



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

Facultad de Enfermería y Fisioterapia

GRADO EN FISIOTERAPIA

Trabajo Fin de Grado

Revisión Sistemática

**“EVIDENCIA DE LA IMAGINERÍA MOTORA
EN EL TRATAMIENTO DE LA PARÁLISIS
CEREBRAL INFANTIL”**

**"EVIDENCE OF MOTOR IMAGERY IN THE TREATMENT OF
CEREBRAL PALSY"**

Autora: Enya Melero Prida

Tutora: Rocío Llamas Ramos

Salamanca. Junio 2023

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	2
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
3.1. PARÁLISIS CEREBRAL (PC).....	4
3.1.1. PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL (PCI).....	4
3.1.1.a. Etiología y Clasificación.....	4
3.1.1.b. Características Clínicas.....	5
3.1.1.c. Intervención Fisioterápica.....	5
3.2. IMAGINERÍA MOTORA (IM).....	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	7
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS.....	7
6. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	8
7. DISCUSIÓN.....	17
8. CONCLUSIÓN.....	21
9. BIBLIOGRAFÍA.....	22
10. ANEXOS.....	25

1. RESUMEN

Introducción: La parálisis cerebral infantil (PCI) es un trastorno neurológico que sucede durante el desarrollo del niño y afecta a distintas esferas de su actividad, pero en especial al movimiento. Su etiología es variada y sus manifestaciones difusas. Debido a esa afectación predominantemente motora, la fisioterapia juega un papel fundamental en la rehabilitación de estos niños, pudiendo utilizar una gran variedad de técnicas entre las que se incluye la imaginería motora (IM), un procedimiento innovador que se basa en el entrenamiento de la evocación mental de acciones para mejorar su ejecución física.

Objetivos: Revisar la evidencia científica disponible acerca de la utilidad de la imaginería motora en la rehabilitación de la parálisis cerebral infantil.

Metodología: Se realizó una búsqueda bibliográfica en tres bases de datos (PubMed, SCOPUS y Web of Science) combinando diferentes palabras clave relacionadas con la enfermedad y el tratamiento fisioterápico propuesto.

Síntesis y análisis de los resultados: Se seleccionaron 6 estudios que evaluaron un total de 339 sujetos. Estos artículos evalúan principalmente la capacidad de los niños con PC para hacer uso de IM y poder beneficiarse de ella para su rehabilitación. Para ello, algunos estudios compararon los sujetos PC con niños con desarrollo típico y otros estudiaron las diferencias entre PC unilateral derecha e izquierda.

Conclusión: La evidencia actual es insuficiente y poco específica, por lo que se proponen nuevas líneas de investigación; no obstante, la imaginería motora parece una herramienta prometedora en la rehabilitación de la parálisis cerebral infantil, siempre y cuando se tenga en cuenta la individualidad de cada caso.

Palabras clave: “parálisis cerebral”, “imaginería motora”, “práctica mental”, “tratamiento” y “fisioterapia”.

2. ABSTRACT

Introduction: Cerebral palsy (CP) is a neurological disorder that occurs during child's development and affects different spheres of their activity, especially movement. Etiology is varied and the manifestations are diffuse. Due to this predominantly motor affectation, physiotherapy is essential in the rehabilitation of these children, being able to use a great variety of techniques including motor imagery (MI), an innovative method based on training mental evocation of actions to improve their physical execution.

Objectives: To review the available scientific evidence about the usefulness of motor imagery in cerebral palsy's rehabilitation.

Methodology: A literature search was performed in three databases (PubMed, SCOPUS and Web of Science) combining different key words related with the disease and the proposed physiotherapy treatment.

Summary and analysis of results: Six studies evaluating a total of 339 subjects have been selected. These articles mainly assessed the ability of children with CP to use MI and to benefit from it to their rehabilitation. To do this, some studies compared CP subjects with typically developing children and others studied differences between right and left unilateral CP.

Conclusion: The current evidence is insufficient and not very specific, so new lines of research are proposed; despite that, motor imagery seems a promising tool in cerebral palsy's rehabilitation, as long as the individuality of each case is taken into account.

Key words: "cerebral palsy", "motor imagery", "mental practice", "treatment" and "physiotherapy".

3. INTRODUCCIÓN

3.1. PARÁLISIS CEREBRAL (PC)

Clásicamente la parálisis cerebral se definió como un trastorno del movimiento causado por una lesión cerebral no progresiva (1); sin embargo, actualmente se sabe que esta lesión del cerebro en desarrollo no afecta únicamente al movimiento, sino que también se ven alteradas las habilidades motoras, la postura y el tono muscular. Además de influir sobre la esfera motora, suele presentarse junto a afecciones cognitivas y funcionales siendo, en definitiva, un trastorno que afecta al desarrollo neurológico del niño (2).

3.1.1 PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL

La Parálisis Cerebral Infantil (PCI) es una lesión causada en el cerebro inmaduro, por lo que los signos que preceden a esta pueden observarse en el niño desde edades muy tempranas, aunque el diagnóstico definitivo, con características clínicas claras, se realiza en torno a los 3-5 años (2).

Constituye una de las discapacidades más comunes en la infancia, siendo su prevalencia de unos 3 casos por cada 1000 nacimientos, de los cuales, la mitad se produce en recién nacidos a término (3).

a) Etiología y Clasificación

La lesión puede producirse en el periodo prenatal, perinatal o posnatal, siendo en torno a un 80% adquiridas desde el nacimiento y de causa desconocida (3). Las causas de la PCI en los diferentes momentos relacionados con el nacimiento del niño han sido muy investigados. Concretamente antes del parto, las principales causas son malformaciones congénitas, además de trastornos vasculares o infecciosos de la madre en las últimas semanas de embarazo; en el momento del parto, la principal causa es la anoxia cerebral producida por un parto complicado en el que algún acontecimiento detiene el aporte de oxígeno al cerebro del neonato (partos instrumentales mayoritariamente); por último, aunque mucho menos común, alrededor de un 10% de los casos de PCI se producen por infecciones adquiridas en los primeros días de vida, después del parto (4).

La PCI es una afectación difusa, cada paciente experimenta una presentación diferente, por lo que la literatura refleja cierta controversia sobre si se debe o no

realizar una clasificación sistematizada; no obstante, varios autores proponen distintas clasificaciones atendiendo a diversos criterios. La clasificación más utilizada se realiza según los siguientes criterios: la región anatómica afectada (hemipléjica, dipléjica, tetrapléjica, tripléjica o monopléjica), la alteración del tono muscular (espástica, atáxica o distónica) o según el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS). Esta escala de clasificación de la función motora es la más utilizada en esta enfermedad, y recoge 5 niveles distintos según la afectación (*Anexo 1*) (5).

b) Características Clínicas

Las manifestaciones clínicas de la PCI dependen del tipo de alteración del movimiento, de la discapacidad y limitación funcional y de la afectación anatómica. El aspecto común a todos los casos es una aparición temprana de los primeros signos del trastorno, que se suele extender hasta la edad adulta (3).

Los principales hallazgos clínicos son de tipo motor y dependen mucho de la localización de la lesión en el sistema nervioso, entre ellos se encuentra la alteración en la planificación, coordinación y aprendizaje del movimiento, alteraciones en la fuerza y el tono, espasticidad, distonía, deformidades musculoesqueléticas... No obstante, podemos encontrar otras alteraciones sensoriales, cognitivas y del lenguaje. (6).

El diagnóstico definitivo de la PCI se realiza mediante la observación del desarrollo y de la clínica del niño, además de los antecedentes genéticos; sin embargo, hay una serie de signos más tempranos que pueden hacer pensar en este diagnóstico, como por ejemplo el retraso en el desarrollo motor o alteraciones del tono y la postura (7). Se suelen realizar pruebas adicionales para confirmar: evaluación de los reflejos infantiles (el reflejo tipo Moro es el que más información proporciona), pruebas de laboratorio y pruebas de imagen (3).

c) Intervención Fisioterápica

La fisioterapia juega un papel fundamental en el tratamiento de la PCI, siendo imprescindible en la recuperación de las alteraciones motoras. De esta manera, se realizan intervenciones muy variadas en función de cómo se manifieste la enfermedad en cada paciente para el tratamiento de la espasticidad o de la distonía, para el tratamiento específico de la hemiplejía con terapias de movimiento inducido

por restricción (CIMT), para la reeducación de la marcha, la reeducación funcional... La rehabilitación neurológica y el ejercicio físico, junto al tratamiento convencional de las alteraciones musculares, son el pilar fundamental de la fisioterapia en la rehabilitación de la PCI. En la actualidad, son cada vez más las terapias innovadoras en este campo, tales como la reeducación robótica del movimiento, la realidad virtual o la imaginación motora (7).

3.2. IMAGINERÍA MOTORA

La imaginación motora consiste en la evocación mental del movimiento sin la ejecución externa del mismo, es decir, consiste en imaginar un movimiento sin llegar a realizarlo. Se han publicado estudios que demuestran similitudes en la secuencia de activación neuronal llevada a cabo cuando se simula mentalmente un movimiento y cuando se ejecuta, constituyendo este hecho la base de la terapia. La representación mental de un acto motor puede sustituir la ejecución de dicho acto a nivel neuronal (8).

Estudios de neuroimagen demuestran las áreas cerebrales activadas cuando se lleva a cabo la representación mental de un movimiento: la corteza parietal juega un papel fundamental; además de la activación de áreas subcorticales, lo que pone de manifiesto la excitabilidad de interneuronas presinápticas independientemente de la de las motoneuronas alfa, que no se activan (9).

Los tipos de imaginación motora se pueden clasificar según dos criterios: el modo de activación o la perspectiva de evocación. Según cómo se active ese movimiento puede dividirse en: modo cinestésico (el individuo se imagina la sensación del movimiento) o modo visual (visualiza mentalmente el movimiento). En cuanto a la perspectiva se puede encontrar: una interna o implícita, en la que el sujeto se imagina realizando el movimiento él mismo, en primera persona; o una externa o explícita, en la que el paciente se imagina a otra persona realizándolo, siendo un observador externo (8). Otros autores realizan tan solo una clasificación conjunta debido a las similitudes entre ambos criterios: imaginación motora cinestésica interna o imaginación motora visual externa (9).

Teniendo en cuenta la prevalencia y limitaciones que la PCI genera en la población que la padece, se hace necesaria la búsqueda de tratamientos efectivos que disminuyan dichas limitaciones y doten al niño de la mayor autonomía y calidad de vida posibles.

Por ello, se propone la presente revisión sistemática para conocer la mejor evidencia sobre el tratamiento de la PCI desde la fisioterapia, en concreto el tratamiento con imaginería motora (técnica novedosa y en evolución) con el fin de comprobar si los pacientes con PCI tienen la capacidad de utilizar dicha terapia para su rehabilitación y conocer las indicaciones de la misma en esta enfermedad.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal ha sido sintetizar la evidencia científica existente acerca del tratamiento de la PCI mediante imaginería motora.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demostrar la efectividad de esta terapia en el tratamiento de la parálisis cerebral infantil.
- Comprobar si los niños con PCI tienen la capacidad de evocación mental que les permita utilizar la IM en su tratamiento.
- Comprobar qué hemicuerpo y hemisferio afectados responden mejor a este tratamiento en la afectación unilateral de la PCI.

5. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en enero de 2023 en diferentes bases de datos sanitarias: PubMed, SCOPUS y Web of Science.

La búsqueda fue dirigida a artículos en los que se compruebe la posibilidad de utilizar la imaginería motora en el tratamiento de la PCI y la efectividad de la misma. Para llevarla a cabo se usaron diferentes combinaciones de las palabras clave “**motor imagery**”, “**locomotor imagery**”, “**mental practice**” y “**cerebral palsy**” mediante los operadores booleanos “**AND**” y “**OR**”, como se muestra en la *tabla 1*.

Tabla 1: Algoritmos de búsqueda en las bases de datos.

Base de Datos	Caja de Búsqueda
PubMed	((("motor"[All Fields] OR "motor s"[All Fields] OR "motoric"[All Fields] OR "motorically"[All Fields] OR "motorics"[All Fields] OR "motoring"[All Fields] OR "motorisation"[All Fields] OR "motorised"[All Fields] OR "motorization"[All Fields] OR "motorized"[All Fields] OR "motors"[All Fields]) AND ("imageries"[All Fields] OR "imagery, psychotherapy"[MeSH Terms] OR ("imagery"[All Fields] AND "psychotherapy"[All Fields]) OR "psychotherapy imagery"[All Fields] OR "imagery"[All Fields])) OR (("locomotor"[All Fields] OR "locomotors"[All Fields]) AND ("imageries"[All Fields] OR "imagery, psychotherapy"[MeSH Terms] OR ("imagery"[All Fields] AND "psychotherapy"[All Fields]) OR "psychotherapy imagery"[All Fields] OR "imagery"[All Fields]))) AND ("cerebral palsy"[MeSH Terms] OR ("cerebral"[All Fields] AND "palsy"[All Fields]) OR "cerebral palsy"[All Fields])
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY (motor AND imagery) OR TITLE-ABS-KEY (mental AND practice) OR TITLE-ABS-KEY (locomotor AND imagery) AND TITLE-ABS-KEY (cerebral AND palsy))
Web of Science	((motor imagery (Topic) AND cerebral palsy (Topic))

A continuación, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión a los artículos resultantes de dicha búsqueda para obtener la selección definitiva. Los criterios fueron los siguientes:

- Criterios de Inclusión:
 - Estudios publicados en los últimos 10 años (2013-2023).
 - Estudios con libre acceso al texto completo.
 - Estudios cuya muestra sean niños y adolescentes entre 2 y 20 años.
 - Estudios publicados en inglés o en español.
- Criterios de Exclusión:
 - Estudios sin libre acceso al texto completo.
 - Estudios en los que los participantes de la muestra presenten alteraciones cognitivas o sensoriales graves.
 - Estudios cuya muestra sean adultos.

6. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La selección de los estudios se realizó en base al siguiente diagrama de flujo Prisma (*Figura 1*). Inicialmente, se encontraron 218 artículos procedentes de 3 bases de datos diferentes y, tras eliminar los duplicados, el número se redujo a 146. Posteriormente, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, quedando un total de 67 artículos.

Finalmente, se descartaron 61 artículos por título, resumen y lectura completa, seleccionando una cifra final de 6 estudios para su revisión.

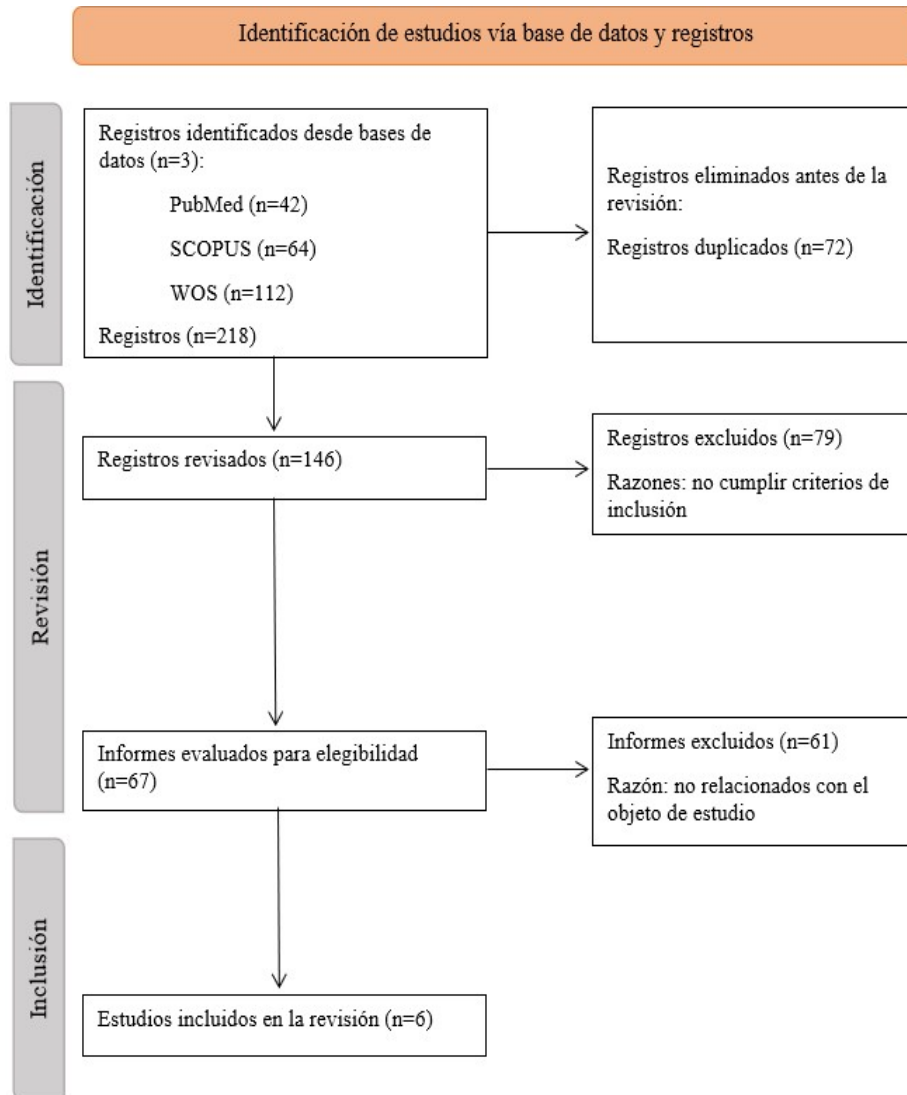


Figura 1: Diagrama de flujo Prisma para la selección de los estudios.

Se han elaborado 3 tablas para recoger e interpretar los datos recogidos en los artículos. La Tabla 2 recoge información descriptiva acerca de los artículos: título, autores, año de publicación, revista en la que fue publicado, el país y el idioma. En la Tabla 3 se incluye información sobre el contenido de los artículos: tipo de estudio, tamaño de la muestra, los grupos y las intervenciones que se realizan en cada uno. Por último, la Tabla 4 recoge información sobre la patología de la que trata el artículo, la variable que se mide, el instrumento de medición, el momento en el que se realizan las mediciones y los resultados obtenidos.

Tabla 2: Características de los artículos incluidos en la revisión.

ID artículo	Autores	Título	Año	Revista	País	Idioma
2020, O Souto (10)	O Souto D, Cruz T KF , Fontes P LB , Haase VG	Motor imagery in children with unilateral cerebral palsy: a case-control study	2020	Developmental medicine and child neurology	Brasil	Inglés
2019, Errante (11)	Errante A, Bozzetti F, Sghedoni S, Bressi B, Costi S, Crisi G, et al.	Explicit motor imagery for gasping actions in children with unilateral cerebral palsy	2019	Frontiers in neurology	Italia	Inglés
2021, Xie (12)	Xie J, Jiang L, Li Y, Chen B, Li F, Jiang Y, et al.	Rehabilitation of motor function in children with cerebral palsy based on motor imagery	2021	Cognitive neurodynamics	China	Inglés
2014, Chinier (13)	Chinier E, N'Guyen S, Lignon G, Minassian AT, Richard I, Dinomais M	Effect of motor imagery in children with unilateral cerebral palsy: fMRI study	2014	PloS one	Francia	Inglés
2015, Jongsma (14)	Jongsma M LA, Baas CM, Sangen A FM, Aarts P BM, Lubbe R HJ, et al.	Children with unilateral cerebral palsy show diminished implicit motor imagery with the affected hand	2015	Developmental medicine and child neurology	Alemania	Inglés
2022, Galli (15)	Galli J, Garofalo G, Brunetti S, Loi E, Portesi M, Pelizzari G, et al.	Children with cerebral palsy can imagine actions like their normally developed peers	2022	Frontiers in neurology	Italia	Inglés

Tabla 3: Síntesis y análisis de los resultados: muestras e intervención.

ID artículo	Muestra	Rango de edades	Grupos	Grupo 1	Grupo 2
2020, O Souto (10)	232 sujetos	6-14 años	Grupo 1 (n=57): Casos (diagnóstico de PC derecha o izquierda (subgrupos)) Grupo 2 (n=175): Controles (desarrollo típico)	CASOS (PC) Tarea de IM con versión modificada de la tarea HLJ: se mostraron imágenes de manos en distintas posiciones y debían discriminar si eran derechas. o izquierdas. A los niños con PC se les indicó que contestaran con el dedo índice y medio de la mano menos afecta. El experimento real duró 15 minutos. Valoración en sesiones individuales de 60 minutos.	CONTROLES (DT) Tarea de IM con versión modificada de la tarea HLJ: se mostraron imágenes de manos en distintas posiciones y debían discriminar si eran derechas. o izquierdas. El experimento real duró 15 minutos. Valoración en sesiones individuales de 60 minutos.
2019, Errante (11)	22 sujetos	9-14 años	Grupo 1 (n=10): diagnóstico de PC Grupo 2 (n=12): desarrollo típico	PC Tarea de cronometría mental para acciones de alcance y agarre mediante IM. La mano de ejecución es la menos afecta. 30 intentos divididos en bloques.	DT Tarea de cronometría mental para acciones de alcance y agarre mediante IM. La mano de ejecución es la dominante. 30 intentos divididos en bloques.
2021, Xie (12)	18 sujetos	8-12 años	Grupo 1 (n =10): protocolo corto plazo Grupo 2 (n=8): protocolo largo plazo	Grupo 1: Protocolo Corto Plazo Registro de IM en EEG cada 2 días en un periodo total de 12 días. Tareas domiciliarias diarias de IM durante 30 minutos (4 carreras con tarea de IM para MMII con descanso de 10 minutos entre ellas. 20 intentos por extremidad). Al final del periodo de rehabilitación volvieron a analizar datos EEG.	Grupo2: Protocolo Largo Plazo Registro de IM en EEG cada 10 días en un periodo total de 60 días. Tareas domiciliarias diarias de IM durante 30 minutos (4 carreras con tarea de IM para MMII con descanso de 10 minutos entre ellas. 20 intentos por extremidad) Al final del periodo de rehabilitación volvieron a analizar datos EEG.

2014, Chinier (13)	20 sujetos	12-20 años	Grupo único: diagnóstico PC derecha o izquierda	Tarea de IM para la mano con metrónomo. 6 intentos de 21 segundos por sesión. 2 sesiones funcionales (mano parética/mano no parética). Se recogen datos por fMRI.	
2015, Jongsma (14)	23 sujetos	2-10 años	Grupo 1 (n=10): diagnóstico PC Grupo 2 (n=13): desarrollo típico	PC Medición de la precisión y tiempo de respuesta mediante la tarea HLJ. Se les pidió que valoraran la lateralidad de la mano. Se midieron los resultados mediante EEG; para los niños con PC derecha se cambió la disposición de los electrodos. 95 ensayos. El experimento duró 15 minutos.	DT Medición de la precisión y tiempo de respuesta mediante la tarea HLJ. Se les pidió que valoraran la lateralidad de la mano. Se midieron los resultados mediante EEG. 95 ensayos. El experimento duró 15 minutos.
2022, Galli (15)	24 sujetos	7-12 años	Grupo 1 (n=12): Casos (diagnóstico de PC) Grupo 2 (n=12): Controles (desarrollo típico)	CASOS (PC) Tarea de IM sobre acciones cotidianas mostradas en un videoclip breve (4 segundos de estímulo visual). Fase de entrenamiento previa (10 ensayos). Se realizaron un total de 160 ensayos combinando 8 acciones cotidianas.	CONTROLES (DT) Tarea de IM sobre acciones cotidianas mostradas en un videoclip breve (4 segundos de estímulo visual). Fase de entrenamiento previa (10 ensayos). Se realizaron un total de 160 ensayos combinando 8 acciones cotidianas.

Glosario de abreviaturas. Tabla 3: HLJ (Juicio de Lateralidad de la Mano); DT (Desarrollo Típico); EEG (Electroencefalograma); fMRI (Resonancia Magnética Funcional); MMII (Miembros Inferiores).

Tabla 4: Síntesis y análisis de los resultados: mediciones y resultados.

ID Artículo	Grupos	Variables	Herramientas	Mediciones	Resultados
2020, O Souto (10)	PCUD PCUI DT	<u>Mediciones previas:</u> inteligencia, orientación derecha-izquierda, memoria de trabajo y rendimiento funcional. <u>Mediciones del estudio:</u> Tarea de IM: tiempo de reacción y precisión.	MPCR, EINW-IV, subtests de vocabulario y diseño de bloques, TOD-I, TCCi, AHA y versión modificada HLJ	Las mediciones previas se llevaron a cabo antes de realizar la tarea IM; el tiempo de reacción y la precisión se midieron al finalizarla.	El rendimiento funcional y la memoria de trabajo influyen en el desempeño de la tarea de IM. Tanto para PC como para DT el tiempo de reacción es mayor para orientaciones laterales que mediales. El grupo PC sí puede realizar tareas de IM pero su capacidad (según tiempo de reacción y precisión) es inferior al grupo DT.
2019, Errante (11)	PCU DT	<u>Mediciones previas:</u> CI, déficits motores, capacidad para actividades manuales. <u>Mediciones del estudio:</u> relación duración-rendimiento de la tarea de cronometría mental.	EINW-IV, HFC, MACS y fMRI.	La evaluación clínica se llevó a cabo antes de la tarea de cronometría mental; el estudio fMRI durante la misma.	El grupo PC muestra correlación entre el tiempo de ejecución del movimiento real y el imaginado, pero lo hacen más lento que el grupo DT. En el grupo PC se observa mayor rapidez con la mano preferida. El estudio fMRI muestra activación de áreas cerebrales relacionadas con la IM explícita en ambos grupos (<i>Anexo 2</i>) y mayor afectación del hemisferio izquierdo en niños con PC.
2021, Xie (12)	PC	Capacidad de entrenamiento y rehabilitación mediante dos protocolos de IM.	Estudio de EEG.	El último día de cada sesión de rehabilitación se recogieron los datos EEG.	El entrenamiento motor mejoró el procesamiento cognitivo. El protocolo a largo plazo permitió evaluar los efectos del entrenamiento y mostró mayor eficacia. En EEG, ambos protocolos consiguieron una mejor eficiencia cerebral al procesar el acto motor y mejor actividad interregional.

2014, Chinier (13)	PCUD PCUI	<u>Mediciones previas:</u> capacidad para actividades bimanuales y actividad de la mano parética. <u>Mediciones del estudio:</u> actividad cerebral durante tarea IM.	BFMF, tarea oposición secuencial de dedos y fMRI.	Las capacidades motoras se evaluaron antes de la prueba y la fMRI se realizó durante la misma.	IM activó grandes grupos cerebrales bilaterales. El lado de la lesión fue crucial, mientras que el de la mano imaginada tuvo influencia más débil: pacientes con afectación del hemisferio izquierdo activaron menos regiones que los que la tenían en el derecho (también fue mayor la activación al imaginar la mano no parética).
2015, Jongsmá (14)	PCU DT	Tiempos de reacción, decisiones de lateralidad y estímulos cerebrales relacionados con la precisión y el porcentaje de error.	Tarea HLJ y EEG.	Ambas pruebas se realizaron durante el desarrollo de la tarea de IM.	Los tiempos de reacción no difirieron mucho entre ambos grupos y fueron mayores cuando la mano se veía en una posición lateral y palmar (menor familiarización). En el grupo PC se observó mayor precisión al realizar la tarea con la mano afecta, por eso se creyó que este grupo no usó estrategias de IM durante toda la prueba, al contrario que el grupo DT que sí lo hizo. El grupo PC cometió más errores que el DT.
2022, Galli (15)	PC DT	Capacidad autoinformada para imaginar acciones y tasa de error.	2 escalas del cuestionario VMIQ-2: EVI (acciones externas) y KIN (acciones propias).	Las escalas se pasaron tras realizar la tarea de IM.	No se vieron diferencias significativas entre el grupo PC y DT: ambos presentaron errores similares y utilizaron estrategias semejantes. Para ambos, fue mayor la sincronización de la imaginación que la de la vista.

Glosario de abreviaturas. Tabla 4: PCUD (Parálisis Cerebral Unilateral Derecha); PCUI (Parálisis Cerebral Unilateral Izquierda); MPCR (test de Matrices Progresivas Coloreadas de Raven); EINW-IV (Escala de Inteligencia para Niños de Wechsler 4º edición); TO D-I (Test de Orientación Derecha-Izquierda); TCCi (Test de Corsi Cubes inverso); AHA (Assisting Hand Assessment); CI (Coeficiente Intelectual); HFC (House Functional Classification); MACS (Sistema de Clasificación de Actividades Manuales); BFMF (Función Motora Fina Bimanual); VMIQ-2 (Vividness of Movement Imagery Questionnaire).

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS

En cuanto a los sujetos estudiados, todos los estudios presentan muestras en torno a 18-24 sujetos; sin embargo, el estudio de *O Souto et al.* (10), destaca sobre el resto por el gran tamaño de su muestra: 232 sujetos. El total de los sujetos estudiados en todos los artículos fue 339. Otro aspecto importante son los grupos de edad tomados como muestra, pues la mayoría de artículos estudian sujetos de edades comprendidas entre 6 y 14 años, pero hay dos estudios cuyas muestras recogen edades diferentes: *Chinier et al.* (13) estudian niños y adolescentes en un rango de edad superior, entre 12 y 20 años; por el contrario, los niños estudiados por *Jongsma et al.* (14) presentan edades más tempranas, entre 2 y 10 años.

Los grupos comparados en los diferentes estudios seleccionados en la presente revisión, difieren de un estudio a otro: *Errante et al.* (11), *Jongsma et al.* (14) y *Galli et al.* (15) comparan niños con desarrollo típico con niños diagnosticados con PC para comprobar si estos últimos pueden hacer uso de tareas de IM; *O Souto et al.* (10) también comparan estos grupos anteriores, pero divide el grupo PC en PCUI y PCUD; *Xie et al.* (12) realizan un ensayo clínico con 2 grupos de niños con PC a los que aplican protocolos de IM diferentes, mientras que *Chinier et al.* (13) quieren demostrar qué tipo de PCU obtiene mejores resultados en una tarea de IM, por lo que presentan un grupo PCUI y otro PCUD.

Con respecto a la tarea de IM solicitada, *O Souto et al.* (10) y *Jongsma et al.* (14) utilizan una versión modificada de la tarea HLJ, que solicita a los participantes que reconozcan las posiciones variadas que se muestran de una mano que no es la suya (IM explícita). *Errante et al.* (11) también solicitaron una acción de IM explícita mediante una tarea de cronometría mental; en contraposición, dos estudios comprobaron la capacidad de IM implícita: *Xie et al.* (12) mediante un protocolo a largo plazo y otro a corto plazo y *Galli et al.* (15) mediante la evocación mental de acciones cotidianas. *Chinier et al.* (13) realizaron una tarea con metrónomo para la mano de ambos tipos de IM. Además, los artículos de *Xie et al.* (12) y *Galli et al.* (15) presentan una fase de práctica o entrenamiento antes de la propia tarea de IM realizada en el estudio. Cabe destacar que se realizaron pruebas complementarias para determinar los resultados de algunos estudios: los resultados de *Errante et al.* (11) y *Chinier et al.* (13) se analizaron mediante un estudio de fMRI y los de *Xie et al.* (12) y *Jongsma et al.* (14) mediante EEG.

En cuanto a la duración total de los estudios, solo el de *Xie et al.* (12) presenta un seguimiento durante días: 12 días en el protocolo a corto plazo y 60 días a largo plazo; el resto de artículos realizan el experimento durante una sesión o dos en el caso de *Chinier et al.* (13). El tiempo de los experimentos se contabilizó según los intentos llevados a cabo de la tarea de IM y encontramos gran variabilidad en el número de ensayos, así *Errante et al.* (11) cuentan con 30 intentos de la tarea, mientras que *Galli et al.* (15) lo hacen con 160.

Algunos autores, en concreto *O Souto et al.* (10), *Errante et al.* (11) y *Chinier et al.* (13), llevaron a cabo la medición de ciertas variables previas al propio estudio para comprobar si los participantes cumplían los criterios para llevar a cabo la tarea de IM. Estas variables fueron: el coeficiente intelectual (10,11), la orientación derecha-izquierda (10), la memoria de trabajo (10), el rendimiento funcional (10), los déficits motores (11), la capacidad de actividad bimanual (11,13) y la actividad de la mano parética (13). Posteriormente, durante el propio desarrollo de las tareas o al finalizar las mismas se midieron el resto de las variables: tiempo de reacción (10,14), precisión (10,14), relación duración-rendimiento (11), actividad cerebral (13) y capacidad para imaginar acciones con su respectiva tasa de error (15). Para realizar estas mediciones se emplearon las siguientes escalas, pruebas y cuestionarios: MPCR (test de Matrices Progresivas Coloreadas de Raven para medir la inteligencia en niños entre 6-11 años), EINW-IV (Escala de Inteligencia para Niños de Wechsler 4º edición para niños entre 12-14 años), TO D-I (Test de Orientación Derecha-Izquierda), TCCi (Test de Corsi Cubes inverso para medir la memoria de trabajo), AHA (Assisting Hand Assessment para medir el rendimiento funcional), HFC (House Functional Classification para valorar los déficits motores), MACS (Sistema de Clasificación de Actividades Manuales), BFMF (Función Motora Fina Bimanual), test de oposición de pulgares (para medir la actividad de la mano parética), VMIQ-2 (Vividness of Movement Imagery Questionnaire para medir la capacidad autoinformada para imaginar acciones), escala EVI (forma parte del VMIQ-2 y sirve para acciones externas) y escala KIN (forma parte del VMIQ-2 y sirve para acciones propias).

Los sujetos que participaron en las diferentes tareas de IM obtuvieron resultados favorables en las variables previas a los estudios, por eso mismo pudieron llevarlas a cabo; *O Souto et al.* (10) demostraron que el rendimiento funcional y la memoria de trabajo tenían especial importancia en el desarrollo de la tarea.

En general, los resultados muestran tiempos de reacción mayores y menor precisión en los niños con PC que en los que tienen un desarrollo típico y, en concreto, tiempos mayores cuando la tarea se realiza con la mano parética; sin embargo, la tasa de error durante la tarea muestra errores similares en ambos grupos. No obstante, todos los niños con PC fueron capaces de completar la tarea de IM.

Los estudios que miden la actividad cerebral mediante fMRI (11,13), demuestran que se activan grandes áreas bilaterales relacionadas con la IM y que hay una menor activación cuando la lesión está en el hemisferio izquierdo (hemiparesia derecha). Por último, el estudio de *Xie et al.* (12) muestra la importancia de un entrenamiento previo a la propia tarea de IM, pues este mejoró significativamente el procesamiento cognitivo.

7. DISCUSIÓN

Dada la gran variedad de manifestaciones que se pueden dar en los distintos casos de PCI, resulta difícil establecer un tratamiento único y concreto para dicha enfermedad. El abordaje de un paciente con parálisis cerebral debería ser multidisciplinar y, dentro de la fisioterapia, mediante diversas técnicas y procedimientos. Si bien es cierto que la imaginación motora no parece ser el tratamiento de elección, puede resultar beneficioso para la rehabilitación del paciente, combinada con otros procedimientos fisioterápicos (10,11).

Revisando los estudios que realizaron fMRI (11,13), se obtuvieron datos de la activación cerebral durante los procedimientos de IM, que dotaron de mayor objetividad a los resultados obtenidos en esta revisión. *Chinier et al.* (13) demostraron que cuando los pacientes con lesión en el hemisferio derecho realizaban las tareas de IM se activaba la red frontoparietal bilateral, de la misma manera que lo hacía en pacientes sanos; sin embargo, los pacientes con lesión en el hemisferio izquierdo presentaron alteraciones en la activación cerebral post-tarea, activaron menos áreas en comparación con el otro grupo; determinaron así que solo los niños con presentación temprana de una lesión cerebral derecha podrían beneficiarse de la rehabilitación con esta terapia. Esta última afirmación se respalda en estudios de neuroimagen que muestran la dominancia del hemisferio izquierdo en la planificación motora (16). *Errante et al.* (11) coinciden con la idea de que la activación es similar en el grupo PC

y en el grupo DT, pero no refiere diferencias significativas en la activación entre el grupo PCUI y PCUD, lo que seguramente se deba a la utilización de distintos tipos de IM.

Analizando más exhaustivamente las diferencias entre ambos hemisferios, otros autores tampoco muestran diferencias significativas entre los resultados obtenidos en cada tipo de lesión, lo cual atribuyen a un desarrollo cerebral atípico sin patrones motores cruzados (10). El resto de estudios poco añaden sobre este tema; sin embargo, algunos de ellos determinan las diferencias entre la realización de la tarea con la mano parética o con la menos afectada, a pesar de que otros no lo consideren un aspecto relevante (13). *Jongsma et al.* (14) propusieron que los niños con PC se involucraban menos en las tareas de IM cuando las realizaban con la mano afectada, pero que cometían menos errores cuando lo hacían visualizando su propia mano, probablemente porque utilizaban otras estrategias para adaptarse a la tarea. Así, manifestaron la posibilidad de rehabilitación siempre y cuando la modalidad de IM fuese la visual.

Un objetivo de esta revisión ha sido demostrar si los niños con PC pueden realizar tareas de IM que niños con desarrollo típico de su misma edad son capaces de realizar; es por eso que la mayoría de los estudios analizados comparan grupos PC con un grupo DT. Un hecho en el que todos parecen estar de acuerdo es que los niños con PC sí pueden beneficiarse de estas estrategias para su rehabilitación, siempre y cuando no presenten deterioro cognitivo, como apuntan *Galli et al.* (15). Si bien es cierto que también coinciden en que los grupos PC obtuvieron peores resultados en las diferentes tareas, difieren en los parámetros medidos para afirmarlo: algunos detectaron un tiempo de reacción aumentado en los niños con PC (10), otros clasificaron las tareas de estos grupos como menos precisas (14) y otros demostraron la utilización de estrategias distintas en el grupo PC y el DT, lo que pudo alterar los resultados (15). También se demostró la obtención de mejores resultados si previamente al estudio se realizaba una fase de entrenamiento en IM (11,12,13) y que una individualización de la evaluación y los tratamientos mejoraría el desempeño de la tarea (10,11). No obstante, hay una serie de autores (17,18,19) que ponen en duda la utilidad de la IM en la rehabilitación de la PCI, pues están de acuerdo en que los niños con PC pueden acabar las tareas de IM, aunque con más errores que los niños con DT pero, como muestran *Craje et al.* (19) en su artículo, la planificación motora de los niños con PC está alterada, lo que seguramente altere la representación mental de las acciones

motoras, perjudicando así de manera directa las estrategias que se usan en los protocolos de IM.

Xie et al. (12) fueron los únicos autores que propusieron un protocolo de entrenamiento y rehabilitación específico mediante IM, el resto de estudios se centraron en demostrar la capacidad de los niños con PC para llevar a cabo estas tareas. Afirmaron que los protocolos propuestos (corto y largo plazo) mejoraron el procesamiento motor de los niños, así como la eficiencia cerebral mediante una mayor actividad interregional. Mediante estos hallazgos secundaron las conclusiones del resto de autores: la IM parece una estrategia potencial de rehabilitación para niños con PC.

A pesar de que esta revisión tiene como finalidad dar a conocer nuevas posibilidades de tratamiento de la PCI, parece interesante comentar la utilidad de la IM en otras afecciones neurológicas tales como el ACV. *Dickstein et al.* (20) y *Malouin et al.* (21) obtuvieron resultados prometedores en la aplicación de estrategias de IM en adultos que habían sufrido un accidente cerebrovascular, mientras que *Sharma et al.* (22), por su parte, propusieron un protocolo específico de rehabilitación mediante IM para este tipo de pacientes.

No obstante, al realizar esta revisión se han encontrado una serie de limitaciones que podrían poner en duda algunos de los resultados obtenidos en los diferentes estudios. En primer lugar, cada artículo analiza un tipo diferente de IM (explícita o implícita), algunos incluso ni diferencian entre un tipo u otro (13). Cada modalidad de IM activa diferentes áreas cerebrales y pone en marcha diferentes estrategias ejecutivas, por lo que se debería estudiar cada una por separado y demostrar cuál de ellas beneficia más a la rehabilitación de los niños con PC. Prueba de esto son los diferentes resultados obtenidos por *O'Souto et al.* (10), quienes no eliminaron el estímulo visual durante el desarrollo de la tarea, y *Jongsma et al.* (14), que sí taparon la mano de los niños. Otro aspecto en el que tampoco se realiza una buena diferenciación en algunos estudios es el tipo concreto de lesión cerebral y la afectación motora que conlleva (12,14,15). Cada caso de PC es único y se presenta de tal manera, por lo que resulta complicado especificar qué tipo de IM sería más útil en cada caso. De hecho, las diferencias observadas entre los resultados de *Errante et al.* (11) y *Chinier et al.* (13) para los grupos PCUD y PCUI lo corroboran.

Otra limitación observada es que la mayoría de los estudios revisados analizan la capacidad de IM para acciones con los MMSS, solo una tarea de IM propuesta está destinada a los MMII. Para complementar esta información se revisó el artículo de *Spruijt et al.* (23), quienes aplicaron tareas de IM explícita en la rehabilitación de la marcha en niños con PC, pero no obtuvieron resultados concluyentes.

Xie et al. (12) observaron una limitación importante en su estudio, que puede aplicarse también al resto de artículos: ninguno compara los protocolos de IM con ninguna estrategia de fisioterapia tradicional, por lo que no hay resultados objetivos de si la IM mejoraría la rehabilitación significativamente en este sentido. Los datos revisados que más se relacionan con este aspecto son los resultados obtenidos por *Wilson et al.* (24) en su estudio, quienes compararon un entrenamiento motor tradicional con uno basado en IM en niños con problemas de coordinación motora y ambos protocolos resultaron ser beneficiosos.

Como futuras líneas de investigación se propone estudiar la eficacia de cada modalidad de IM por separado y su posible aplicación en los diferentes tipos de PC, para obtener datos más específicos sobre la efectividad de esta terapia en dicha enfermedad, así como la realización de estudios que comparen protocolos específicos de tratamiento completo mediante IM con una rehabilitación mediante técnicas de fisioterapia tradicionales.

8. CONCLUSIÓN

Finalmente se puede concluir que:

1. La evidencia científica actual acerca de la rehabilitación de la PCI mediante estrategias de IM parece insuficiente y, sobre todo, poco específica para los diferentes tipos de lesiones cerebrales.
2. Según los resultados obtenidos, los niños con PC pueden beneficiarse de protocolos de IM para su rehabilitación, siempre que estos sean individualizados según su lesión específica mediante evaluaciones previas exhaustivas y que no presenten ningún tipo de deterioro cognitivo.
3. Los resultados obtenidos muestran diferencias en los tiempos de reacción y la precisión en las tareas entre los niños con PC y los que tienen un desarrollo típico, obteniendo estos últimos mejores resultados; sin embargo, en ambos grupos la práctica de imaginación de acciones pareció mejorar la ejecución física de estas.
4. Los resultados no fueron concluyentes en cuanto al tipo de lesión cerebral que más se benefició de la estrategia (hemisferio izquierdo o derecho), pero sí se puede concluir que cuando la afectación cerebral es temprana la IM es más efectiva.
5. La efectividad de los protocolos de tratamiento mediante IM aumenta cuando esta se combina con otras técnicas de fisioterapia tradicionales y cuando se realizan fases de entrenamiento previas al propio tratamiento.
6. La obtención de resultados poco concluyentes muestra la necesidad de seguir investigando líneas más específicas de tratamiento de la PCI mediante la imaginería motora.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Wimalasundera N, Stevenson VL. Cerebral palsy. *Practical Neurology*. 2016;16(3):184-94.
2. Gulati S, Sondhi V. Cerebral Palsy: An Overview. *Indian J Pediatr*. 2018;85(11):1006-16.
3. Krigger KW. Cerebral Palsy: An Overview. *afp*. 2006;73(1):91-100.
4. Reddihough DS, Collins KJ. The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2003;49(1):7-12.
5. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2005;47(8):571-571.
6. Kerr Graham H, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DL, et al. Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2:15082.
7. O'Shea TM. Diagnosis, Treatment, and Prevention of Cerebral Palsy in Near-Term/Term Infants. *Clin Obstet Gynecol*. 2008;51(4):816-28.
8. García Carrasco D, Aboitiz Cantalapiedra J. Efectividad de la imaginería o práctica mental en la recuperación funcional tras el ictus: revisión sistemática. *Neurología*. 2016;31(1):43-52.
9. Behrendt F, Zumbrunnen V, Brem L, Suica Z, Gäumann S, Ziller C, et al. Effect of Motor Imagery Training on Motor Learning in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):9467.
10. Souto DO, Cruz TKF, Fontes PLB, Haase VG. Motor imagery in children with unilateral cerebral palsy: a case-control study. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2020;62(12):1396-405.
11. Errante A, Bozzetti F, Sghedoni S, Bressi B, Costi S, Crisi G, et al. Explicit Motor Imagery for Grasping Actions in Children With Spastic Unilateral Cerebral Palsy. *Front Neurol*. 2019;10:837.

12. Xie J, Jiang L, Li Y, Chen B, Li F, Jiang Y, et al. Rehabilitation of motor function in children with cerebral palsy based on motor imagery. *Cogn Neurodyn*. 2021;15(6):939-48.
13. Chinier E, N’Guyen S, Lignon G, Ter Minassian A, Richard I, Dinomais M. Effect of Motor Imagery in Children with Unilateral Cerebral Palsy: fMRI Study. *PLoS One*. 2014;9(4):e93378.
14. Jongsma MLA, Baas CM, Sangen AFM, Aarts PBM, van der Lubbe RHJ, Meulenbroek RGJ, et al. Children with unilateral cerebral palsy show diminished implicit motor imagery with the affected hand. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2016;58(3):277-84.
15. Galli J, Garofalo G, Brunetti S, Loi E, Portesi M, Pelizzari G, Rossi A, Fazzi E, Buccino G. Children with Cerebral Palsy can imagine actions like their normally developed peers. *Front Neurol*. 2022 Sep 6;13:951152. doi: 10.3389/fneur.2022.951152.
16. Johnson-Frey SH, Newman-Norlund R, Grafton ST. A Distributed Left Hemisphere Network Active During Planning of Everyday Tool Use Skills. *Cereb Cortex*. 2005;15(6):681-95.
17. Mutsaerts M, Steenbergen B, Bekkering H. Anticipatory planning deficits and task context effects in hemiparetic cerebral palsy. *Exp Brain Res*. 2006 Jun;172(2):151-62. doi: 10.1007/s00221-005-0327-0.
18. Steenbergen B, Jongbloed-Pereboom M, Spruijt S, Gordon AM. Impaired motor planning and motor imagery in children with unilateral spastic cerebral palsy: challenges for the future of pediatric rehabilitation. *Dev Med Child Neurol*. 2013 Nov;55 Suppl 4:43-6. doi: 10.1111/dmcn.12306.
19. Crajé C, van Elk M, Beeren M, van Schie HT, Bekkering H, Steenbergen B. Compromised motor planning and Motor Imagery in right Hemiparetic Cerebral Palsy. *Research in Developmental Disabilities*. 2010;31(6):1313-22.
20. Dickstein R, Deutsch JE. Motor imagery in physical therapist practice. *Phys Ther* 2007;87(7):942-953.

21. Malouin F, Richards CL. Mental practice for relearning locomotor skills. *Physical Therapy*. 2010;90(2):240-51.
22. Sharma N, Pomeroy VM, Baron J-. Motor imagery: A backdoor to the motor system after stroke? *Stroke* 2006;37(7):1941-1952.
23. Spruijt S, Jouen F, Molina M, Kudlinski C, Guilbert J, Steenbergen B. Assessment of motor imagery in cerebral palsy via mental chronometry: The case of walking. *Research in Developmental Disabilities*. 2013;34(11):4154-60.
24. Wilson PH, Thomas PR, Maruff P. Motor Imagery Training Ameliorates Motor Clumsiness in Children. *J Child Neurol*. 2002;17(7):491-8.

10. ANEXOS

Anexo 1: Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS)

Nivel I	El niño camina sin limitación tanto en interior como en exterior y sube escaleras. Conserva habilidades motoras, incluyendo correr y saltar, pero se ven alteradas la velocidad, coordinación y equilibrio
Nivel II	El niño camina tanto en interior como en exterior y sube escaleras agarrando una barandilla, pero experimenta dificultades al caminar sobre superficies irregulares o inclinadas y en lugares concurridos o espacios pequeños
Nivel III	El niño camina tanto en interior como en exterior y sobre superficies regulares con ayudas técnicas. Puede subir escaleras agarrando una barandilla. Puede necesitar silla de ruedas para largas distancias o en terreno irregular
Nivel IV	El niño mantiene la capacidad de marcha solo en distancias cortas o con andador y necesita silla de ruedas para desplazarse por casa o por la escuela
Nivel V	La discapacidad física le impide al niño el control voluntario de los movimientos y la capacidad de mantener la cabeza y el tronco en contra de la gravedad. Todas las áreas de la función motora se ven afectadas. Son niños dependientes que deben ser transportados

Anexo 2: Activación de áreas cerebrales durante la tarea de IM explícita en estudio fMRI (11)

