pantalla de ordenador (22). Nosotros nos centraremos en esta última, ya que se puede llevar a cabo mediante videojuegos controlados por movimiento. Estos juegos incitan al jugador a realizar movimientos complejos de los brazos de una forma motivadora y dinámica, por ejemplo, simulando la participación en deportes como el tenis o los bolos.

Entre los dispositivos de juego más utilizados se encuentran Wii de Nintendo y Kinect (22–25).

1.6. Justificación del Trabajo de Fin de Grado

Durante mis prácticas universitarias he podido conocer muchos pacientes con trastornos neurológicos. La gran parte de los pacientes eran adultos y un gran porcentaje sufrían parálisis cerebral. Según pude observar, sus limitaciones en relación con la destreza manual eran grandes y, por lo que pudieron contarme, muchos no recibieron terapia especializada cuando eran pequeños. Esto supone que muchos de ellos dependan en gran medida de cuidadores o familiares para el desempeño de las AVD. Lo que llamó mi atención en un primer momento y, me hizo reflexionar con respecto a la atención temprana en este tipo de pacientes. Hoy en día es verdad que, desde muy pequeños acuden a numerosos especialistas para abordar diferentes aspectos de su tratamiento. Lo que me llevó a pensar en todo el tiempo de rehabilitación y médicos que tienen que sufrir estos niños a lo largo de su vida. Es por eso que me interesé por métodos que fueran motivadores y divertidos para este tipo de pacientes que va a necesitar rehabilitación prácticamente toda su vida. La terapia basada en videojuegos ofrece la posibilidad de realizar tareas de forma virtual que no son capaces de realizar en su día a día, aumentando la motivación y ofreciendo una forma de rehabilitación que no la vean como tal, sino como otra forma de pasar el rato. Además, muchos de estos videojuegos se pueden conseguir fácilmente y a bajo coste. Tampoco quería dejar de lado las terapias convencionales que han sido eficaces hasta ahora como la terapia de movimiento inducido por restricción (CIMT), la cuál que la conocí al realizar la búsqueda inicial de información, que comenzó debido al interés que suscitaron en mí las alternativas terapéuticas que podían existir.

2. OBJETIVOS

Objetivo principal:

1. Determinar la eficacia de la terapia inducida por restricción y la terapia basada en videojuegos a través de la retroalimentación visual o auditiva como herramientas de rehabilitación en la función de la mano y de la extremidad superior en niños con parálisis cerebral infantil.

Objetivos secundarios

1. Conocer el estado actual de los tratamientos dirigidos al miembro superior en PC infantil.
2. Examinar las escalas y métodos de evaluación utilizadas para el análisis de la función de la mano.
3. Evaluar la eficacia de la terapia inducida por restricción en la función del agarre y la motricidad fina en niños con PC.
4. Analizar la eficacia de terapia basada en videojuegos en la función del agarre y la motricidad fina en niños con PC.
5. Desarrollar un programa de intervención para la mejora de la destreza manual en niños con PC.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Fuentes de información utilizadas

Para realizar la búsqueda de información para la elaboración de esta revisión bibliográfica realizada en los meses de febrero y marzo de 2022, se han utilizado las siguientes bases de datos: Pubmed, Science Direct y PEDro.

Todos los artículos seleccionados para esta revisión han sido publicados en los últimos 10 años, están publicados en inglés y se han elegido en función de la calidad de su contenido y de la relevancia de las revistas a las que pertenecían.

3.2. Estrategia de búsqueda

Para esta revisión se han llevado a cabo dos búsquedas de información. En ambas búsquedas se ha utilizado los términos “cerebral palsy”, “upper” y “manual” unidas mediante los operadores booleanos AND y OR a otras palabras clave. Para ajustar la búsqueda se utilizaron varios filtros, los mismos en los tres buscadores. Se buscaron ensayos clínicos publicados en inglés entre 2012 y 2022.

La estrategia de búsqueda fue la siguiente en cada una de las bases de datos:

Búsqueda 1

Pubmed:

- **Palabras clave:** ("cerebral palsy") AND (("game") OR ("VGT") OR (“virtual reality”) OR (“feedback”)) AND (("manual") OR ("upper")).
- **Filtros:** año de publicación 2012-2022, clinical trials y randomized controlled trials.
- **Resultados:** Se obtuvo un resultado de 23 artículos. Tras leer los títulos y los resúmenes se seleccionaron 9 artículos. Tras eliminar los que no tenían texto completo y los que no tenían la calidad metodológica necesaria se seleccionaron 2 artículos.

Science direct:

- **Palabras clave:** ("cerebral palsy") AND (("game") OR ("VGT") OR (“virtual reality”) OR (“feedback”)) AND (("manual") OR ("upper")).
- **Filtros:** año de publicación 2012-2022, artículos de investigación

- Resultados: Se obtuvieron 12 artículos. Tras eliminar los que no tenían texto completo y los que no tenían la calidad metodológica necesaria se seleccionó 1 artículo.

PEDro:

- Palabras clave: en este caso fueron menos "cerebral palsy", "game", "feedback", "virtual reality", "upper".
- Filtros: año de publicación 2012-2022, ensayos clínicos aleatorizados.
- Resultados: Se obtuvieron 7 artículos. Tras leer los títulos y los resúmenes se seleccionaron 4 artículos. Tras eliminar los que no tenían texto completo y los que no tenían la calidad metodológica necesaria se seleccionó 1 artículo.

Búsqueda 2

Pubmed:

- Palabras clave: ("cerebral palsy") AND ("constraint induced movement therapy") AND (("manual") OR ("upper")).
- Filtros: año de publicación 2012-2022, clinical trials y randomized controlled trials.
- Resultados: Se obtuvieron 37 resultados. Tras leer los títulos y los resúmenes se seleccionaron 12 artículos. Tras eliminar los que no tenían texto completo y los que no tenían la calidad metodológica necesaria se seleccionaron 2.

Science direct:

- Palabras clave: ("cerebral palsy") AND ("constraint induced movement therapy") AND (("manual") OR ("upper")).
- Filtros: año de publicación 2012-2022, artículos de investigación.
- Resultados: Se obtuvieron 27 artículos. Tras leer los títulos y los resúmenes se seleccionaron 10 artículos. Tras eliminar los que no tenían texto completo y los que no tenían la calidad metodológica necesaria se seleccionó 1 artículo.

PEDro:

- Palabras clave: "cerebral palsy", "constraint induced movement therapy", "upper"

- Filtros: año de publicación 2012-2022, ensayos clínicos aleatorizados
- Resultados: Se obtuvieron 25 artículos. Tras leer los títulos y los resúmenes se seleccionaron 13 artículos. Tras eliminar los que no tenían texto completo y los que no tenían la calidad metodológica necesaria se seleccionaron 3 artículos.

3.3. Diagrama de flujo

En la *Figura 1* se muestran los resultados de la búsqueda de información sobre la terapia basada en juegos y la *Figura 2* muestra los resultados de la segunda búsqueda. Se puede observar el proceso de selección de los artículos. En primer lugar, mediante las palabras clave seleccionadas y los filtros aplicados en la primera búsqueda se obtuvieron 43 artículos en las tres bases de datos. 1 artículo se obtuvo por búsqueda cruzada a través de una revisión bibliográfica. Se eliminaron artículos duplicados (n=4) y artículos que tras leer el título y el abstract no fueron de interés para la revisión o no cumplían los criterios de inclusión y exclusión (n=22). A continuación, se descartaron artículos por no tener el texto completo (n=4). Los 13 artículos restantes fueron analizados y valorados según su calidad metodológica y su relevancia. Por lo tanto, se seleccionaron finalmente 5 artículos incluidos en esta revisión.

En cuanto a la segunda búsqueda se obtuvieron un total de 78 artículos. Tras eliminar los duplicados (n=26) y los artículos que tras leer el título y el abstract no fueron relevantes para la revisión (n=27), se obtuvieron 25 artículos. Se descartaron los que no tenían el texto completo (n=6) y los que no cumplían la calidad metodológica necesarios para incluirlos en la revisión, así como los que no eran relevantes. Finalmente se han incluido 5 artículos. Por lo tanto, en total se incluyen 10 ensayos clínicos aleatorios en esta revisión.

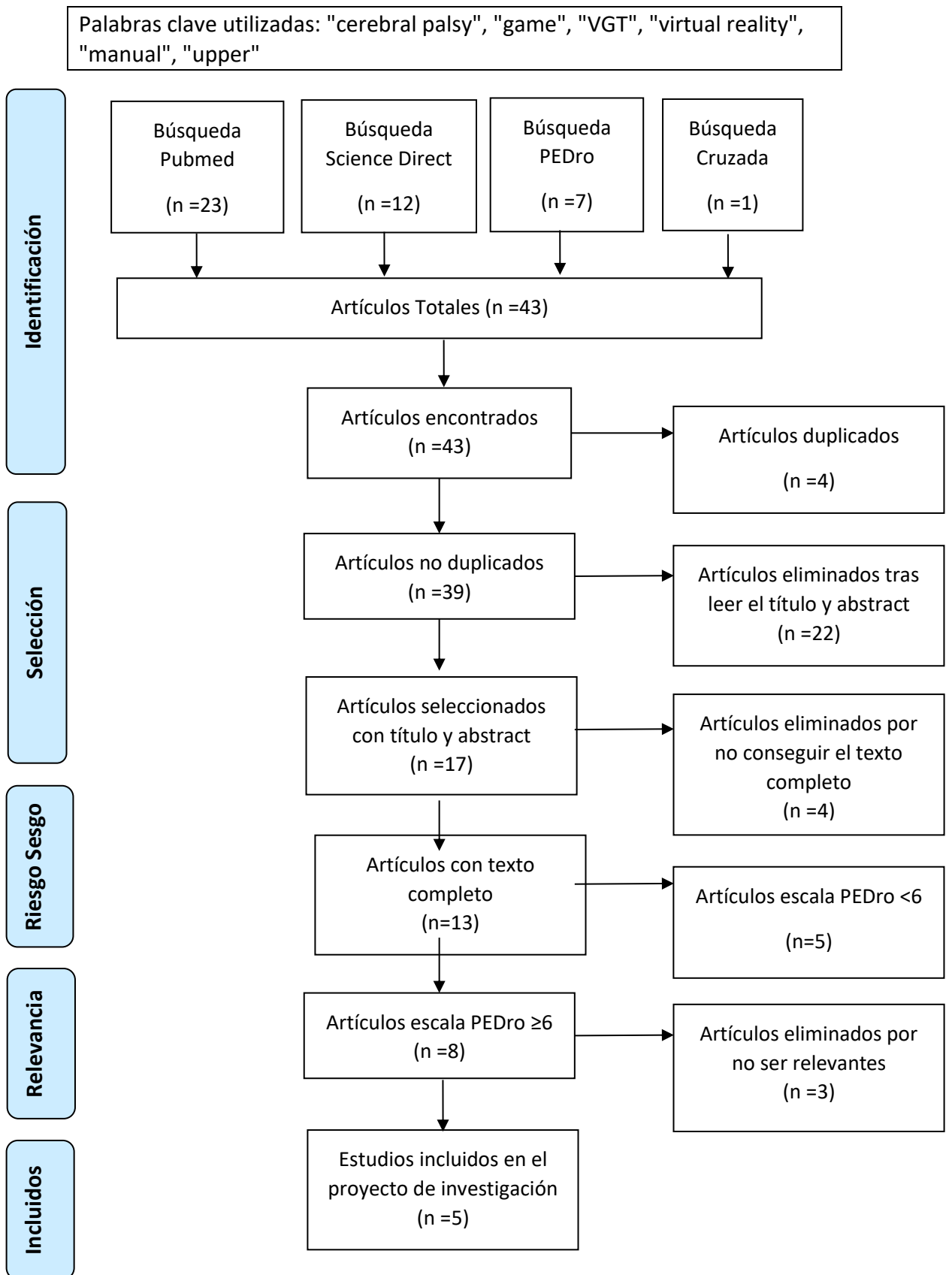


Figura 1: Diagrama de flujo primera búsqueda bibliográfica. Elaboración propia.

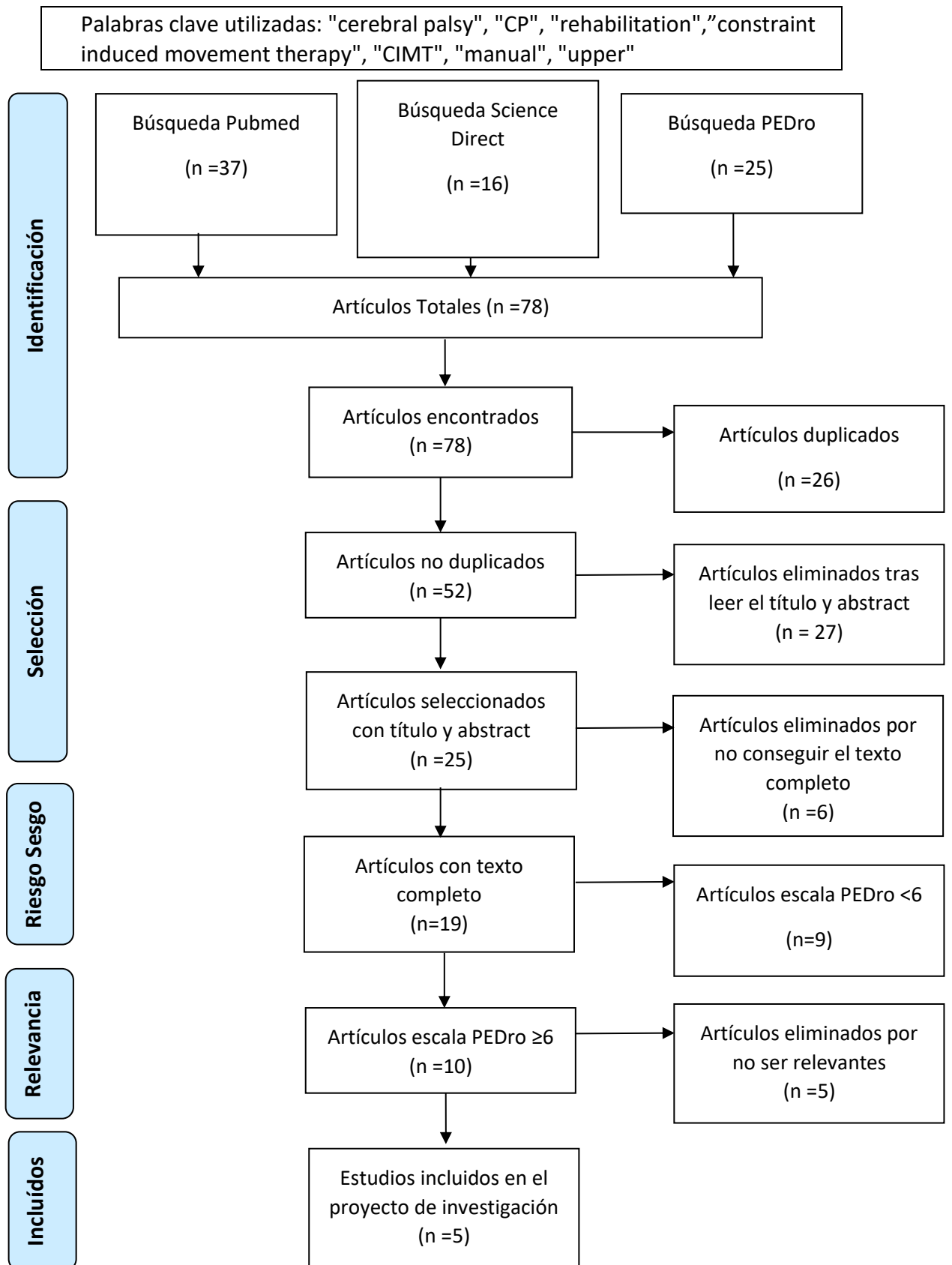


Figura 2: Diagrama de flujo de segunda búsqueda bibliográfica. Elaboración propia.

3.4. Criterios de inclusión y exclusión

Para la selección de artículos se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- *Tipo de artículos:* Ensayos clínicos aleatorios (ECAs).
- *Fecha de publicación:* Publicados en los últimos 10 años (2012-2022).
- *Idioma:* Artículos escritos en inglés.
- *Calidad metodológica:* ECAs con una puntuación en la escala PEDro igual o mayor a 6 puntos (PEDro ≥ 6).
- *Calidad de las revistas:* Q1-Q2 en Journal Citation Reports (JCR) o Scimago Journal Rank (SJR).
- *Población de estudio:* niños o adolescentes entre 1 y 18 años con parálisis cerebral hemipléjica.
- *Tipo de intervención:* todas las intervenciones tenían que estar dirigidas al miembro superior y que incluyesen la VGBT o CIMT.
- *Resultados:* debían aportar resultados y variables similares.

Criterios de exclusión:

- Artículos que no fuesen ensayos clínicos aleatorios como revisiones bibliográficas.
- Publicados hace más de 10 años.
- Artículos que no estuviesen en inglés.
- Ensayos clínicos con una puntuación en la escala PEDro menor de 6.
- Artículos que no estuviesen en Q1 o Q2 en JCR o SJR.
- Estudios realizados en adultos o en niños sin parálisis cerebral.
- Intervenciones que estuviesen dirigidas al miembro inferior o a otra parte del cuerpo y que no incluyese las terapias anteriormente mencionadas.
- Estudios sin resultados.

3.5. Evaluación de Calidad Metodológica

Para la evaluación de la calidad metodológica de los ensayos clínicos aleatorizados de esta revisión, se utilizó la escala de Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Esta escala nos permite analizar los ECAs a través de 11 criterios; sin embargo, el primero no se tiene en cuenta y la puntuación se da a partir del segundo. Por lo tanto, se obtiene una puntuación sobre 10 puntos otorgando un punto por cada criterio cumplido. Esta escala la podemos encontrar en el *Anexo 1*. En esta revisión se incluyen los artículos que tienen una puntuación mayor o igual a 6 porque se considera que tienen la suficiente información estadística para guiar en la toma de decisiones clínicas, es decir, para interpretar sus resultados. El análisis de cada artículo se puede observar en la *Tabla 5*.

Por otro lado, se analizó el factor de impacto de las revistas a las que pertenecen los artículos. Para ello, se utilizó el Journal Citation Report (JCR) y Scimago Journal and Country Rank (SJR). Esto nos permite evaluar la calidad científica de las revistas en el año en el que fueron publicados los artículos. En este caso, todas las revistas se encuentran en Q1 o Q2 en el año de publicación excepto dos, que se encuentran en Q3 en JCR pero en SJR están en Q1 o Q2 (*Ver Tabla 6*).

3.6. Análisis estadístico de los resultados

En cuanto al análisis estadístico de los resultados, se consideran resultados clínicamente significativos cuando p valor es $<0,05$. Esto nos indica que los efectos obtenidos no son fruto del azar, sino que los resultados son dados por efecto de la intervención. Por lo tanto, se considera que un p valor $>0,05$ no es estadísticamente significativo y que un valor más pequeño de p, indica mayor efecto de la intervención sobre los resultados.

Tabla 5: Escala PEDro. Elaboración propia.

| Autor et al. (año) | Criterio 1 | Criterio 2 | Criterio 3 | Criterio 4 | Criterio 5 | Criterio 6 | Criterio 7 | Criterio 8 | Criterio 9 | Criterio 10 | TOTAL |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------|
| Tarakci et al. (2020) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | No | Sí | Sí | 7/10 |
| Choi et al. (2021) | Sí | Sí | Sí | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | 9/10 |
| Alwhaibi et al. (2020) | Sí | Sí | Sí | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | 9/10 |
| El-Shamy et al. (2020) | Sí | No | Sí | No | No | No | Sí | Sí | Sí | Sí | 6/10 |
| Chiu et al. (2014) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | No | Sí | Sí | 7/10 |
| Christmas et al. (2018) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | 8/10 |
| Gelkop et al. (2015) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | 8/10 |
| Deppe et al. (2013) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | 8/10 |
| Dong et al. (2017) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | No | Sí | Sí | 7/10 |
| Geerdink et al. (2013) | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | 8/10 |

Tabla 6: Evaluación calidad de las revistas. Elaboración propia.

| Autor et al. (año) | REVISTA ABREV | Journal Citation Reports (JCR) | | | SCImago Journal & Country Rank (SJR) | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------|
| | | Factor impacto | Categoría | Posición en categoría | Factor impacto | Categoría | Posición en categoría |
| Tarakci et al. (2020) | J Hand Ther | 1,95 | REHABILITATION | 45/68 (Q3) | 0,741 | REHABILITATION | 28/131 (Q1) |
| Choi et al. (2021) | Dev. Med. Child Neurol. | 5,449 | PEDIATRICS | 7/129 (Q1) | 1,658 | PEDIATRICS, PERINATOLOGY AND CHILD HEALTH | 15/301 (Q1) |
| Alwhaibi et al. (2020) | Res. Dev. Disabil. | 3,23 | REHABILITATION | 4/74 (Q1) | 1,024 | CLINICAL PSYCHOLOGY | 66/291 (Q1) |
| El-Shamy et al. (2020) | Physiother. Theory Pract. | 2,279 | REHABILITATION | 39/68 (Q3) | 0,496 | PHYSICAL THERAPY, SPORTS THERAPY AND REHABILITATION | 91/210 (Q2) |
| Chiu et al. (2014) | Clin. Rehabil. | 2,239 | REHABILITATION | 10/64 (Q1) | 1.209 | REHABILITATION | 7/134 (Q1) |

Tabla 6: Evaluación calidad de las revistas. Elaboración propia. (Continuación)

| Autor et al. (año) | REVISTA ABREV | Journal Citation Reports (JCR) | | | SCImago Journal & Country Rank (SJR) | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| | | Factor impacto | Categoría | Posición en categoría | Factor impacto | Categoría | Posición en categoría |
| Christmas et al. (2018) | Clin. Rehabil. | 2,738 | REHABILITATION | 9/65 (Q1) | 1,208 | REHABILITATION | 11/131 (Q1) |
| Gelkop et al. (2015) | Phys. Occup. Ther. Pediatr. | 1,255 | REHABILITATION | 39/65 (Q3) | 0,688 | REHABILITATION | 33/133 (Q1) |
| Deppe et al. (2013) | Clin Rehabil. | 2,18 | REHABILITATION | 11/63 (Q1) | 1,038 | REHABILITATION | 15/131 (Q1) |
| Dong et al. (2017) | Dev. Med. Child Neurol. | 3,289 | PEDIATRICS | 11/124 (Q1) | 1,335 | PEDIATRICS, PERINATOLOGY AND CHILD HEALTH | 31/301 (Q1) |
| Geerdink et al. (2013) | Res. Dev. Disabil. | 2,735 | REHABILITATION | 2/69 (Q1) | 1,098 | CLINICAL PSYCHOLOGY | 40/268 (Q1) |

4. RESULTADOS

En este apartado, se exponen los resultados obtenidos de los artículos incluidos en la revisión bibliográfica con una muestra de 499 personas con una edad media entre 6 y 7 años. Además, se exponen las variables analizadas y el protocolo de intervención utilizado. A continuación, en la *Tabla 7* se muestra un resumen de cada artículo indicando el número de participantes de cada estudio y sus edades, variables analizadas con sus respectivos instrumentos de medida, las intervenciones empleadas y los resultados obtenidos. Las variables para poner en común son las siguientes: tipo de intervención, motricidad fina y gruesa, fuerza muscular y habilidades motoras en el desempeño de las actividades de la vida diaria (AVD).

4.1. Intervenciones

Terapia basada en videojuegos

Se incluyen 5 artículos que realizan VGBT a través de retroalimentación auditiva o visual como tratamiento del miembro superior en niños y adolescentes con PC hemipléjica.

Tarakci et al. (26) realizaron un estudio en el que se desarrollaron un programa de entrenamiento de miembro superior con Leap Motion Controller (LMC) de 8 semanas. Se compararon un grupo de intervención con LMC y un grupo control. Los participantes tenían artritis idiopática juvenil, parálisis cerebral o lesión de nacimiento del plexo braquial. Sin embargo, los resultados los dividieron según la patología que sufrían. Los grupos de intervención y el grupo control contaban con 15 niños con PC cada uno entre 5 y 17 años. El grupo control realizó un programa de rehabilitación convencional en el que se practicaron tareas funcionales de ocio y autocuidado mediante materiales como cilindros de velcro, cubos de habilidad, masillas terapéuticas, etc. En el grupo de intervención se diseñaron dos juegos con el objetivo de aumentar la fuerza muscular, el rango de movimiento, coordinación y habilidades motoras finas. Para llevar a cabo los juegos contaban con un sensor que proyectaba los movimientos realizados por las manos de los niños en las pantallas que tenían delante. Ambos grupos realizaron sesiones de 1 hora, 3 días a la semana.

Choi et al. (27) diseñaron un programa de intervención de 4 semanas con un seguimiento de hasta 8 semanas después. Los participantes tenían entre 3 y 16 años, en los que se incluían los niveles del I al IV del MACS. Estaban divididos en un grupo de intervención de 40 personas y un grupo control de rehabilitación convencional en el que 38 personas finalizaron el estudio. Consistía en dos sesiones de terapia ocupacional convencional con 10 minutos de estiramiento, 10 minutos de fortalecimiento y 10 minutos de entrenamiento orientado a tareas en cada sesión. En el grupo de intervención se diseñaron varios juegos y simulaciones con RAPAE Smart Kids. Les colocaron sensores unidos a la muñeca y al dorso de la mano permitiendo medir la amplitud y dirección del movimiento en un espacio tridimensional. Mientras realizaban los juegos, tenían una retroalimentación visual y auditiva constante a través de la pantalla. Ambos grupos realizaron sesiones de 1 hora, 5 días a la semana.

En el estudio de **Alwhaibi et al.** (28) se llevó a cabo una intervención con un total de 45 participantes de entre 8 y 12 años divididos en tres grupos. El primero, el grupo control, recibió fisioterapia tradicional que consistía en realizar ejercicios con el objetivo de mejorar la coordinación visomotora y habilidades de agarre como desabrocharse y abotonarse, cerrar el tapón de una botella, hacer torres con cubos, etc. El segundo grupo realizó terapia de juego a través de biorretroalimentación aumentada mediante los juegos del ejercitador de extremidades superiores E-link. Se utilizaron diferentes juegos mientras recibían retroalimentación auditiva y visual. El tercer grupo combinó las dos anteriores realizando una sesión de 30 minutos de fisioterapia tradicional y 30 minutos de entrenamiento mediante el juego. Todos los grupos entrenaron un total 1 hora al día, 3 días a la semana durante 3 meses. Se incluyeron niños con niveles I y II de MACS.

El-Shamy et al. (29) 40 participantes de 8 a 12 años se dividieron en dos grupos iguales en los que se les administró su atención habitual en el grupo control y entrenamiento con Wii en el grupo de intervención. Se incluyeron participantes de nivel entre I y III de MACS. El grupo de atención habitual realizó estiramientos pasivos para los flexores de codo y la muñeca, ejercicios de soporte de peso, estimulación de las reacciones protectoras de las extremidades y ejercicios de fortalecimiento de los

músculos antagonistas de los músculos espásticos utilizando diferentes juguetes. En el grupo de intervención utilizaron entrenamiento con Wii de Nintendo 40 minutos, 3 veces a la semana durante 12 semanas. Mediante la interacción del dispositivo electrónico los niños simulaban jugar al tenis, boxeo, bolos y baloncesto. El objetivo fue mejorar la coordinación, los déficits sensoriales y la función motora de las extremidades superiores de forma divertida para los niños.

En el artículo de **Chiu et al.** (30) se desarrolló un entrenamiento con Wii Sport Resort 3 veces por semana durante 6 semanas. Consistía en juegos como bolos, deportes aéreos, frisbee y baloncesto. Cada juego tenía un objetivo terapéutico concreto que implicaba lograr un control motor eficaz en las extremidades superiores. Se llevó a cabo con un mando de control remoto en la mano afectada junto con la pantalla interactiva a través de la cual recibían la retroalimentación. En el grupo de intervención 32 participantes completaron las 6 semanas de intervención, mientras que en el grupo control, que recibieron atención habitual con entrenamiento de extremidades superiores, sólo 30 acabaron la intervención. Todos tenían entre 6 y 13 años y se incluyeron todos los niveles de MACS y GMFC. Se realizó una segunda valoración a las 12 semanas.

Terapia de movimiento inducido por restricción

Se incluyeron 5 artículos que utilizaban la CIMT como tratamiento de la extremidad superior en niños y adolescentes con PC hemipléjica para fomentar el uso espontáneo de la mano más afectada.

Christmas et al. (31) diseñaron un estudio en el que compararon dos tipos de restricción en niños entre 18 meses y 4 años. La primera se trataba de una restricción prolongada realizada con una férula que se extiende desde la cabeza de los metacarpianos hasta la muñeca y la usaron 32 niños. La segunda era una restricción intermitente de mano sobre mano que usaron 30 personas hasta el final del estudio. El objetivo fue aumentar el uso de la extremidad afectada y mejorar sus habilidades motoras en tareas bimanuales. La intervención se llevó a cabo durante 10 semanas y se realizó una segunda valoración a las 24 semanas.

Gelkop et al. (32) realizaron un estudio en el que se aplicó la restricción mediante un guante hecho a medida durante 2 horas, 6 días a la semana mientras los niños realizaban tareas de motricidad fina y gruesa. Las tareas estaban dirigidas a las AVD integradas con el juego. Participaron 12 niños entre 1,5 y 7 años divididos por igual en un grupo de CIMT y otro de terapia bimanual (HABIT) en el que realizaron actividades que requerían una coordinación bimanual cada vez mayor. No había diferencias iniciales significativas entre las características de los participantes ($p>0,05$). La intervención duró 8 semanas y se realizó un seguimiento hasta 6 meses después de la intervención. Se incluyeron niños con niveles I, II y III de MACS.

En el artículo de **Deppe et al.** (33) se aplicó la restricción fijando el brazo incluyendo hombro, codo, mano y dedos al tronco con vendajes elásticos durante la sesión de tratamiento y después se retiró. Participaron 26 niños de 3 a 12 años durante 4 semanas. En este caso, también se acompañó de entrenamiento bimanual durante 1 semana, después de 3 semanas utilizando sólo CIMT. Se realizó una comparación con HABIT que completaron 21 participantes del estudio. Los grupos de comparación eran similares antes de comenzar la intervención y se realizó un seguimiento hasta 2 semanas después del programa para observar la prevalencia de los resultados. Se incluyeron niños con niveles I, II y III de MACS.

En el estudio de **Dong et al.** (34) se compararon grupos de tres terapias en niños y adolescentes entre 5 y 16 años en escuelas especializadas. Los dos primeros grupos realizaron 4 horas de sesión práctica no estructurada, continuando con la rutina habitual de la escuela y 1 hora de sesión de tratamiento durante 5 días a la semana. Uno de los grupos con 24 participantes recibió CIMT. La restricción se realizó mediante una férula de descanso volar hecha a medida durante 5 horas y una de ellas la utilizaron para practicar el desempeño manual en tareas y actividades de motricidad fina. Otro de los grupos de 25 participantes realizó una terapia que consistía en recordar el movimiento, fomentando el uso de la mano afectada mediante estímulos sensoriales. El último grupo de 24 personas realizó rehabilitación convencional, 1 hora al, 2-3 días a la semana, que incluía entablillado de manos, fortalecimiento y estiramiento muscular, técnicas de facilitación, etc. La intervención

duró 3 semanas y se estudió su eficacia 3 meses después. Se incluyeron niños con niveles I, II y III de MACS y los niveles I y II de GMFC.

Por último **Geerdink et al.** (35) estudió la curva de aprendizaje y el uso de la mano afectada durante la intervención con restricción mediante un cabestrillo aplicado 9 horas a la semana durante 6 semanas y 2 semanas de terapia bimanual. 28 niños entre 2,5 y 8 años completaron el estudio en el grupo de intervención. Sin embargo, sólo 22 personas completaron la terapia en el grupo control donde realizaron rehabilitación convencional con estimulación del uso de la mano en tareas bimanuales. Se incluyeron participantes con niveles I, II y III de MACS. Se realizó una segunda valoración a los seis meses y otra un año después de la intervención para valorar los efectos a largo plazo.

4.2. Motricidad fina y gruesa

La motricidad fina y gruesa se ha analizado en todos los artículos de esta revisión centrándose en la función de alcanzar, agarrar y manipular objetos en pruebas específicas o cuestionarios para los padres. Para ello, se han utilizado diferentes instrumentos de medida.

Tres artículos (26,30,34) utilizaron la prueba de Jebson Taylor Hand Function Test (JTHFT) para valorar la motricidad fina y gruesa antes y después de la intervención. Se mide mediante diferentes pruebas en las que se incluye escribir, levantar objetos pequeños y grandes, apilar fichas y alimentación simulada. Se evalúa mediante el tiempo necesario para realizar cada prueba. Un menor tiempo indica mejor rendimiento. En dos de los artículos (26,34), el grupo de intervención obtuvo diferencias significativas ($p=0,001$) entre la prueba antes de llevar a cabo la intervención y después de ella, es decir, los niños consiguieron realizar las tareas en un menor tiempo. En el artículo de **Dong et al.** (34), ambos grupos de intervención lograron efectos significativos en comparación con el grupo de rehabilitación convencional ($p<0,001$), aunque no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de RTM y CIMT ($p=0,565$). En el estudio de **Chiu et al.** (30), por el contrario,

no existieron diferencias entre el grupo experimental y el grupo control a las seis semanas ($p=0,89$) ni a las doce semanas ($p=0,46$).

En el artículo de **Tarakci et al.**(26) y el de **Chiu et al.** (30), también se utilizó el Nine-Hole Peg Test (9HPT). Es una prueba en la que se insertan nueve clavijas en un tablero con agujeros. Una vez insertados el evaluado debe quitarlas del tablero. Se realiza con cada mano y se mide el tiempo necesario para realizarlo. Un menor tiempo indica mayor rendimiento y mayor habilidad de motricidad fina. No hubo diferencias significativas en el 9HPT a las seis semanas ($p=0,91$) ni a las 12 semanas ($p=0,34$) en el estudio de **Chiu et al.** (30). Si la hubo ($p=0,041$) en los valores del test post tratamiento en el artículo en **Tarakci et al.** (26).

Tres artículos (27,33,35) usaron Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function-2 (MA-2) para valorar la destreza manual en la función de agarre, alcance y manipulación de objetos. Todos tuvieron cambios significativos en la puntuación del test después del entrenamiento ($p<0,05$). **Deppe et al.** (33) mostraron mejoras significativas ($p<0,001$) en el grupo de CIMT, pero no en el grupo de terapia bimanual ($p=0,116$). En el artículo de **Geerdink et al.** (35) se vio una mejora significativa ($p=0,036$) entre una semana y seis meses después de la intervención en los resultados del MA-2. En el estudio de **Choi et al.** (27) se observaron mejoras más significativas en los niños y adolescentes de niveles MACS III y IV que los de niveles I y II en los dominios de ROM y precisión del test. Este estudio además realizó un análisis de movimiento tridimensional computarizado que evaluaba la función de alcance y agarre. Mejoraron significativamente ($p=0,02$) los parámetros de ROM de supinación de antebrazo en el grupo de realidad virtual durante la primera fase y se mantuvo hasta la semana 8. Aunque también hubo mejora en la extensión de muñeca, ésta no fue significativa ($p>0,05$). En cuanto al agarre, causó el mismo efecto. Es decir, el grupo de terapia combinada fue el que mayores aumentos demostró ($p>0,01$) y, el grupo de biorretroalimentación mejoró más que el grupo de fisioterapia tradicional ($p<0,01$) al final del tratamiento.

Dos artículos (28,29) utilizaron el Peabody Developmental Motor Scales (PDMS-2) en el que se evalúan 6 elementos de motricidad fina y gruesa entre los cuales se encuentran: Reflejos, estacionamiento, locomoción, manipulación de objetos, agarre

e integración visomotora. Ambos mostraron resultados significativamente mayores tras el tratamiento ($p=0,001$). En el primer artículo (28), se observó un aumento significativo en las puntuaciones brutas de integración visomotora en el grupo de terapia combinada, más que en los grupos de un sólo tratamiento ($p>0,01$). Aún así, el grupo de biorretroalimentación aumentada mostró mejores resultados en las puntuaciones brutas que el grupo de fisioterapia tradicional ($p<0,001$).

Dos artículos (31,32) se sirvieron del Quality of upper extremity skills test (QUEST) para la valoración de patrones de movimiento y calidad de la función manual en niños midiendo la capacidad de disociación de movimientos, el agarre, la capacidad de soporte de peso con las manos y las reacciones posturales. No hubo cambios significativos ($p>0,05$) en ninguno de los dos grupos del artículo de **Christmas et al.** (31) observando valores similares al inicio y a las 10 semanas. En el artículo de **Gelkop et al.** (32) sin embargo, se observó un aumento de 35% en las puntuaciones del test ($p<0,05$) en el grupo de CIMT. Las puntuaciones en ambos grupos mejoraron con el tiempo ($p>0,001$) hasta los 2 meses. No hubo diferencias significativas entre el grupo CIMT y el grupo HABIT ($p=0,671$) en ninguno de las pruebas del test excepto para la de movimientos disociados en el que el grupo CIMT, demostró un mayor cambio ($p<0,05$) entre el inicio y el final del tratamiento.

La subprueba 3 de la prueba de competencia motora de Bruininks-Oseretsky se empleó en un artículo (34). Evalúa la destreza manual con cinco tareas de motricidad fina unilaterales y bimanuales. A mayor puntuación mayor rendimiento manual. Proporcionaron cambios significativos en la puntuación del test ($p=0,001$) al final de las 3 semanas en los grupos de RTM y CIMT en comparación con el grupo control.

Geerdink et al. (35) utilizó la prueba de Box and Block para determinar los efectos de la intervención en la destreza manual. Se contabiliza el número de bloques que es capaz de pasar de un compartimento a otro con una mano en un minuto. Se observó que los niños menores de 5 años mejoraron rápidamente las primeras semanas de entrenamiento llegando a su rendimiento máximo. Por el contrario, los niños mayores de 5 años mejoraron hasta la semana 6 y después disminuyó su rendimiento. Se observó una mejora significativa de la prueba ($p=0,002$) mayor en

los niños más mayores durante el periodo de CIMT. Sin embargo, durante el periodo de terapia bimanual la diferencia entre grupos de edad no fue significativa ($p=0,724$).

4.3. Fuerza de prensión

La fuerza de prensión se midió en cuatro artículos para valorar la eficacia de las terapias en el miembro superior.

En el artículo de **Tarakci et al.** (26) hubo aumento significativo ($p=0,001$) de la fuerza medida con dinamómetro manual Jamar Plus. Además, también se midió la fuerza de pellizco usando un calibrador de presión hidráulico el cuál indicó un aumento de fuerza de pellizco al final del tratamiento ($p=0,002$).

En el artículo de **El-Shamy et al.** (29) se realizó una prueba con dinamómetro manual para medir la fuerza de prensión en kilogramos. Se obtuvo un aumento de 1,6kg en el grupo de intervención respecto al grupo control en la semana 12. Además, se valoró la fuerza de pellizco, es decir la fuerza que eran capaces de realizar en pinza con el pulgar y el dedo índice utilizando un calibrador de pellizco. Hubo una diferencia de 1,2kg entre el grupo experimental y el grupo control. Este artículo estudió la espasticidad mediante la escala de Ashworth modificada y observó una disminución no significativa ($p>0,05$) en la valoración a las 12 semanas y en comparación con el grupo control.

En el artículo de **Chiu et al.** (30) se manifestó la tendencia del grupo experimental a tener más fuerza de prensión que el grupo control a las seis semanas ($p=0,10$) y a las 12 semanas ($P=0,19$). Se midió a través de contracciones isométricas voluntarias máximas mediante un dinamómetro y se expresó en Newtons. Al final de las 6 semanas había una diferencia entre grupos de 4N y al final de las 12 semanas de 4,1N, siendo mayor la fuerza en el grupo experimental.

No hubo diferencias significativas ($p>0,05$) en la fuerza de agarre al final de tratamiento entre ambos grupos en el artículo de **Dong et al.** (34). En este artículo además, se valoró el rango de movimiento en el que hubo un aumento del rango articular de flexión de hombro, supinación de antebrazo y extensión de muñeca aunque no se consideraron cambios significativos ($p>0,05$).

4.4. Habilidades motoras en las actividades de la vida diaria

Las intervenciones de todos los artículos tienen como objetivo mejorar el desempeño funcional de los niños en la realización de AVD. Es por eso que, se han utilizado pruebas enfocadas a valorar las habilidades motoras en este tipo de tareas como asearse, vestirse, comer, etc.

En cuatro artículos (31–33,35) se analizó el desempeño bimanual mediante Assisting Hand Assessment (AHA), que mide la eficacia con la que se utiliza la mano afectada en las tareas bimanuales. En el artículo de **Geerdink et al.** (35) se realizaron dos versiones distintas de AHA, una para niños de menos de 5 años y otra para niños de 5 años o más, separando en dos grupos similares en tamaño. Un 77% de los niños menores de 5 años alcanzaron su puntuación más alta del test en seis semanas, mientras que, en el grupo de los mayores, lo lograron un 67% de los niños en la semana 7 u 8 de intervención. Las mejoras encontradas en AHA se mantuvieron 6 meses después de la intervención y en algunos casos hasta 1 año después.

Aunque se apreciaron mejoras en ambos grupos de restricción en el artículo de **Christmas et al.** (31), no se puede afirmar que esta medida fuese clínicamente significativa. Sin embargo, sí que se observaron resultados clínicamente significativos ($p < 0,001$) en el artículo de **Gelkop et al.** (32). Los dos grupos mejoraron el tiempo que tardaron en realizar las tareas y aumentaron la puntuación de AHA en 11,7 unidades en el grupo CIMT y 9,5 unidades en el grupo de HABIT. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos ($p = 0,48$). También supuso una ganancia clínica importante en el artículo de **Deppe et al.** (33), el cuál indica un aumento en la puntuación del test al final del tratamiento ($p < 0,001$). En este caso, se observaron mayores niveles de mejoría en los grupos de niños más gravemente afectados. Es decir, los niños con discapacidades más severas obtuvieron mayores ganancias que los menos afectados. En este artículo además, se incluyó una valoración mediante el informe de autocuidado de PEDI que evalúa el estado funcional en tres apartados: autocuidado, movilidad y función social. Sí que se observó una mejora significativa ($p = 0,046$) en las habilidades de autocuidado al final de tratamiento en el grupo de CIMT, aunque no existieron diferencias significativas entre los grupos de terapia de restricción en comparación con el grupo de terapia bimanual ($p = 0,695$).

Una versión adaptada del informe PEDI llamado PEDI-CAT fue utilizado en el artículo de **Choi et al.** (27). Este test mide las habilidades funcionales en tareas de la vida diaria, movilidad y social cognitiva. Además, se incluye la responsabilidad donde se determina la responsabilidad del cuidador y del niño en la realización de las tareas complejas. Hubo mejoras significativas en el rendimiento en las AVD en comparación con el grupo control ($p < 0,001$). Sin embargo, no se encontraron diferencias de grupo significativas en los aspectos de movilidad y responsabilidad ($p > 0,05$). Aun así, se observaron mejoras más significativas en los niveles MACS III y IV en comparación con los niños de niveles I y II.

Tarakci et al. (26) utilizaron el cuestionario Duruoz Hand Index (DHI) para evaluar las limitaciones de actividad de la mano a través de 18 ítems en los que se valora actividades de higiene, cocina, vestido, labores de oficina y otros. Una puntuación más alta indica mayor discapacidad funcional. También utilizaron el Childhood Health Assessment Questionnaire (CHAQ) que es un cuestionario utilizado para medir la capacidad funcional e independencia a la hora de realizar AVD como vestirse, asearse, levantarse, comer, caminar, alcance, agarre y otras más. A mayor puntuación menor capacidad funcional. El CHAQ también incluye dos escalas analógicas visuales (EVA) que indican la presencia de dolor durante la última semana y el nivel de bienestar general en ese momento. En ambas pruebas se obtuvieron mejoras significativas ($p = 0,001$) al final de la intervención y en comparación con el grupo control.

Geerdink et al. (35) utilizaron el cuestionario ABILHAND-Kids para evaluar las habilidades manuales del niño en función de la dificultad que le suponía realizar cada actividad. Entre las actividades que mide el cuestionario se encuentran: llenar un vaso de agua, atarse los botones, subir la cremallera, desenroscar un tapón de una botella, etc.

No se encontraron diferencias significativas entre grupos ni entre personas de diferentes edades ($p > 0,05$). Sin embargo, los valores se mantuvieron estables hasta seis meses después de la intervención.

Chiu et al. (30) usaron una encuesta de uso funcional para determinar la percepción de la función de la mano por parte del cuidadores. Hubo una tendencia en el grupo

experimental a una puntuación más alta en la cantidad de función de la mano que el grupo control a las seis semanas que se fortaleció a las 12 semanas. No se apreció esa percepción tan fuerte en cuanto a la calidad de la función de la mano ni a las 6 ni a las 12 semanas ($P=0,16$ y $0,23$). El cuestionario Caregiver Functional Use Survey (CFUS) se utilizó en un artículo (34) para valorar la percepción que tenían los padres del uso de la mano de sus hijos. Se tiene en cuenta la cantidad y la calidad de movimiento al realizar tareas bimanuales en su día a día. Tanto el tratamiento con RTM (cantidad de uso $p=0,010$; calidad de uso $p=0,007$) como el CIMT (cantidad de uso $p=0,034$; calidad de uso $p=0,014$) mostraron efectos significativos en la cantidad y calidad de uso funcional de la mano en comparación con el grupo de rehabilitación convencional. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas entre el grupo CIMT y RTM ($P>0,05$).

Christmas et al. (31) usaron un cuestionario Bimanual de Birmingham original de este estudio, para evaluar el rendimiento bimanual de los participantes. Hubo una mejora estadísticamente significativa en el grupo de restricción prolongada a las 10 semanas en comparación con el grupo de restricción intermitente ($p=0,019$). Este resultado no se mantuvo hasta las 24 semanas ($P=0,873$).

Tabla 7: Resultados de los artículos incluidos en la revisión. Elaboración propia.

| AUTOR Y AÑO | PARTICIPANTES | VARIABLES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA | INTERVENCIÓN | RESULTADOS |
|------------------------------|--|--|--|---|
| Tarakci et al. (2020) | N= 30 GI=15 GC = 15 Edad: 5-17 años | 1. DHI : discapacidad funcional y minusvalía de la mano 2. JTHFT : motricidad fina y gruesa en AVD 3. 9HPT : motricidad fina 4. CHAQ : capacidad funcional e independencia en AVD y dolor y bienestar general 6. Dinamómetro de mano Jamar plus : fuerza de agarre 7. Fuerzas de pellizco con un dinamómetro. | Duración : 8 semanas GI : terapia basada en juegos mediante Leap Motion controller (LMCBT) durante 1h, 3d/sem GB : RHB convencional durante 1h, 3d/sem | Grupo Intervención : ↑* fuerza de agarre ↑* fuerza de pellizco ↑* capacidad funcional e independencia en las AVD ↑* Motricidad fina Ambos grupos : ↑ Motricidad fina en ambos grupos aunque > en GI |
| Choi et al. (2021) | N= 78 GI=40 GC =38 Edad: 3-16 años | 1. MA-2 : calidad unilateral del movimiento en las funciones de alcanzar, agarrar, soltar y manipular 2. PEDI-CAT : habilidades funcionales en tareas de la vida diaria, movilidad, social-cognitiva y responsabilidad. 3. Análisis de movimiento tridimensional computarizado : tarea de alcanzar y agarrar | Duración : 4 sem + seguimiento 8 sem GI : RHB con realidad virtual (RAPAEL Smart Kids) 30'+ terapia ocupacional convencional 30'. 1h/d, 5 d/sem GC : 2 sesiones de terapia ocupacional convencional de 30'. 1h/d, 5 d/sem | Grupo Intervención : ↑* en destreza manual ↑ (n.s) fluidez y precisión del movimiento ↑* rendimiento del dominio AVD ↑* ROM de supinación de antebrazo ↑ (n.s) ROM extensión muñeca Ambos grupos : Mejoras * en patrones de movimiento |

Legenda: N: número de participantes; GI: grupo de intervención; GC: grupo control; d: día; sem: semana; h: hora; ':minuto; >:mayor; ↑: aumento; RHB: rehabilitación; MMSS: miembros superiores; *:significativo (p>0,05); AVD: actividades de la vida diaria; n.s: no significativa (p>0,05)

Tabla 7: Resultados de los artículos incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

| AUTOR Y AÑO | PARTICIPANTES | VARIABLES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA | INTERVENCIÓN | RESULTADOS |
|--------------------------------|---|---|--|--|
| Alwhai bi et al. (2020) | N= 45 GC= 15 GI 1= 15 GI 2= 15 Edad: 5-8 años | 1. PDMS-2: evalúa habilidades motoras finas y gruesas <ul style="list-style-type: none"> <u>Habilidades motoras gruesas:</u> reflejos, parada, locomoción y manipulación de objetos <u>Habilidades motoras finas:</u> agarre y la integración visomotora | Duración: 3 meses GC: fisioterapia tradicional, 1h/d, 3d/sem GI 1: biorretroalimentación aumentada con sistema E link 1h/d, 3d/sem GI 2: biorretroalimentación aumentada con sistema E link + fisioterapia tradicional 1h/d, 3d/sem | Grupo de terapia combinada: ↑* en integración visomotora ↑* en coordinación ojo-mano ↑* en agarre Grupo de intervención 1: ↑* en integración visomotora ↑* en agarre |
| EI-Shamy et al. (2020) | N= 40 GC=20 GI=20 Edad: 8-12 años | 1. Escala de Ashworth modificada: espasticidad 2. Fuerza de potencia y agarre → mediante dinamometría 3. Fuerza de prensión de pellizco → con calibrador de pellizco 4. PDMS-2: habilidades motoras finas y gruesas | Duración: 12 semanas GI: entrenamiento de Wii 40', 3 d/sem + atención habitual GC: atención habitual 1h/d, 3d/sem | Grupo intervención: ↓ (n.s) Espasticidad ↑* Fuerza de agarre ↑* Fuerza de pellizco ↑* Función de la mano en habilidades motoras finas y gruesas |

Leyenda: N: número de participantes; GI 1 y GI 2: grupo de intervención 1 y 2; GC: grupo control; d: día; sem: semana; h: hora; ':minuto; >:mayor; ↑: aumento; *:significativo (p>0,05); (n.s): no significativo

Tabla 7: Resultados de los artículos incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

| AUTOR Y AÑO | PARTICIPANTES | VARIABLES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA | INTERVENCIÓN | RESULTADOS |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| Chiu et al. (2014) | N= 62 GI= 32 GC = 30 Edad: 6-13 años | <ol style="list-style-type: none"> Fuerza: Mediante contracción isométrica voluntaria máxima en agarre de fuerza usando Power Track IITM JTHFT: motricidad fina y gruesa en AVD 9HPT: motricidad fina Percepción de la función de la mano: encuesta de uso funcional | <p>Duración: 6 sem + seguimiento 6 sem</p> <p>GI: entrenamiento en el hogar con Wii Sports Resort + terapia habitual 40', 3d/sem</p> <p>GC: atención habitual</p> | <p>Grupo de intervención: Sin diferencias significativas en motricidad fina y gruesa ↑* fuerza de agarre ↑ percepción de cantidad de función</p> |
| Christmas et al. (2018) | N= 62 GI 1= 32 GI 2 = 30 Edad: 18 meses - 4 años | <ol style="list-style-type: none"> AHA: uso de mano afectada en tareas bimanuales Cuestionario bimanual Birmingham: original del estudio para evaluar rendimiento bimanual QUEST: calidad de movimiento de las EESS PedsQL: evaluación de calidad de vida | <p>Duración: 10 sem + seguimiento en 24sem</p> <p>GI 1: restricción de dispositivo de brazo corto prolongado 1h</p> <p>GI 2: sujeción manual intermitente</p> | <p>Ambos grupos: Sin cambios* en la calidad de movimiento de las EESS ↑* en calidad de vida en el seguimiento de 24sem ↑* desempeño manual de la mano afectada ↑ (n.s) calidad de movimiento</p> <p>GI 1: ↑* en habilidades motoras a las 10 sem</p> <p>GI 2: >Deterioro en comparación con GI 1</p> |

Legenda: N: número de participantes; GI 1 y GI 2: grupo de intervención 1 y 2; GC: grupo control; d: día; sem: semana; h: hora; ':minuto; >:mayor; ↑: aumento; EESS: extremidades superiores; AVD: actividades de la vida diaria; *:significativo (p>0,05); (n.s): no significativo

Tabla 7: Resultados de los artículos incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

| AUTOR Y AÑO | PARTICIPANTES | VARIABLES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA | INTERVENCIÓN | RESULTADOS |
|-----------------------------|---|--|---|--|
| Gelkop et al. (2015) | N=12 GI 1= 6 GI 2 =6 Edad: 1,5 -7 años | 1. AHA: uso de mano afectada en tareas bimanuales: uso general, uso del brazo, agarre y liberación, ajuste motor fino, coordinación y ritmo 2. QUEST: calidad de movimiento de las EESS | Duración: 8 sem + seguimiento 6 meses GI 1: atención habitual de terapia ocupacional y fisioterapia 45-60', 2-3d/sem + CIMT 2h/d, 6 d/sem GI 2: atención habitual de terapia ocupacional y fisioterapia 45-60', 2-3d/sem + HABIT 2h/d, 6 d/sem | Ambos grupos: ↑* del uso de la mano afectada en tareas bimanuales > en GI 1 ↑* de la calidad de movimiento GI 1: ↑* de capacidad de disociación de movimientos |
| Deppe et al. (2013) | N= 47 GI 1= 26 GI 2 = 21 Edad: 3-12 años | 1. MA-2: calidad unilateral del movimiento en las funciones de alcanzar, agarrar, soltar y manipular 2. AHA: uso de mano afectada en tareas bimanuales 3. PEDI: estado funcional en tres apartados: autocuidado, movilidad y función social | Duración: 4 sem GI 1 (Kid-CIMT): 60 h CIMT y 20 h de entrenamiento bimanual. 4 sesiones de 60'/día, 5 d/sem GI 2 (tto bimanual): 80 h de entrenamiento bimanual. 4 sesiones de 60'/día, 5 d/sem | Ambos grupos: ↑uso espontaneo de la mano afectada ↑* de eficacia para la realización de tareas de autocuidado similares en ambos grupos ↑* del estado funcional GI 1: ↑* en la calidad motora en agarrar y soltar |

Leyenda: N: número de participantes; GI 1 y GI 2: grupo de intervención 1 y 2; GC: grupo control; d: día; sem: semana; h: hora; ':minuto; >:mayor; ↑: aumento; EESS: extremidades superiores; *:significativo ($p>0,05$);

Tabla 7: Resultados de los artículos incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

| AUTOR Y AÑO | PARTICIPANTES | VARIABLES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA | INTERVENCIÓN | RESULTADOS |
|-------------------------------|---|---|---|---|
| Dong et al. (2017) | N=73 GI 1= 25 GI 2 = 24 GC = 24 Edad: 5-16 años | 1. JTHFT : motricidad fina y gruesa en AVD 2. Subprueba 3 de la BOTMP-II : Motricidad fina unimanual y bimanual 3. CFUS : Uso espontáneo de la mano afectada 4. Fuerza de agarre de potencia (en lb) : mediante dinamómetro | Duración : 3 sem + seguimiento 3 meses GI 1 (RTM) : terapia de recordar el movimiento continuamente a intervalos de 15', un total de 75 h GI 2 (CIMT) : restricción para inmovilizar la mano menos afectada durante un total de 75h GC : Rehabilitación convencional | Ambos grupos de intervención : ↓* del tiempo para realizar tareas ↑* en motricidad fina ↑* uso espontáneo de la mano afectada Sin mejoras * en la fuerza de agarre GI 2 (CIMT) : > Efecto a largo plazo |
| Geerdink et al. (2013) | N=50 GI= 28 GC= 22 Edad: 2,5-8 años | 1. Prueba Box and block : coordinación rápida de agarre, sujeción, transferencia y liberación de un pequeño objeto 2. AHA : uso de mano afectada en tareas bimanuales 3. ABILHAND-Kids : habilidades manuales 4. MA-2 : calidad unilateral del movimiento en las funciones de alcanzar, agarrar, soltar y manipular 5. COPM : evalúa problemas para las AVD en tareas bimanuales | Duración : 6 sem + seguimiento 1 año GI : Terapia de movimiento inducido por restricción modificada durante 9h/sem durante 6 sem+ terapia bimanual 2 sem GC : Rehabilitación convencional | Grupo intervención : ↑* destreza manual a las 6 sem pero ↓rendimiento al inicio de la terapia bimanual ↑ uso espontáneo de la mano ↑* en cantidad de movimiento ↑* en calidad de movimiento |

Leyenda: N: número de participantes; GI 1 y GI 2: grupo de intervención 1 y 2; GC: grupo control; d: día; sem: semana; h: hora; ':minuto; >:mayor; ↑: aumento; ↓: disminución; AVD: actividades de la vida diaria; *:significativo (p>0,05);

5. DISCUSIÓN

Actualmente, existen diversos enfoques para el tratamiento del miembro superior en la PC hemipléjica. Dentro de las terapias más convencionales la CIMT ha mostrado efectos muy positivos en la función de la mano en cuanto a destreza manual y realización de tareas de la vida diaria en muchos artículos, entre ellos los incluidos en esta revisión (31–35). Sin embargo, terapias en las que involucran nuevas tecnologías que incluyen el entrenamiento basado en videojuegos (VGBT) junto con la realidad virtual (RV) como parte de la rehabilitación ha comenzado a obtener cada vez mejores resultados clínicamente relevantes. Este tipo de terapia aportaron diversión y motivación en muchos de los estudios suponiendo un mayor grado de adherencia al tratamiento. El objetivo de esta revisión ha sido valorar la eficacia de estos tratamientos en la rehabilitación de la función de la mano y en la destreza manual. En este apartado se discutirá acerca de los resultados encontrados en los artículos de la revisión para poder analizar más detalladamente los efectos positivos de cada tipo de terapia en la rehabilitación.

5.1. Intervenciones

En primer lugar, se puede destacar que todas las intervenciones de este estudio fueron dirigidas a niños y adolescentes con parálisis cerebral hemipléjica con el objetivo de aumentar la función de la mano más afectada. Cinco estudios utilizaron un entrenamiento basado en videojuegos junto con realidad virtual. Este tipo de terapia ha sido estudiando en diferentes patologías como fibrosis quística, artritis idiopática juvenil, lesión del plexo braquial, niños con quemaduras o accidente cerebrovascular (26,36–39) además de parálisis cerebral y se han visto numerosos beneficios en todos ellos.

Existen numerosos dispositivos para la terapia basada en videojuegos, pero los más comunes usados en rehabilitación son Microsoft Kinect y Nintendo Wii. Dos artículos (29,30) utilizaron Wii para llevar a cabo su intervención. Sin embargo, en el estudio de Tarakci et al. (26) se utilizó LMC que permite detectar los movimientos finos de manos y dedos de manera mucho más precisa que Wii.

Esto puede ser relevante para el registro y valoración de las capacidades de destreza manual, ya que con el segundo se obtendrá más información. En cuanto a la disponibilidad y asequibilidad de los dispositivos, Wii y LMC son opciones de bajo coste que se podrían implementar en el hogar o en centros educativos debido a su gran disponibilidad y facilidad de uso. Por el contrario, en el artículo de **Choi et al.** (27) y de **Alwhaibi et al.** (28) utilizan dispositivos de más difícil acceso debido a su mayor coste y menor disponibilidad.

Otros cinco artículos utilizan la CIMT, una de las intervenciones más efectivas para el tratamiento del miembro superior en niños con PC unilateral, aunque también se ha estudiado en otras patologías como el accidente cerebrovascular (40,41) obteniendo un mejor nivel de funcionalidad de la mano al final del tratamiento. Estos estudios incluyeron diferentes tipos de restricción como férulas, guantes, vendajes elásticos o cabestrillo. Dos artículos (31,34) mencionaron algunos efectos adversos no graves relacionados con la intervención incluyendo abandonos por molestias en la primera semana en el estudio de **Dong et al.** (34). Es cierto que, restricciones como guantes o manoplas cambian el papel de la extremidad sana para que se use en forma de asistencia de la mano afectada, convirtiendo a esta última en la mano dominante, mientras que el uso de materiales como el yeso, restringe por completo el uso de la extremidad menos afectada. Sin embargo no existen pruebas claras de que un método de sujeción sea mejor que otro, por lo que dependerá de la seguridad, comodidad y preferencias del niño o sus familiares (21).

La población estudiada varía entre 1 a 18 años. Un gran número de estudios apoya la intervención temprana en este tipo de pacientes (2,42,43) ya que fomentar el uso de la mano desde muy pequeños puede facilitar el uso espontáneo en AVD en el desarrollo de su infancia. Además, puede estimular su aprendizaje motor eficaz aportando efectos positivos para su desarrollo motor. En los grupos de VGBT participaron pacientes de mayor edad que en los grupos de restricción ya que requerían cierto nivel de comprensión y capacidad de seguir instrucciones sencillas. Más concretamente, los primeros tenían una media de edad de 8 años mientras que los segundos de 4 años y medio. Aun así, un programa específico dirigido a la rehabilitación podría adaptarse para implementarse desde edades más tempranas.

En cuanto a la duración de la intervención existe variabilidad entre estudios. Pese a que en el estudio de **Chiu et al.** (30) se considera que el tiempo mínimo necesario para obtener un efecto medible es de seis semanas, hay tres artículos que utilizan un menor tiempo de intervención (27,33,34). Esto puede ser la causa de ausencia de resultados significativos en algunos de los estudios.

En cuanto a la frecuencia del entrenamiento, la mayoría de artículos realizaban 1 hora de entrenamiento 3 días a la semana aunque dos artículos (27,32) realizaron cargas más altas de entrenamiento realizando la intervención hasta 5 días a la semana por encontrar limitaciones en este factor en estudios anteriores. Aun así, de los grupos de CIMT todos utilizaron una práctica modificada, por lo que el nivel de intensidad fue menor y mucho más tolerable para los niños que la versión de CIMT original en la que la restricción se aplicaba el 90% de las horas de vigilia.

Otro aspecto a destacar es el seguimiento que se realizó de los participantes tras la intervención. Tres artículos (26,29,33) no realizaron una segunda valoración tiempo después, por lo que no pudieron comprobar los efectos a largo plazo de la intervención y de hecho, estos autores lo advierten como limitación del estudio. La realización de un seguimiento es de suma importancia clínica ya que varios estudios muestran resultados clínicamente significativos inmediatamente después de la intervención que no se mantienen en el tiempo (35), o en el caso contrario en el que se puede observar la tendencia hacia una mejoría o una mejora con el paso del tiempo (30,32). Por lo tanto, un seguimiento meses después de la intervención ayudaría a analizar el impacto de la intervención con el paso del tiempo.

5.2. Resultados obtenidos tras la intervención

El aumento de la función de la mano en tareas de agarre y manipulación han sido evaluadas en todos los artículos descritos en esta revisión. Para ello, se han utilizado siete herramientas o instrumentos de medida. Esto puede provocar variabilidad de los resultados en los artículos y la causa de sesgo a la hora de comparar los resultados. Aun así, se encontraron resultados significativos en al menos uno de los test utilizados en cada artículo para valorar la motricidad fina y gruesa excepto en el estudio de **Chiu et al.** (30). Esto puede ser por la menor precisión en el registro del movimiento de las

extremidades con el dispositivo Wii y por la disminución en el interés de los juegos que manifestaron los participantes de este estudio. La falta de motivación puede llevar a un menor grado de adherencia al tratamiento disminuyendo su efecto, como indican algunos artículos (26,27,28). Pese a que la adherencia al tratamiento en la mayoría de los estudios fue buena, el entrenamiento con CIMT en ocasiones puede provocar frustración e incomodidad a los pacientes provocando una limitación en el cumplimiento de la intervención y una menor intensidad de trabajo.

Todos los estudios encontraron mejores resultados en el grupo experimental en comparación con el grupo de rehabilitación convencional. Sin embargo, **Dong et al.** (34) observaron que los grupos de RTM y de CIMT obtenían resultados similares al final del tratamiento, por lo que, los dos enfoques podrían ser eficaces. Algo similar ocurre en el estudio de **Gelkop et al.** (32) en el que no hubo diferencias entre el grupo de CIMT y HABIT en cuanto a la destreza manual. No obstante, **Deppe et al.** (33) sí que obtuvo mejores resultados de MA-2 en el grupo CIMT en comparación con el grupo HABIT. Por lo tanto, se entiende que los dos enfoques podrían ser efectivos para la rehabilitación, aunque la CIMT podría ser más eficaz en situaciones donde no haya suficiente supervisión del niño. Es decir, con la restricción, es menos probable que compense con la mano menos afectada durante la realización de tareas, mientras que en HABIT es necesario una mayor supervisión que evite el desuso de la mano afectada.

Por otro lado, en la prueba de Box and Block de **Geerdink et al.** (35), se observó una disminución del rendimiento en destreza unilateral durante la fase de entrenamiento bimanual en niños mayores de 5 años. Como ya se ha mencionado, HABIT también es un entrenamiento efectivo para el tratamiento de la extremidad por lo que, esta disminución funcional puede deberse a la necesidad de un entrenamiento de más intensidad que para los niños más pequeños, que llegaron a su máximo rendimiento pese a lograr menores puntuaciones.

Cuatro estudios evaluaron la fuerza de prensión o de agarre, lo que puede indicar que es una variable menos estudiada o de menor importancia para los autores. Todos ellos utilizan un dinamómetro para valorarla, lo que nos permite comparar los resultados de una manera más objetiva. En dos de los artículos (26,29) se manifestó

un aumento claro de la fuerza de prensión entre en el grupo experimental y el grupo control. Estas intervenciones provocan un uso forzado de la extremidad que no utilizan de manera habitual por lo que un aumento en el uso de las mismas provoca la activación de la musculatura inactiva provocando así un mayor grado de fuerza. En el artículo de **Chiu et al.** (30) los resultados no fueron significativos, aunque sí que se observó una tendencia hacia una fuerza mayor en el grupo experimental respecto al grupo control. Esta tendencia puede indicar que una intervención más duradera, produzca un aumento significativo en la fuerza de agarre. Sin embargo, **Dong et al.** (34) no obtuvieron ganancias significativas en ninguno de los grupos. Esto puede ser debido al tipo de ejercicios que utilizaron causaron un menor efecto en la fuerza de agarre.

En cuanto a las habilidades motoras en las AVD, encontramos la escala AHA en cuatro de los cinco artículos que utilizan la CIMT como tratamiento, por lo que la comparación entre éstos se puede hacer de manera más objetivable. La elección de esta escala en estos artículos viene dada por el objetivo principal de esta intervención, que es fomentar el uso de la mano más afectada en las tareas bimanuales. Por ejemplo, los artículos de **Gelkop et al.** (32) y **Deppe et al.** (33) realizaron el estudio comparando la CIMT con el entrenamiento bimanual intensivo. Los grupos eran homogéneos respecto al grupo de comparación en cuanto a número de participantes, sexo, edad y gravedad de la afectación. Ambos coincidieron en el uso de AHA como instrumento de medida y consiguieron resultados significativos en el grupo CIMT tras la intervención. **Deppe et al.** (33) obtuvieron mejoras más significativas en los niños más gravemente afectados. Esto puede ser debido a que partían de valores iniciales muy bajos en el desempeño bimanual mientras que los niños con MACS I o II ya mostraban unas capacidades mínimas. De tal forma que, el tratamiento fue más relevante para aquellos niños donde apenas existía funcionalidad. Sin embargo, **Gelkop et al.** (32) lograron una puntuación más alta en el test. Esto puede ser debido a que la muestra total del primer estudio (32) era mucho más pequeña que la del segundo (33) y el periodo de intervención fue más largo. Además, incorporaron entrenamiento habitual 2 o 3 días a la semana por lo que la terapia fue más intensa para esos niños.

Por otro lado, los artículos de videojuegos se centran más en la calidad del movimiento de tareas unilaterales como el alcance y el agarre mediante instrumentos de medida como el PEDI-CAT, DHI o CHAQ. Todos los artículos reportaron algún tipo de mejora significativa en el desempeño de tareas específicas tras el tratamiento. Se ha podido comprobar en otros estudios (44,45) que las tareas dirigidas a objetivos pueden ser beneficiosas para la mejora de la función motora gruesa y habilidades manuales. Es por eso, que un entrenamiento en el que los niños tengan que realizar movimientos repetidos de tareas que puedan utilizar en su día a día como puede ser pasar la página de un libro en vez de pedirle movimientos de pronación y supinación sin razones aparentes para el niño, aportaría mejores estímulos para guiar el movimiento además de facilitar su realización.

Pese a que muchos de los participantes en estos estudios tenían una condición espástica, sólo un artículo estudió cambios en la espasticidad (29). Aunque la disminución de la misma no fue significativa, no aumentó, lo que también es importante tener en cuenta. Es decir, este tipo de terapia no aumenta el tono y de la espasticidad. Esto es un dato a tener en cuenta ya que indica que, pese a tener que realizar movimientos repetidos de fuerza, no tiene que venir acompañado de compensaciones negativas y no interfiere con los beneficios que puede aportar en la funcionalidad. Además, un ambiente relajado con una terapia que le mantenga entretenido y que no le suponga “un tratamiento más” sino otra forma de divertirse, puede ser otra razón por la que no aumente la espasticidad, ya que se ha visto que las emociones influyen mucho en este aspecto.

De hecho, se ha estudiado la viabilidad de entrenamientos en el hogar o en sus centros educativos habituales (46) debido a que permiten incorporar el entrenamiento en tareas que realice normalmente en casa y con un mayor grado de participación. Los niños se sienten seguros y más cómodos en ambientes conocidos para ellos y puede favorecer el aprendizaje motor efectivo. Hay que tener en cuenta que estos niños necesitarán de servicios de rehabilitación y de tratamiento constante por lo que un ambiente conocido puede favorecer la motivación y comodidad del paciente. Sin embargo, existen algunos inconvenientes cuando son los padres los que supervisan el entrenamiento en el hogar ya que, en ocasiones, aumenta el estrés y la

presión de muchos de ellos al querer conseguir el máximo rendimiento de sus hijos. Es necesario que tengan claro los objetivos terapéuticos para corregir y guiar de manera adecuada al niño.

Finalmente, un estudio (28) comparó la eficacia de un enfoque de terapia combinada con un solo tipo de tratamiento observando puntuaciones más altas de las variables estudiadas en el grupo de terapia combinada. También el artículo de **Choi et al.** (27) ofrece la visión de que la combinación de terapia basada en realidad virtual y una rehabilitación convencional provoca una estimulación multisensorial y multimodal beneficiosa y con efectos positivos para el desarrollo. Esta visión, es compartida por autores como **Chen et al.** (47), **Roberts et al.** (48) y **Rostami et al.** (49). De esta manera, se aumentan los beneficios relativos de cada enfoque terapéutico proporcionando un diseño de entrenamiento global y específico para cada variable a mejorar.

5.3. Limitaciones

La principal limitación de esta revisión bibliográfica ha sido encontrar artículos con suficiente evidencia científica sobre la rehabilitación mediante videojuegos y realidad virtual. Al ser un enfoque bastante nuevo de tratamiento muchos de ellos requerían de más investigación y tenían una calidad metodológica baja.

El tamaño de muestra de algunos de los artículos era demasiado bajo y hubiera sido necesario un número más alto para determinar si los resultados encontrados pueden generalizarse a la población con PC. Lo mismo pasa con el hecho de que se incluyan niños sin discapacidades graves en la mayoría de los estudios.

Además, el seguimiento a largo plazo en algunos no se realizó y en otros se realizó pocas semanas después de la intervención.

Otra limitación es la gran variabilidad de instrumentos de medida que se han utilizado. Pese a que las escalas y pruebas evalúan las mismas variables, no se puede hacer una comparación puramente objetiva de las mismas.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas de esta revisión son las siguientes:

1. La función de la mano y la independencia para realizar las actividades de la vida diaria y funciones de autocuidado son muy importantes para el desarrollo de los niños con PC.
2. Es importante realizar una clasificación basada en las capacidades y habilidades mediante los sistemas de clasificación como GMFCS o MACS para adaptar cada tipo de tratamiento a las características específicas de cada niño.
3. Las escalas de valoración de la extremidad superior más usadas son el JTHFT, la escala de Melbourne y AHA.
4. La terapia de movimiento inducido por restricción y la terapia basada en videojuegos y realidad virtual mejora la función de la mano en niños con PC.
5. El uso de LMC como dispositivo de entrenamiento mediante juegos virtuales es una buena opción debido a su bajo coste, baja complejidad de uso y su alta disponibilidad.
6. El uso de guante hecho a medida es un buen método de restricción para fomentar el uso de la mano afectada como mano dominante y la otra mano como mano asistente.
7. La motivación tiene un efecto positivo en el cumplimiento y la tasa de adherencia al tratamiento.
8. Un enfoque de terapia combinada puede ser beneficioso para el aumento de destreza manual y funcionalidad en niños con PC.
9. Una intervención aplicada en el centro educativo habitual del niño puede ser beneficioso para aumentar los efectos de ésta, debido a la mayor confianza y comodidad que sienten en comparación con consultas de rehabilitación habituales.

7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

7.1. Introducción

La parálisis cerebral (PC) es un conjunto de trastornos causado por un daño en el SNC que afecta al movimiento, la postura y el tono (1). Aproximadamente un tercio de los niños con PC tienen hemiplejía, lo que indica una afectación mayor en un lado del cuerpo. Este trastorno suele venir acompañado de espasticidad, debilidad, distonía, afectaciones sensoriales y problemas asociados que dificultan la realización de actividades necesarias para su día a día (2). La mayoría de estos niños tienden a no usar su extremidad más afectada debido a sus limitaciones, lo que provoca que aumenten los problemas en la función manual. Los movimientos que más dificultades provocan son la función de agarre con toda la mano y la pinza (19).

A través de la revisión bibliográfica se ha estudiado la eficacia de dos tipos de terapia que han sido efectivas para la rehabilitación de extremidades superiores en PC, que son la terapia de movimiento inducida por restricción (CIMT) y la terapia basada en videojuegos (VGBT) y realidad virtual (RV). La CIMT es una de las técnicas más efectivas para aumentar el uso y la funcionalidad de la mano más afectada, así como para mejorar la destreza manual y las habilidades motoras en tareas bimanuales y AVD (18). Se trata de un método en el que se inmoviliza la extremidad superior menos afectada para fomentar el entrenamiento intensivo y repetitivo del brazo y mano más afectada (21). Por otro lado, un entrenamiento con videojuegos y RV aumenta la motivación y adherencia al tratamiento generando que los efectos de la sesión sean más eficaces y duraderos (26). Estos niños se encuentran continuamente sometidos a sesiones de rehabilitación y tratamientos con numerosos especialistas por lo que es importante atraer su atención para el buen mantenimiento de su trastorno. De la misma manera, se ha observado que la realización del tratamiento en un entorno conocido para el niño, como puede ser su centro educativo, es beneficioso para el aumento de motivación y para una visión más agradable de las sesiones de fisioterapia (46). Actualmente existen numerosos centros educativos especializados que cuentan con servicios de fisioterapia, además de otros profesionales, donde sería posible implementar la intervención.

En cuanto a los dispositivos de juego más utilizados encontramos el Microsoft Kinect y Nintendo Wii (50). Sin embargo, en la revisión se observó la eficacia de un sistema optoelectrónico de bajo costo y baja complejidad llamado Leap Motion Controller (LMC) que permite registrar los movimientos de las manos y de los dedos con una precisión mayor que otros sistemas comerciales (26). Además ocupa poco y su uso ha sido estudiado en diversas patologías como el accidente cerebrovascular o el Parkinson (51,52). Tiene incorporado dos cámaras, un controlador de movimiento y un software en el que se pueden cargar varios juegos. Este dispositivo permite el seguimiento de las posiciones y de la velocidad de movimientos de la mano sin necesidad de usar un mando ni la colocación de sensores en el cuerpo del participante (53). El LMC genera una representación virtual de la mano en la pantalla del ordenador donde interactúa con objetos del mundo real a través de la imagen y demás sentidos promoviendo la neuroplasticidad y el aprendizaje motor (54).

Por otro lado, se ha observado que enfoques de terapia combinada podrían aumentar los beneficios individuales de cada terapia potenciando su efectividad. La combinación de estos dos tipos de terapia se ha estudiado muy poco, de hecho solo se han diseñado protocolos de estudio (55), estudios preliminares (56) y estudios de casos (57) en accidente cerebrovascular y en pacientes con hemiparesia crónica (58). Chen et al. (47) diseñaron un estudio para valorar la viabilidad de un programa de entrenamiento con la combinación de ambas terapias en PC. Posteriormente se desarrollaron dos ensayos clínicos (48,49) en los que se aplicaba esta visión de tratamiento obteniendo unos buenos resultados. Sin embargo, falta mucha evidencia en cuanto al desarrollo de este enfoque de rehabilitación y los estudios cuentan con numerosas limitaciones. Entre ellas encontramos la escasa duración del tratamiento y del seguimiento, el estudio de variables no específico para parálisis cerebral y la falta de clasificación con MACS en uno de los artículos (49).

Es por eso que se propone una propuesta de intervención basada en una combinación de CIMT y juegos basados en RV aplicada en centros educativos especializados a niños con PC.

7.2. Hipótesis y objetivos

Hipótesis

- Un programa de intervención con CIMT y juegos en RV en su centro educativo habitual mejorará la función de agarre y pinza de la mano en niños con PC hemipléjica.

Objetivo principal

- Establecer un programa de tratamiento de fisioterapia basado en la restricción de la mano menos afectada para fomentar el uso de la otra extremidad mientras juega en un dispositivo electrónico que le aporte retroalimentación visual y auditiva.

Objetivos secundarios

- Favorecer el uso espontáneo de la mano en las AVD.
- Registrar y cuantificar el cumplimiento y la adherencia al tratamiento.
- Registrar y cuantificar la cantidad y calidad del movimiento de las extremidades, así como evaluar el desempeño manual en tareas que requieran mayor destreza o motricidad fina.

7.3. Material y métodos

7.3.1. Participantes

Para la selección de participantes del estudio se utilizarán los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Niños entre 3 y 12 años.
- Tener un diagnóstico de parálisis cerebral hemipléjica.
- Puntuación I-III en el Sistema de Clasificación de Habilidad Manual (MACS).
- Capacidad para comprender y seguir instrucciones sencillas.
- Ausencia de tono muscular excesivo (puntuación menor de 3 en escala Ashworth modificada).

Criterios de exclusión:

- Problemas de visión o audición significativos.
- Epilepsia no controlada.
- Cirugías o tratamiento con toxina botulínica en las extremidades superiores en los últimos 6 meses.
- Discapacidad intelectual severa.

7.3.2 Variables de estudio

A continuación, se determinan las variables a estudiar en esta intervención junto con sus respectivos instrumentos de medida. Los test y escalas utilizadas se encuentran más detalladamente explicadas en el *Anexo II*.

- **Motricidad fina:** será evaluada mediante la realización de tareas de agarrar y soltar objetos de distintos tamaños con toda la mano y con la pinza. Para ello, se utilizará el Jebson Taylor Hand Function Test (JTHFT) y el Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function-2 (MA-2). Estos son dos test muy completos en los que se evalúan numerosas tareas para determinar las capacidades motoras y la destreza manual del niño. (26,30,34).
- **Fuerza muscular:** se medirá fuerza de agarre mediante un dinamómetro manual y la fuerza de pellizco o de la pinza con un dinamómetro hidráulico de pinza (Ver *Figura 3*). El niño se sentará con la espalda totalmente apoyada en la silla, los pies apoyados en el suelo, los codos flexionados a 90º y antebrazos en posición neutra. Desde esa posición se le pide apretar el dinamómetro haciendo la máxima fuerza posible y que suelte. Se repetirá tres veces con un minuto de descanso entre cada vez (26,29,34).



Figura 3: Dinamómetro hidráulico de pinza

- **Habilidades bimanuales:** se evaluará el uso de la mano en tareas bimanuales mediante el Assisting Hand Assessment (AHA) para evaluar el uso espontáneo de la mano más afectada en tareas bimanuales (31–33,35).
- **Realización de tareas de AVD y de autocuidado:** se registrará mediante Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI) valorando el autocuidado, movilidad y función social (33).
- **Satisfacción y motivación:** se utilizará una escala usada en el estudio de Yagüe Sebastián et al. (59) para medir la motivación y satisfacción que les supone acudir a las sesiones de rehabilitación. Consta de 7 preguntas que los niños deberán contestar mediante una escala de expresión facial de 5 puntos que va desde “totalmente de acuerdo”, 5 puntos, a “totalmente en desacuerdo”, 1 punto (*Ver Anexo II*). Por lo tanto, una puntuación de 35 puntos indicaría la máxima satisfacción con el tratamiento, lo que supone una mayor adherencia al tratamiento. De la misma manera, una puntuación mínima de 7 indicaría una completa insatisfacción y desagrado.
- **Adherencia al tratamiento:** se usará la escala de participación en rehabilitación de Pittsburgh (PRPS) usada en el artículo sobre el uso de videojuegos tras accidentes cardiovasculares de Vanbellinghen et al. (60). Los terapeutas puntúan del 1 al 6 en base a las observaciones sobre la participación de cada niño en la intervención. Una puntuación de 1 punto indica “ninguna participación” y describe un rechazo total de la sesión por parte del niño. Una puntuación máxima de 6 indica “excelente participación” en el que el niño mostró su máximo esfuerzo, mostrando interés y finalizando todos los ejercicios programados para la sesión.
- **Dolor:** se medirá mediante la escala de caras de Wong Baker (61) que cuenta con 6 caras con diferentes expresiones faciales con puntuaciones que van de 0 a 10 según el grado de dolor. El niño debe señalar la cara que representa su nivel de dolor. La primera cara significa “no dolor” y tiene una puntuación de 0 mientras que la última significa “máximo dolor” y tiene una puntuación de 10.

- **Rango de movimiento (ROM):** se valorará la movilidad articular de hombro, codo, muñeca y dedos mediante un goniómetro (34). El procedimiento se encuentra detallado en el *Anexo II*.

7.3.3. Intervención

Antes de comenzar el programa de intervención los participantes tendrán que firmar un consentimiento informado donde afirman que han sido informados de los objetivos del estudio, así como los beneficios y riesgos que conlleva y que participan voluntariamente en él (*Anexo III*). Antes de empezar, se realizará una etapa previa en la que se realizará una valoración completa de la motricidad fina, habilidades bimanuales, realización de AVD y ROM con los instrumentos de medida previamente mencionadas. Cada semana se utilizará la escala de dolor para evaluar si ha sentido algún tipo de dolor en la extremidad superior la última semana para valorar si la intervención le está causando un aumento de dolor y evitar así los abandonos. También se estudiará la adherencia al tratamiento, satisfacción y motivación de cada participante en base a lo observado o sentido la última semana. Las valoraciones las realizará siempre la misma persona, en la misma posición y con el mismo instrumento, de forma que las diferencias en los resultados sean fruto de la intervención.

Los componentes principales de esta propuesta serán: la restricción del brazo no afecto, práctica repetitiva e intensiva de las actividades motoras con el brazo afecto e incrementación lenta y progresiva de la dificultad de la tarea en un entorno virtual. La intervención consistirá en un tratamiento de 12 semanas realizado en un centro educativo especializado donde acuden niños con parálisis cerebral. Se aplicará la CIMT modificada durante 5 horas al día en el horario del centro, en el que durante 4 horas realizarán las actividades habituales programadas por el centro educativo siguiendo con su rutina de trabajo pero solamente usando uno de sus miembros. La restricción de la extremidad no afectada se realizará con un guante hecho a medida que le permita asistir a la mano contraria pero no actuar como mano dominante y que sea cómoda para ellos. 40 minutos de esas 5 horas se usarán para el entrenamiento de las tareas mediante los juegos de realidad virtual con el dispositivo LMC (*Ver Figura 4*). Se llevará a cabo 5 días a la semana de lunes a viernes. El

programa con LMC se llevará a cabo a través de juegos diseñados en estudios anteriores. Cada juego está diseñado para uno o varios objetivos terapéuticos y las actividades o movimientos que deberán hacer irán aumentando de dificultad adaptando la progresión de los juegos de forma individualizada a cada participante del protocolo y a sus capacidades. Un fisioterapeuta deberá supervisar la correcta realización de los juegos y decidirá aumentar la dificultad cuando considere que el niño tenga la capacidad suficiente para realizarlo sin problemas.

Los juegos están diseñados para que realicen movimientos activos de flexión y extensión de hombro, codo y muñeca, abducción, aducción y rotaciones internas y externas de hombro, pronación y supinación de antebrazo y movimientos de agarre realizadas en forma de juego. Los objetivos serán mejorar la movilidad de toda la extremidad, mejorar la destreza manual y coordinación de los dedos y aumentar la fuerza en la función de agarre y pinza.

El protocolo de intervención se dividirá en tres fases. La primera fase servirá a modo de adaptación en la que se explicarán los juegos y la forma de realizarlos. Los fisioterapeutas que supervisen la intervención deberán asegurarse de la correcta realización de los juegos y de que el nivel inicial del juego se ajuste a las capacidades de cada niño. Esta fase durará aproximadamente una semana. En la segunda fase, los niños practicarán los juegos con la dificultad acorde con sus necesidades y características y se irá subiendo progresivamente de nivel. Esta fase será la más larga y durará aproximadamente 8 semanas. Desde la segunda a la cuarta semana, se realizará un entrenamiento por objetivos; la segunda semana, practicarán los juegos para entrenar el alcance y agarre, Leapball y Catch a Pet, 20 minutos cada uno todos los días de entrenamiento. En la tercera, practicarán juegos para entrenar la coordinación de los dedos y de la mano, el juego del piano y el juego del camarero, 20 minutos cada uno. En la cuarta semana se realizarán juegos de motricidad fina y movilidad, el juego de los pétalos y el juego de atrapar los globos, 20 minutos cada uno. Todos ellos se jugarán desde niveles iniciales y con pequeñas progresiones en función de la facilidad para realizarlos de cada niño. En las siguientes semanas, se combinarán 4 juegos cada día, 10' de juego con cada uno, con aumentos progresivos del nivel individualizados a cada niño. Cada semana se intentará subir el nivel para

que suponga un reto para el niño pero se deberá tener en cuenta la frustración que puede generar. Por lo tanto, es importante asegurarse de que domine el ejercicio y realizar progresiones pequeñas cada vez. En la última fase se retirará la restricción durante el tiempo de juego para incorporar las dos manos en juegos bimanuales. Esta fase durará aproximadamente 3 semanas. En la *Tabla 8* se puede ver un calendario resumiendo cada fase.

Después de finalizar las 12 semanas de entrenamiento se realizará una valoración inmediata de todas las variables para observar si existen cambios significativos. Se realizará un seguimiento de un año, con una valoración a los 6 meses después de la intervención y otra al finalizar el año. Con este seguimiento se pretende estudiar los efectos a largo plazo.



Figura 4: Uso de LMC en niños con PC. Fuente: Yildirim et al. (52)

Tabla 8: Propuesta de intervención

| | FASE ADAPTATIVA | FASE DE ENTRENAMIENTO UNILATERAL | FASE DE ENTRENAMIENTO BILATERAL | VALORACIÓN |
|----------|---|---|---------------------------------|---|
| SEMANA 1 | Prueba de todos los juegos para determinar el nivel inicial de cada uno | | | Previa a la semana 1: - Habilidades bimanuales - Realización AVD y autocuidado - Dolor - ROM - Motricidad fina - Fuerza |
| SEMANA 2 | | Restricción + juegos de alcance en nivel inicial: - 20' Leapball - 20' Catch a Pet | | Al final de semana 2: - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 3 | | Restricción + juegos de coordinación nivel inicial: - 20' piano - 20' juego del camarero | | Al final de semana 3: - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 4 | | Restricción + juegos de motricidad fina y movilidad nivel inicial: - 20' juego de pétalos - 20' Atrapa los globos | | Al final de semana 4: - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 5 | | Restricción + juegos: - 10' Leapball - 10' Catch a Pet - 10' piano - 10' Atrapa los globos | | Al final de semana 5: - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 6 | | Restricción + juegos: - 10' juego del camarero - 10' Catch a Pet - 10' piano - 10' juego de los pétalos | | Al final de semana 6: - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 7 | | Restricción + juegos: - 10' juego del camarero - 10' atrapar los globos - 10' juego de los pétalos - 10' Leapball | | Al final de semana 7: - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |

Leyenda: ': minuto; AVD: actividades de la vida diaria; ROM: rango de movimiento

TRABAJO DE FÍN DE GRADO

Tabla 8: Propuesta de intervención (continuación)

| | FASE ADAPTATIVA | FASE DE ENTRENAMIENTO UNILATERAL | FASE DE ENTRENAMIENTO BILATERAL | VALORACIÓN |
|-------------------------|-----------------|--|---|---|
| SEMANA 8 | | Restricción + juegos: <ul style="list-style-type: none"> - 10' Leapball - 10' Catch a Pet - 10' juego de los pétalos - 10' atrapar los globos | | Al final de semana 8: <ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 9 | | Restricción + juegos: <ul style="list-style-type: none"> - 10' juego del camarero - 10' Catch a Pet - 10' piano - 10' Leapball | | Al final de semana 9: <ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 10 | | | Sin restricción durante juegos: <ul style="list-style-type: none"> - Juego de piano - Juego del camarero - Juego de los pétalos - Atrapar los globos | Al final de semana 10: <ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 11 | | | Sin restricción durante juegos: <ul style="list-style-type: none"> - Juego de piano - Juego del camarero - Juego de los pétalos - Atrapar los globos | Al final de semana 11: <ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor |
| SEMANA 12 | | | Sin restricción durante juegos: <ul style="list-style-type: none"> - Juego de piano - Juego del camarero - Juego de los pétalos - Atrapar los globos | Al final de semana 12: <ul style="list-style-type: none"> - Satisfacción y motivación - Adherencia al tratamiento - Dolor - Habilidades bimanuales - Realización AVD y autocuidado - ROM |
| 6 MESES Y 1 AÑO DESPUÉS | | | | <ul style="list-style-type: none"> - Habilidades bimanuales - Realización AVD y autocuidado - ROM - Motricidad fina - Fuerza |

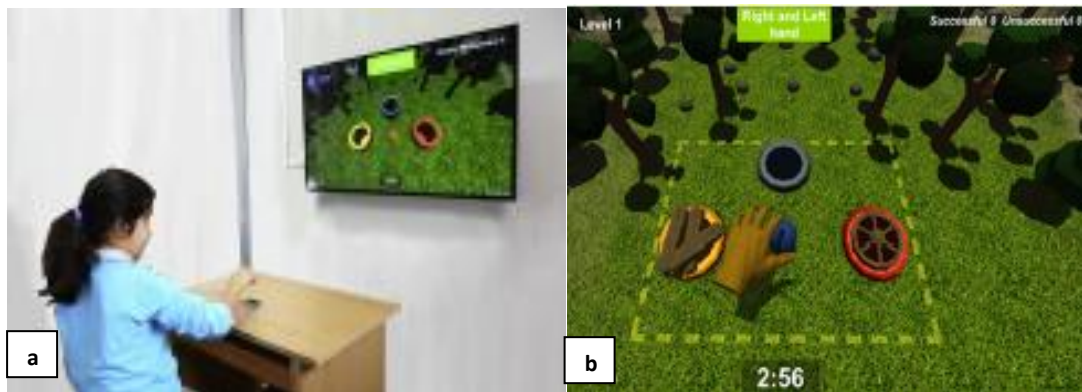
Leyenda: ': minuto; AVD: actividades de la vida diaria; ROM: rango de movimiento

La elección de juegos se ha realizado utilizando juegos empleados en estudios de Tarakci et al. (26), Avcil et al. (50), Wang et al. (51) y Fernández-González et al. (52).

1. **Leapball:** consiste en agarrar una pelota virtual con todos los dedos y lanzar la pelota en el cubo del mismo color. Cuantas más bolas logre alcanzar y lanzar en un tiempo determinado, más puntuación obtendrá. En la *Figura 5* se puede ver a un participante del estudio de Tarakci et al. (26) entrenando con este juego y lo que se ve en el monitor que tendrán los niños delante mientras juegan.

El objetivo de este juego es la mejora de la destreza manual y coordinación en la función de alcance y agarre, así como trabajo de movilidad de flexión y extensión de muñeca, fuerza muscular, aumento de velocidad para realizar la tarea y mejora del control motor.

La progresión del ejercicio se realizará aumentando la velocidad para completar el juego, aumentando el número de pelotas que tiene que lanzar a los cubos y cambiando el tamaño de las pelotas.



*Figura 5: a. Jugador de Leapball. Fuente: Tarakci et al. (26).
b. Pantalla de juego. Fuente: Avcil et al. (50)*

2. **Catch a Pet:** consiste en tocar los conejos que salen de unos agujeros mediante movimientos repetidos de flexión y extensión de muñeca. Los conejos salen de los agujeros al azar y cuánto más rápido consigan tocarlos más puntos obtendrán. En la *Figura 6* se puede observar un participante del estudio de Tarakci et al. (26) jugando a este juego y la pantalla del juego (50).

El objetivo de este juego es mejorar la movilidad de la muñeca en movimientos de flexión y extensión y del hombro mejorando la capacidad de alcance de objetos y fomentando un aumento de la velocidad en la realización de la tarea.

La progresión del juego se realizará mediante el aumento de velocidad, de número de repeticiones de la prueba y del número de agujeros por los que pueden salir los conejos.

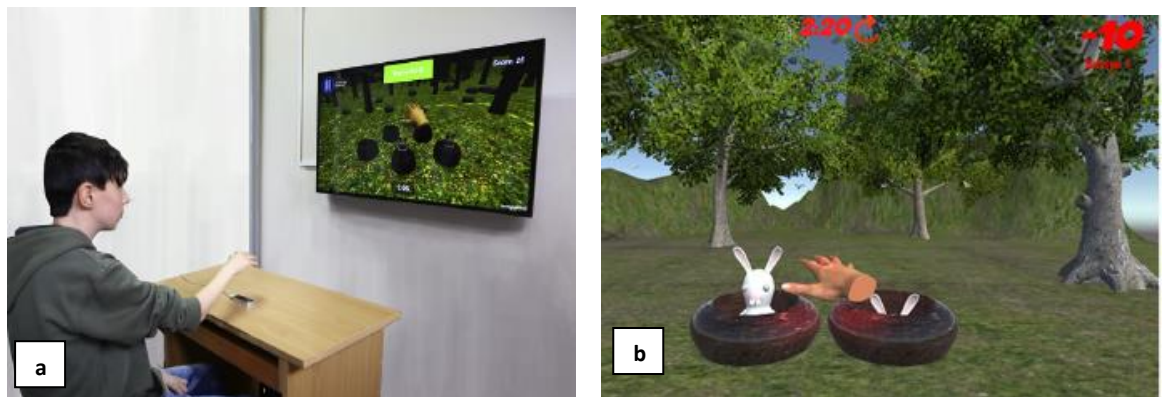


Figura 6: **a.** Jugador de CatchAPet. Fuente: Tarakci et al. (26).
b. Pantalla de juego. Fuente: Avcil et al. (50)

3. Juego de piano: este juego consiste en un teclado de piano virtual con 10 teclas. Cada tecla corresponde a un dedo de la mano. El jugador debe presionar la tecla iluminada en la pantalla. Cada tecla que se pulsa correctamente es un punto, por lo que puntuaciones más altas indicarán un mejor rendimiento y dominio del juego. En la *Figura 7* se puede observar la pantalla del juego obtenida del estudio de Fernández-González (52).

El objetivo de este juego es mejorar las habilidades motoras mediante el entrenamiento de la destreza y coordinación de los dedos aumentando así su movilidad.

La progresión será de manera que en las primeras fases se realice de forma unilateral con la mano no restringida, y se aumente la velocidad en la que tiene que tocar las teclas, incluso pulsando dos teclas a la vez para los que sea posible realizarlo. En la última fase se realizará de manera bilateral con las dos manos.



Figura 7: Pantalla de Juego de Piano. Fuente: Fernández-González et al. (57)

4. **Juego del camarero:** consiste en la simulación de una pequeña bandeja encima de la mano que deberá voltear realizando movimiento de pronación de antebrazo, es decir, girar la palma hacia el suelo, para hacer caer el cubo que se encuentra encima de la bandeja. Para volver a la posición inicial debe realizar de manera correcta una supinación de antebrazo. En la *Figura 8* se puede observar la pantalla de juego obtenida del estudio de Fernández-González (52).

El objetivo del juego es entrenar los movimientos de pronación y supinación del antebrazo, así como mejorar el control motor de la extremidad.

La progresión se realizará aumentando el número de repeticiones y realizándolo de manera bimanual en la última fase. Es decir, con una bandeja en cada mano.

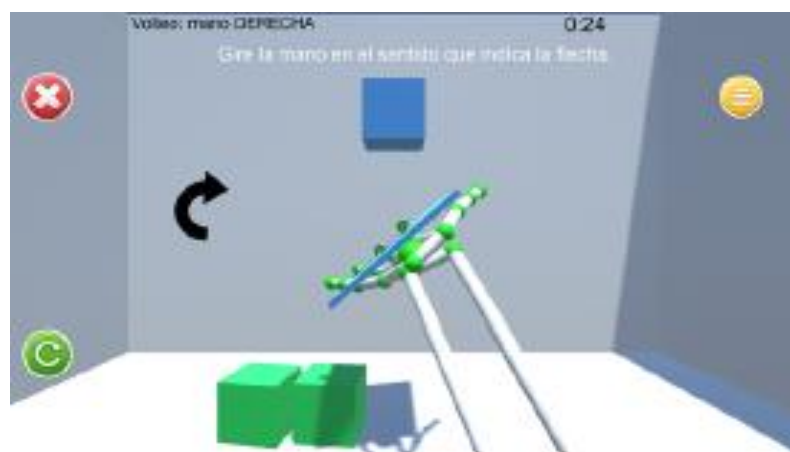


Figura 8: Pantalla de Juego del camarero. Fuente: Fernández-González et al. (52)

5. **Juego de los pétalos:** consiste en arrancar los pétalos de una flor mediante la realización de la pinza entre el índice y pulgar. El jugador tendrá que retirar todos los pétalos de la flor e intentar hacerlo en el menor tiempo posible. En la *Figura 9* se puede ver la pantalla del juego del estudio de Wang et al. (51). El objetivo es mejorar la motricidad fina y el uso de la pinza mejorando así la destreza manual y la coordinación de los dedos.

La progresión se realizará aumentando el número de pétalos de la flor y aumentando la velocidad de la realización. También se exigirá en la última fase que con una mano se sujete la flor y con la otra se arranquen los pétalos.



Figura 9: Pantalla de Juego de los pétalos. Fuente: Wang et al. (51)

6. **Atrapa los globos:** consiste en atrapar los globos que se encuentran volando por toda la pantalla evitando el contacto de la extremidad con la abeja que se encuentra también en la pantalla. En la *Figura 10* se puede ver la pantalla del juego del estudio de Wang et al. (51).

El objetivo de este juego es mejorar la movilidad de las articulaciones del hombro, codo y muñeca, además de mejorar la fuerza, el control motor y la velocidad de los movimientos.

La progresión se realizará aumentando el número de globos que atrapar y de abejas que evitar. En la última fase se realizará de manera bimanual.



Figura 10: Pantalla de Atrapa los globos. Fuente: Wang et al. (51)

8. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería agradecer a la tutora de este trabajo, María Navarro, por sus consejos y aportaciones sobre la rehabilitación infantil. También agradecer a Mitxelko por haberme ayudado a dar los últimos detalles a mi trabajo.

Además, debo dar las gracias a mi familia, por apoyarme siempre en cada una de las etapas de mi vida y por animarme a no tirar la toalla.

Por último, agradecer a mis compañeros de clase, por ayudarme a resolver mis dudas, por compartir con ellos las preocupaciones y alegrías durante la elaboración de este trabajo. En especial a David y a mis compañeras de piso, por haber estado en los momentos de frustración y por haber hecho que el camino hasta aquí haya sido más fácil.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Sadowska M, Sarecka-Hujar B, Kopyta I. Cerebral Palsy: Current Opinions on Definition, Epidemiology, Risk Factors, Classification and Treatment Options. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 12 de junio de 2020;16:1505-18.
2. Novak I, Morgan C, Adde L, Blackman J, Boyd RN, Brunstrom-Hernandez J, et al. Early, Accurate Diagnosis and Early Intervention in Cerebral Palsy: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA Pediatrics*. 1 de septiembre de 2017;171(9):897-907.
3. Levitt, Sophie. Tratamiento de la parálisis cerebral y del retraso motor. 5.^a ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. 352 p.
4. Novak I, Hines M, Goldsmith S, Barclay R. Clinical prognostic messages from a systematic review on cerebral palsy. *Pediatrics*. noviembre de 2012;130(5):e1285-1312.
5. Piscitelli D, Ferrarello F, Ugolini A, Verola S, Pellicciari L. Measurement properties of the Gross Motor Function Classification System, Gross Motor Function Classification System-Expanded & Revised, Manual Ability Classification System, and Communication Function Classification System in cerebral palsy: a systematic review with meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*. noviembre de 2021;63(11):1251-61.
6. Paulson A, Vargus-Adams J. Overview of Four Functional Classification Systems Commonly Used in Cerebral Palsy. *Children (Basel)*. 24 de abril de 2017;4(4):30.
7. García Ron A, González Toboso RM, Bote Gascón M, de Santos MT, Vecino R, Bodas Pinedo A. Nutritional status and prevalence of dysphagia in cerebral palsy: usefulness of the Eating and Drinking Ability Classification System scale and correlation with the degree of motor impairment according to the Gross Motor Function Classification System. *Neurologia (Engl Ed)*. 23 de noviembre de 2021;S2173-5808(21)00180-2.
8. Sellers D, Bryant E, Hunter A, Campbell V, Morris C. The Eating and Drinking Ability Classification System for cerebral palsy: A study of reliability and stability over time. *J Pediatr Rehabil Med*. 2019;12(2):123-31.
9. Visicato LP, da Costa CSN, Damasceno VAM, de Campos AC, Rocha NACF. Evaluation and characterization of manual reaching in children with cerebral palsy: A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*. 1 de enero de 2015;36:162-74.
10. Burgess A, Boyd RN, Chatfield MD, Ziviani J, Wotherspoon J, Sakzewski L. Hand function and self-care in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. mayo de 2021;63(5):576-83.

11. Wallen M, Stewart K. Upper limb function in everyday life of children with cerebral palsy: description and review of parent report measures. *Disabil Rehabil.* 2015;37(15):1353-61.
12. Black L, Gaebler-Spira D. Nonsurgical Treatment Options for Upper Limb Spasticity. *Hand Clinics.* 1 de noviembre de 2018;34(4):455-64.
13. Lukban MB, Rosales RL, Dressler D. Effectiveness of botulinum toxin A for upper and lower limb spasticity in children with cerebral palsy: a summary of evidence. *J Neural Transm (Vienna).* marzo de 2009;116(3):319-31.
14. Koman LA, Sarlikiotis T, Smith BP. Surgery of the Upper Extremity in Cerebral Palsy. *Orthopedic Clinics of North America.* 1 de octubre de 2010;41(4):519-29.
15. Wright PA, Durham S, Ewins DJ, Swain ID. Neuromuscular electrical stimulation for children with cerebral palsy: a review. *Arch Dis Child.* abril de 2012;97(4):364-71.
16. Alamer A, Melese H, Adugna B. Effectiveness of Action Observation Training on Upper Limb Motor Function in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Pediatric Health Med Ther.* 2020;11:335-46.
17. Masina N, Montero Mendoza S. Efectividad de la terapia bimanual intensiva en la motricidad gruesa y fina de niños con parálisis cerebral. Revisión sistemática. *Fisioterapia.* 1 de mayo de 2021;43(3):151-8.
18. Jamali AR, Amini M. The Effects of Constraint-Induced Movement Therapy on Functions of Cerebral Palsy Children. *Iran J Child Neurol.* 2018;12(4):16-27.
19. 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.* octubre de 2013;55(10):885-910.
20. Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 21 de febrero de 2020;20(2):3.
21. Sakzewski L, Gordon A, Eliasson AC. The state of the evidence for intensive upper limb therapy approaches for children with unilateral cerebral palsy. *J Child Neurol.* agosto de 2014;29(8):1077-90.
22. Fandim JV, Saragiotto BT, Porfírio GJM, Santana RF. Effectiveness of virtual reality in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review of randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy.* 1 de julio de 2021;25(4):369-86.

23. Bonnechère B, Jansen B, Omelina L, Van Sint Jan S. The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review. *Int J Rehabil Res.* diciembre de 2016;39(4):277-90.
24. Lopes S, Magalhães P, Pereira A, Martins J, Magalhães C, Chaleta E, et al. Games Used With Serious Purposes: A Systematic Review of Interventions in Patients With Cerebral Palsy. *Front Psychol.* 2018;9:1712.
25. Johansen T, Strøm V, Simic J, Rike PO. Effectiveness of training with motion-controlled commercial video games on hand and arm function in young people with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med.* 3 de diciembre de 2019;52(1):jrm00012.
26. Tarakci E, Arman N, Tarakci D, Kasapcopur O. Leap Motion Controller–based training for upper extremity rehabilitation in children and adolescents with physical disabilities: A randomized controlled trial. *Journal of Hand Therapy.* 1 de abril de 2020;33(2):220-228.e1.
27. Choi JY, Yi SH, Ao L, Tang X, Xu X, Shim D, et al. Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* abril de 2021;63(4):480-7.
28. Alwhaibi R, Alsakhawi R, ElKholi S. Effects of audiovisual feedback on eye-hand coordination in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities.* 1 de junio de 2020;101:103635.
29. El-Shamy SM. Effects of Antigravity Treadmill Training on Gait, Balance, and Fall Risk in Children With Diplegic Cerebral Palsy. *Am J Phys Med Rehabil.* noviembre de 2017;96(11):809-15.
30. 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.* octubre de 2014;28(10):1015-24.
31. Christmas PM, Sackley C, Feltham MG, Cummins C. A randomized controlled trial to compare two methods of constraint-induced movement therapy to improve functional ability in the affected upper limb in pre-school children with hemiplegic cerebral palsy: CATCH TRIAL. *Clin Rehabil.* julio de 2018;32(7):909-18.
32. Gelkop N, Burshtein DG, Lahav A, Brezner A, Al-Oraibi S, Ferre CL, et al. Efficacy of constraint-induced movement therapy and bimanual training in children with hemiplegic cerebral palsy in an educational setting. *Phys Occup Ther Pediatr.* febrero de 2015;35(1):24-39.
33. Deppe W, Thuemmler K, Fleischer J, Berger C, Meyer S, Wiedemann B. Modified constraint-induced movement therapy versus intensive bimanual training for children with hemiplegia - a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* octubre de 2013;27(10):909-20.

34. Dong VA, Fong KNK, Chen YF, Tseng SSW, Wong LMS. «Remind-to-move» treatment versus constraint-induced movement therapy for children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* febrero de 2017;59(2):160-7.
35. Geerdink Y, Aarts P, Geurts AC. Motor learning curve and long-term effectiveness of modified constraint-induced movement therapy in children with unilateral cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil.* marzo de 2013;34(3):923-31.
36. O'Donovan C, Greally P, Canny G, McNally P, Hussey J. Active video games as an exercise tool for children with cystic fibrosis. *J Cyst Fibros.* mayo de 2014;13(3):341-6.
37. Arman N, Tarakci E, Tarakci D, Kasapcopur O. Effects of Video Games-Based Task-Oriented Activity Training (Xbox 360 Kinect) on Activity Performance and Participation in Patients With Juvenile Idiopathic Arthritis: A Randomized Clinical Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* marzo de 2019;98(3):174-81.
38. Radwan NL, Ibrahim MM, Mahmoud WS. Effect of Wii-habilitation on spatiotemporal parameters and upper limb function post-burn in children. *Burns.* junio de 2021;47(4):828-37.
39. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev.* 20 de noviembre de 2017;11:CD008349.
40. Rocha LSO, Gama GCB, Rocha RSB, Rocha L de B, Dias CP, Santos LLS, et al. Constraint Induced Movement Therapy Increases Functionality and Quality of Life after Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* junio de 2021;30(6):105774.
41. Uswatte G, Taub E, Bowman MH, Delgado A, Bryson C, Morris DM, et al. Rehabilitation of stroke patients with plegic hands: Randomized controlled trial of expanded Constraint-Induced Movement therapy. *Restor Neurol Neurosci.* 2018;36(2):225-44.
42. Herskind A, Greisen G, Nielsen JB. Early identification and intervention in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* enero de 2015;57(1):29-36.
43. Mailleux L, De Beukelaer N, Carbone MB, Ortibus E. Early interventions in infants with unilateral cerebral palsy: A systematic review and narrative synthesis. *Research in Developmental Disabilities.* 1 de octubre de 2021;117:104058.
44. Löwing K, Bexelius A, Carlberg EB. Goal-directed functional therapy: a longitudinal study on gross motor function in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2010;32(11):908-16.

45. Löwing K, Bexelius A, Brogren Carlberg E. Activity focused and goal directed therapy for children with cerebral palsy--do goals make a difference? *Disabil Rehabil.* 2009;31(22):1808-16.
46. Beckers LWME, Geijen MME, Kleijnen J, A A Rameckers E, L A P Schnackers M, J E M Smeets R, et al. Feasibility and effectiveness of home-based therapy programmes for children with cerebral palsy: a systematic review. *BMJ Open.* 6 de octubre de 2020;10(10):e035454.
47. Chen HL, Lin SY, Yeh CF, Chen RY, Tang HH, Ruan SJ, et al. Development and Feasibility of a Kinect-Based Constraint-Induced Therapy Program in the Home Setting for Children With Unilateral Cerebral Palsy. *Front Bioeng Biotechnol.* 2021;9:755506.
48. Roberts H, Shierk A, Clegg NJ, Baldwin D, Smith L, Yeatts P, et al. Constraint Induced Movement Therapy Camp for Children with Hemiplegic Cerebral Palsy Augmented by Use of an Exoskeleton to Play Games in Virtual Reality. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2021;41(2):150-65.
49. Rostami HR, Arastoo AA, Nejad SJ, Mahany MK, Malamiri RA, Goharpey S. Effects of modified constraint-induced movement therapy in virtual environment on upper-limb function in children with spastic hemiparetic cerebral palsy: a randomised controlled trial. *NeuroRehabilitation.* 2012;31(4):357-65.
50. Avcil E, Tarakci D, Arman N, Tarakci E. Upper extremity rehabilitation using video games in cerebral palsy: a randomized clinical trial. *Acta Neurol Belg.* 1 de agosto de 2021;121(4):1053-60.
51. Wang ZR, Wang P, Xing L, Mei LP, Zhao J, Zhang T. Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. *Neural Regen Res.* noviembre de 2017;12(11):1823-31.
52. Fernández-González P, Carratalá-Tejada M, Monge-Pereira E, Collado-Vázquez S, Sánchez-Herrera Baeza P, Cuesta-Gómez A, et al. Leap motion controlled video game-based therapy for upper limb rehabilitation in patients with Parkinson's disease: a feasibility study. *J Neuroeng Rehabil.* 6 de noviembre de 2019;16(1):133.
53. Aguilera-Rubio Á, Alguacil-Diego IM, Mallo-López A, Cuesta-Gómez A. Use of the Leap Motion Controller® System in the Rehabilitation of the Upper Limb in Stroke. A Systematic Review. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* enero de 2022;31(1):106174.
54. Yildirim Y, Budak M, Tarakci D, Algun ZC. The Effect of Video-Based Games on Hand Functions and Cognitive Functions in Cerebral Palsy. *Games Health J.* junio de 2021;10(3):180-9.
55. Gauthier LV, Kane C, Borstad A, Strahl N, Uswatte G, Taub E, et al. Video Game Rehabilitation for Outpatient Stroke (VIGoROUS): protocol for a multi-center

- comparative effectiveness trial of in-home gamified constraint-induced movement therapy for rehabilitation of chronic upper extremity hemiparesis. *BMC Neurol.* 8 de junio de 2017;17(1):109.
56. Ji EK, Lee SH. Effects of virtual reality training with modified constraint-induced movement therapy on upper extremity function in acute stage stroke: a preliminary study. *J Phys Ther Sci.* noviembre de 2016;28(11):3168-72.
57. Takebayashi T, Amano S, Hanada K, Umeji A, Takahashi K, Koyama T, et al. Therapeutic synergism in the treatment of post-stroke arm paresis utilizing botulinum toxin, robotic therapy, and constraint-induced movement therapy. *PM R.* noviembre de 2014;6(11):1054-8.
58. Borstad AL, Crawfis R, Phillips K, Lowes LP, Maung D, McPherson R, et al. In-Home Delivery of Constraint-Induced Movement Therapy via Virtual Reality Gaming. *J Patient Cent Res Rev.* 2018;5(1):6-17.
59. Yagüe Sebastián MP, Yagüe Sebastián MM, Lekuona Amiano A, Sanz Rubio MC. Los videojuegos en el tratamiento fisioterápico de la parálisis cerebral. *Fisioterapia.* 1 de noviembre de 2016;38(6):295-302.
60. Vanbellingen T, Filius SJ, Nyffeler T, van Wegen EEH. Usability of Videogame-Based Dexterity Training in the Early Rehabilitation Phase of Stroke Patients: A Pilot Study. *Frontiers in Neurology [Internet].* 2017 [citado 17 de mayo de 2022];8. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00654>
61. Lawson SL, Hogg MM, Moore CG, Anderson WE, Osipoff PS, Runyon MS, et al. Pediatric Pain Assessment in the Emergency Department: Patient and Caregiver Agreement Using the Wong-Baker FACES and the Faces Pain Scale-Revised. *Pediatr Emerg Care.* 1 de diciembre de 2021;37(12):e950-4.
62. Wassenberg-Severijnen JE, Custers JWH, Hox JJ, Vermeer A, Helders PJM. Reliability of the Dutch Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI). *Clin Rehabil.* julio de 2003;17(4):457-62.

10. ANEXOS

Anexo I: Escala PEDro

Escala PEDro-Español

| | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|--------|
| 1. Los criterios de elección fueron especificados | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos) | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 3. La asignación fue oculta | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 5. Todos los sujetos fueron cegados | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar" | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |
| 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> | si <input type="checkbox"/> | donde: |

Anexo II: Escalas de medición utilizadas en la propuesta de intervención

- Jebson Taylor Hand Function Test (JTHFT): evalúa la función de la mano midiendo el tiempo que tarda en realizar 7 pruebas entre las que se encuentran (26,30,34):
 - Escribir una oración
 - Dar la vuelta a tarjetas de 7,6 x 12,7 cm
 - Recoger objetos y colocarlos en un recipiente
 - Apilar fichas
 - Alimentación simulada
 - Mover latas vacías grandes
 - Mover latas de gran peso



Figura 11: Material usado para la realización de JTHFT

- Melbourne Assessment of Unilateral Upper Limb Function-2 (MA-2): Herramienta de evaluación de la función motora de la extremidad superior unilateral de niños con disfunciones neurológicas como parálisis cerebral. La prueba consiste en 16 ítems en los que se evalúa la calidad unilateral del movimiento en las funciones de alcanzar, agarrar, soltar y manipular. Se suele registrar en video. Los ítems son los siguientes (27,33,35):
 - Alcance hacia adelante
 - Alcance hacia adelante a una posición elevada
 - Alcance desde lateral a una posición elevada
 - Agarrar un lápiz
 - Dibujar
 - Liberación de lápiz
 - Agarre de pelota
 - Liberación de pelota
 - Manipulación
 - Señalar
 - Alcance para cepillarse desde la frente hasta la parte posterior del cuello
 - Palma hacia abajo
 - Pronación/supinación
 - Transferencia mano a mano
 - Llegar al hombro opuesto
 - Mano a boca y abajo

- Assisting Hand Assessment (AHA): la prueba de evaluación de asistencia manual es una herramienta que mide la eficacia con la que se utiliza la mano afectada en niños de 18 meses a 12 años con trastornos unilaterales en las tareas bimanuales. Se valora su uso espontáneo y no su capacidad máxima evaluando el uso general, prensión y liberación, ajustes motrices finos, coordinación y ritmo. Se utiliza un kit de juguetes con los que se realiza una sesión de juego de aproximadamente 15 minutos. La sesión se graba en video y se puntúa posteriormente a la visualización del video (31–33,35).



Figura 12: Material usado para AHA

- Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI): Evalúa el estado funcional en tres apartados: autocuidado, movilidad y función social. Se utiliza en niños de 6 meses hasta 7,5 años (62).

| Domains | Functional Skills Scale | | Caregiver Assistance Scale Modifications Scale |
|-----------------|---|-----------------|---|
| | Subscales | Number of items | |
| Self care | Types of food textures | 4 | Eating |
| | Use of utensils | 5 | |
| | Use of drinking containers | 5 | |
| | Tooth brushing | 5 | Grooming |
| | Hair brushing | 4 | |
| | Nose care | 5 | |
| | Hand washing | 5 | Bathing |
| | Washing body and face | 5 | |
| | Pullover/front-opening garments | 5 | Dressing upper body |
| | Fasteners | 5 | |
| | Pants | 5 | Dressing lower body |
| | Shoes/socks | 5 | |
| | Toileting task | 5 | Toileting |
| | Management of bladder | 5 | Bladder Management |
| | Management of bowel | 5 | Bowel Management |
| Mobility | Toilet transfers | 5 | Chair and toilet transfers |
| | Chair/Wheelchair transfers | 5 | |
| | Car transfers | 5 | Car transfers |
| | Bed mobility/transfers | 4 | Bed mobility/transfers |
| | Tub transfers | 5 | Tub transfers |
| | Indoor locomotion methods | 3 | Indoor Locomotion |
| | Indoor locomotion – distance/speed | 5 | |
| | Indoor locomotion – pulls/carries objects | 5 | |
| | Outdoor locomotion methods | 2 | Outdoor Locomotion |
| | Outdoor locomotion – distance/speed | 5 | |
| | Outdoor surfaces | 5 | |
| | Up stairs | 5 | Stairs |
| | Down stairs | 5 | |
| Social function | Comprehension of word meanings | 5 | Functional comprehension |
| | Comprehension of sentence complexity | 5 | |
| | Functional use of communication | 5 | Functional expression |
| | Complexity of expressive communication | 5 | |
| | Problem-resolution | 5 | Joint problem-solving |
| | Social interactive play (adults) | 5 | |
| | Peer interactions (child of similar age) | 5 | Peer play |
| | Play with objects | 5 | |
| | Self information | 5 | |
| | Time orientation | 5 | |
| | Self protection | 5 | Safety |
| | Community function | 5 | |

- Escala de participación en rehabilitación de Pittsburgh: se valora con 6 puntos la participación del paciente en función de las observaciones de los terapeutas. A continuación, se explica la puntuación (60):
 1. **Ninguna:** el paciente rechazó toda la sesión o no participó en ningún ejercicio de la sesión.
 2. **Pobre:** el paciente se negó o no participó en al menos la mitad de la sesión.
 3. **Regular:** el paciente participó en la mayoría o en todos los ejercicios, pero no mostró un esfuerzo máximo ni terminó la mayoría de los ejercicios, o requirió mucho estímulo para terminar los ejercicios
 4. **Buena:** el paciente participó en todos los ejercicios con un buen esfuerzo y terminó la mayoría, pero no todos los ejercicios y siguió las instrucciones de forma pasiva (en lugar de interesarse activamente en los ejercicios y en la terapia futura).
 5. **Muy buena:** el paciente participó en todos los ejercicios con el máximo esfuerzo y terminó todos los ejercicios, pero siguió las instrucciones de forma pasiva (en lugar de interesarse activamente en los ejercicios y en la terapia futura).
 6. **Excelente:** el paciente participó en todos los ejercicios con el máximo esfuerzo, terminó todos los ejercicios y se interesó activamente en los ejercicios y/o futuras sesiones de terapia.

PARTICIPATION:

| Session Number | Date | Therapist Initials | None | Poor | Fair | Good | Very good | Excellent |
|----------------|------|--------------------|------|------|------|------|-----------|-----------|
| 1 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

NOTE. Available as an electronic file from the corresponding author by request.

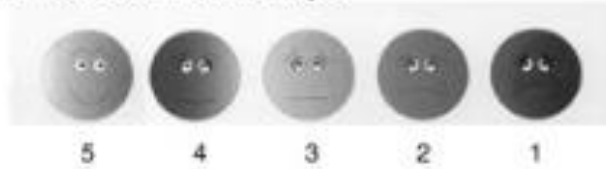
*This version is specifically for PT. For the OT form, "exercises" should be replaced by "activities."

- Escala de Satisfacción de las sesiones de Fisioterapia (59)

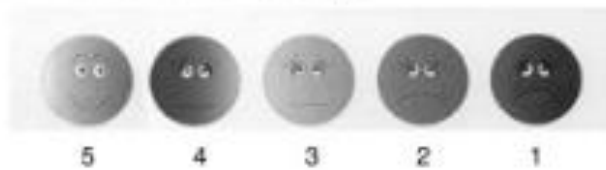
Nombre del alumno;
Fecha:

Cpeip miraflores
servicio de fisioterapia.

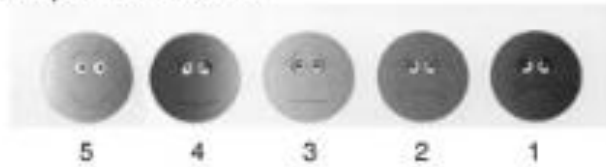
1.- Me apetece venir a mis sesiones de fisioterapia



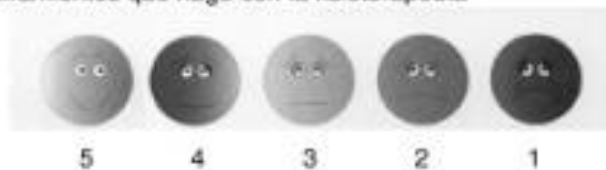
2.- No quiero que se termine la sesión de fisioterapia



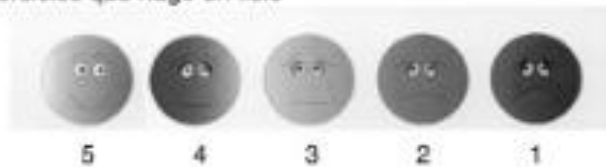
3.- Presto atención a lo que me dice la fisio



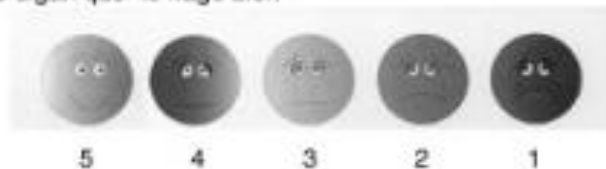
4.- Me gustan los esiramientos que hago con la fisioterapeuta



5.- Me gustan los ejercicios que hago en fisio



6.- Me gusta que me digan que "lo hago bien"



7.- Después de las sesiones me siento



- Rango de movimiento: mediante goniómetro. Se medirá cuando llegue a su movilidad máxima.
 - *Flexión y extensión de hombro:* el niño se colocará sentado y el fisioterapeuta deberá colocar el eje del goniómetro en la cara lateral de la cabeza humeral, el brazo fijo alineado con la línea medio axilar y el brazo móvil alineado con la línea longitudinal del húmero.
 - *Abducción-aducción de hombro:* el niño se colocará en decúbito supino. El fisioterapeuta colocará el eje en acromion, el brazo fijo alineado con la línea medio axilar, paralelo al esternón y el brazo móvil alineado con la línea media longitudinal del húmero.
 - *Rotaciones:* el niño en decúbito supino con el hombro en 90º de abducción, 90º de flexión de codo y antebrazo y muñeca en posición neutra. El eje se colocará sobre olécranon alineado con el acromion, el brazo fijo alineado con la vertical perpendicular al suelo y el brazo móvil alineado con la línea media longitudinal del cúbito.
 - *Flexión y extensión de codo:* niño en decúbito sentado con el brazo en posición neutra. El eje se colocará en epicóndilo lateral del húmero, el brazo fijo paralelo al eje longitudinal del húmero y el brazo móvil alineado con el eje longitudinal del radio. Para la valoración de la extensión se valorará la vuelta a la posición inicial.
 - *Prono-supinación de antebrazo:* el niño sentado con flexión de codo de 90º y brazo pegado al cuerpo en posición neutra de prono-supinación. El eje se situará en la punta del tercer dedo, el brazo fijo paralelo al eje longitudinal del húmero y el brazo móvil alineado con la línea imaginaria que une la punta de los dedos.
 - *Flexión y extensión de muñeca:* el niño en sedestación con el brazo en pronación y la mano fuera de la camilla o de la mesa. El eje se situará a nivel de la estiloides cubital, el brazo fijo alineado con el cúbito y el brazo móvil alineado con la diáfisis del quinto metacarpiano.

- Escala de medición de dolor de Wong Baker (61)



Anexo III: Consentimiento informado

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO GENERAL

El/la Paciente D/D^a..... natural de.....

Con domicilio en.....

Ciudad..... Provincia.....

Con edad de..... Y DNI....., menor de edad y bajo firmante, ha sido informado detalladamente sobre "La terapia de movimiento inducido por restricción y terapia basada en videojuegos y realidad virtual en el tratamiento de la extremidad superior en niños y adolescentes con parálisis cerebral", recibiendo información sobre la hipótesis, objetivos, lugar donde se hará la investigación y los beneficios que se esperan obtener tras la finalización del proyecto.

El tratamiento al que va a ser sometido, terapia de movimiento inducido por restricción, es una terapia en la que se restringe la extremidad menos afectada para fomentar el uso de la mano contraria y aumentar su funcionalidad. Se combina con la práctica de tareas de motricidad fina y de agarre con la mano a través del juego mediante un dispositivo que capta los movimientos reales que realiza el jugador y crea una representación virtual de la mano en la pantalla. Esto aporta retroalimentación visual y auditiva aumentando la motivación y diversión durante la sesión de tratamiento.

Se ha informado sobre los posibles riesgos y efectos secundarios inherentes al mencionado y explicado tratamiento, y que son los siguientes: molestias oculares y riesgo de ataques de epilepsia durante la intervención con videojuegos, molestias, roces, enrojecimiento e incomodidad debido a la restricción

Todo ello tal y como preceptúa la actual Ley 41/2002, de Autonomía del Paciente, por lo cual, entiende y acepta los anteriores puntos por lo que firma el presente consentimiento informado.

En la fecha..... de..... del año 20.....

Profesional sanitario responsable

El/la paciente