



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL,
IMAGINERÍA MOTORA Y TERAPIA DE OBSERVACIÓN DE LA ACCIÓN EN
NIÑOS CON TRASTORNO DEL DESARROLLO DE LA COORDINACIÓN.
REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Presentado por: Daniel Gómez González

Tutora: Marta Correyero León

Soria, a 5 de junio de 2023

RESUMEN

Introducción: el Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC) es una patología infradiagnosticada caracterizada por el retraso en el aprendizaje de habilidades motoras cursando especialmente con dificultades en la coordinación, el equilibrio o la destreza manual, entre otras. Dentro del tratamiento conservador se encuentran diferentes técnicas fisioterapéuticas como la realidad virtual, la imaginería motora o la observación de la acción.

Objetivos: analizar la eficacia de las terapias de realidad virtual, imaginería motora y observación de la acción en pacientes con TDC sobre las habilidades motrices, el equilibrio, la destreza manual, la capacidad de apuntar y atrapar y los procesos cognitivos.

Metodología: se realizó una revisión sistemática en base a los criterios PRISMA. Se realizaron búsquedas en las bases de datos de Pubmed, PEDro, Cochrane, Web of Science y Scopus, incluyendo Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECAs) que evaluaran la efectividad de la realidad virtual, la imaginería motora y la observación de la acción en comparación con otras técnicas fisioterapéuticas o con un grupo control.

Resultados: la revisión incluyó 8 ECAs (6 estudios y 2 análisis secundarios) que demostraron diferencias estadísticamente significativas en habilidades motrices y destreza manual a corto plazo con el uso de realidad virtual. Sin embargo, no se encontraron diferencias en equilibrio y capacidad de apuntar y atrapar. La realidad virtual también mostró mejoras significativas en los procesos cognitivos relacionados con el modelo interno. Por otro lado, la intervención con imaginería motora y observación de la acción también resultó en mejoras estadísticamente significativas en habilidades motrices.

Conclusiones: una intervención basada en realidad virtual, imaginería motora u observación de la acción puede mejorar las habilidades motrices, el equilibrio, la destreza manual y los procesos cognitivos en niños con TDC a corto plazo. Sin embargo, no hay evidencia de que esta intervención sea superior a otras. Se recomienda realizar futuros estudios con muestras más grandes, protocolos homogeneizados y mayor continuidad del tratamiento para obtener una mejor comprensión de los efectos a largo plazo y establecer recomendaciones más sólidas.

Palabras clave: trastorno del desarrollo de la coordinación, realidad virtual, imaginería motora, observación de la acción.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	5
LISTADO DE ABREVIATURAS	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVOS	9
3.1. Objetivo general	9
3.2. Objetivos específicos	9
4.1. Estrategias de búsqueda.....	10
4.2 Criterios de selección.....	10
4.2.1. Criterios de inclusión	10
4.2.2. Criterios de exclusión.....	10
4.3. Selección de artículos	11
4.4. Medida de evaluación metodológica.....	11
5. RESULTADOS.....	13
5.1. Selección de artículos	13
5.2. Características de los estudios incluidos	14
5.3. Características de la intervención.....	14
5.4. Calidad metodológica de los estudios	21
5.5. Análisis de la eficacia terapéutica.....	21
5.5.1. Habilidades motrices	21
5.5.2. Equilibrio.....	22
5.5.3. Destreza manual	22
5.5.4. Puntería y atrape	23
5.5.5. Procesos cognitivos.....	23
6. DISCUSIÓN	23
7. CONCLUSIONES.....	25
8. BIBLIOGRAFÍA	27
9. ANEXOS.....	I

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo.....	13
----------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategia de búsqueda en las bases de datos.....	12
Tabla 2. Características de los estudios incluidos en la revisión.....	16
Tabla 3. Características de las intervenciones	19
Tabla 4. Escala PEDro.....	21

LISTADO DE ABREVIATURAS

BOT-2: The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2º Edición.

CAS: sistema de Evaluación Cognitiva.

COM: Distancia de Trayectoria de Masa.

CO-OP: Orientación Cognitiva para el Desempeño Ocupacional.

DCDQ: Calificación de la coordinación motora de los niños y los padres.

DE: Desviación Estándar.

DSM-5: Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, 5ª edición.

ECAs: Ensayos Clínicos Aleatorizados.

GC: Grupo Control.

GE: Grupo Experimental.

H: Hombre.

M: Mujer.

MABC-2: Batería de Evaluación del Movimiento para Niños, 2ª edición.

N: Muestra.

PEDro: Physiotherapy Evidence Database.

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses.

TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad.

TDC: Trastorno del Desarrollo de la Coordinación.

TEA: Trastorno del Espectro Autista.

TFT: Entrenamiento Funcional orientado a Tareas.

PEBL: Psychology Experiment Building Language.

PTS: Puntuación Total Estándar.

TVPS-R: Test of Visual Perceptual Skills—Revised.

1. INTRODUCCIÓN

El Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC) es una alteración del neurodesarrollo de la población en edad escolar que se caracteriza por dificultades de aprendizaje de habilidades motoras finas y gruesas (1). Este déficit provoca un deterioro de la calidad de vida al afectar a las actividades de la vida cotidiana y social produciendo un gran impacto en la salud física y mental de los pacientes (2).

Se calcula que esta patología afecta al 5% de la población pediátrica (3) y tiene mayor prevalencia en hombres que en mujeres siendo el parto prematuro uno de los principales factores de riesgo. La clínica puede variar entre pacientes por lo que no todos los individuos van a tener alterados los mismos sistemas o estarán afectados en distinto grado (1).

No se conocen las causas exactas de este trastorno, pero la investigación en neurociencia ha revelado que los niños con TDC presentan un adelgazamiento del córtex en las regiones frontoparietales, lo que contribuye a presentar dificultades en la planificación motora y el funcionamiento ejecutivo. También se observan alteraciones en la conectividad de la sustancia blanca en los tractos sensoriomotores y la radiación talámica posterior. Estas interrupciones se relacionan con deficiencias motoras en otros trastornos del neurodesarrollo. Además, se han encontrado anomalías en el cuerpo calloso y una supresión de la función del sistema de neuronas espejo, que afecta a la imitación y al aprendizaje visomotor. El cerebelo también muestra interrupciones en su funcionamiento, lo que afecta al modelado interno y al aprendizaje motor (4).

El modelado interno se refiere a las simulaciones neuronales utilizadas para crear y ajustar movimientos según las consecuencias sensoriales esperadas. Se han propuesto dos tipos de modelos internos: modelos predictivos y modelos inversos. Los modelos inversos generan el plan motor necesario para alcanzar un objetivo, mientras que los modelos predictivos proporcionan estabilidad al predecir las consecuencias sensoriales de una acción. Existen hipótesis de que un deterioro del modelado predictivo provoca problemas emocionales, educativos, sociales y de aprendizaje en el TDC debido a que el desarrollo de habilidades motoras implica la adquisición del control motor predictivo. El control predictivo se integra con diferentes sistemas sensoriales en diversas tareas motoras. Estos modelos pueden combinarse y aprenderse a través de entrenamiento repetitivo (5). Es por ello que estos niños van a tener dificultades a la hora de desarrollar correctamente sus habilidades motrices y su destreza manual (6).

Por otra parte, se ha observado que los niños con TDC presentan incapacidad para planificar tareas complejas, con necesidad de mayor tiempo para aprenderlas (7). Se debe tener en cuenta que los niños con TDC pueden tener dificultades de coordinación (encontrando problemas en las tareas que incluyen puntería y atrape) y equilibrio, si bien esta patología no incluye problemas cerebelosos (Romberg positivo) o del sistema nervioso central (espasticidad, hiperreflexia). Aunque los niños con TDC presentan laxitud articular en manos y pies principalmente, no debe estar asociado a dolor articular. En cuyo caso, habría que valorar otras disfunciones (1). La obesidad es una secuela común del TDC debido a los desafíos motores que supone la patología (6).

Se ha observado una asociación con otras enfermedades como el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), que puede aparecer hasta en el 50% de los pacientes con TDC y el Trastorno del Espectro Autista (TEA), que se encuentra asociado hasta en un 10% de los casos (6).

Debido a su categorización como enfermedad crónica resulta importante un diagnóstico precoz y tratamiento multidisciplinar de la misma. Para ello, el diagnóstico se basa en la realización de un diagnóstico diferencial con otras patologías como la parálisis cerebral infantil (PCI) o déficits sensoriales y el reconocimiento de los criterios establecidos en el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, 5ª edición (DSM-5) (8) (Anexo I). Para valorar estos criterios tenían se utilizan diferentes pruebas como la Batería de Evaluación del Movimiento para Niños, 2ª edición (MABC-2) (9), la escala The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2ª edición (BOT-2) (10) y la Calificación de la coordinación motora de los niños y los padres (DCDQ) (11).

El enfoque de tratamiento del TDC debe incluir neuropediatría y terapia ocupacional o fisioterapia con el fin de mejorar la planificación, el uso de lenguaje, la cognición social, las funciones ejecutivas y el razonamiento. En caso de comorbilidad con TDAH se utiliza medicación como el metilfenidato (12), pero en casos aislados del TDC, el entrenamiento de tareas neuromotoras y específicas o las intervenciones mediante Orientación Cognitiva para el Desempeño Ocupacional han sido los principales tratamientos (CO-OP) (13,14). En la actualidad está aumentando el número de artículos que estudian los efectos de intervenciones mediante realidad virtual e imaginación motora.

La realidad virtual (RV) es una tecnología que ofrece una experiencia inmersiva al usuario a través de una interfaz. Utiliza la simulación en tiempo real y la interacción sensorial para crear entornos tridimensionales similares a la realidad permitiendo una mejor retroalimentación sensorial. Se ha demostrado que tiene impactos positivos en el control motor gracias a la activación de neuronas espejo. Existen diferentes tipos de RV que se diferencian en el nivel de inmersión, siendo la semiinmersiva de segunda persona la más usada en el tratamiento de pacientes con TDC (15). Se ha observado que la realidad virtual puede reducir el riesgo de sedentarismo y es importante realizar una buena planificación para prevenir adicciones (16).

“La imaginación motora es un proceso de modulación autónoma del área motora para ensayar la acción mentalmente sin una ejecución real” (17), es decir, imaginarse a sí mismo realizando la acción. Se centra en la experiencia cinestésica del movimiento y activa la musculatura relacionada con la ejecución real de la acción. Existe la imaginación motora cinestésica en la que se imagina el movimiento en primera persona y refleja las mismas limitaciones como si se estuviera ejecutando, implícita, que se refiere a las representaciones internas del movimiento y visual, en la que se imagina el gesto en tercera persona. La imaginación de la acción debe ser de la misma velocidad que la ejecutada y se desencadenan cambios fisiológicos similares a los de la ejecución real, como actividad electromiográfica, excitabilidad del córtex espinal y cambios en el sistema nervioso autónomo (18).

La observación de la acción se refiere a la observación deliberada y estructurada del movimiento humano (19), facilitando el aprendizaje motor y la formación de memoria de trabajo, convirtiéndose en la mejor estrategia para aprender nuevas actividades. El procedimiento de intervención se divide en una fase de observación en la que el paciente visualiza un acto motor

específico y una fase de ejecución, en la que lleva a cabo la ejecución. Es importante pedir al paciente que dirija la atención hacia el fin de la acción buscando activar el sistema de neuronas espejo de forma más intensa. Después de la intervención se debe proporcionar retroalimentación (20). Ambas terapias se basan en la neuroplasticidad (capacidad de adaptación del sistema nervioso) y existe evidencia de que se activan las áreas cerebrales que se activarían en la ejecución de la acción (21). Se ha observado que mediante la imagería motora y la observación de la acción se reduce la actividad del giro frontal inferior del cerebro provocada por el TDC (22).

2. JUSTIFICACIÓN

El TDC es una patología neuromotora que afecta el desarrollo y a la coordinación en niños, lo que tiene un impacto significativo en su funcionamiento diario, su rendimiento académico y su participación social. La falta de actividad provocada por el aislamiento y sedentarismo puede desembocar en obesidad, por lo que un tratamiento adecuado podrá prevenir futuras enfermedades. Además, la imposibilidad de no poder realizar actividades básicas de la vida diaria como atarse los cordones, escribir, comer, etc., provoca baja autoestima, aumentando el riesgo de depresión (6).

En esta patología se refiere a los pacientes como “niños torpes” ya que es una condición subdiagnosticada que requiere un cambio de paradigma en su abordaje. Es fundamental reconocer esta alteración como una condición real y buscar tratamientos actualizados respaldados por evidencia científica. Se ha comenzado a utilizar terapias innovadoras como la realidad virtual, que proporciona motivación y facilita el aprendizaje de tareas o la imagería motora y la observación de la acción, que pueden generar cambios en el sistema de neuronas espejo y mejorar las habilidades motrices mediante una remodelación interna.

Con el objetivo de mejorar las habilidades motrices de los pacientes y prevenir futuras comorbilidades es necesario evaluar la eficacia de estas terapias. Mediante este enfoque se busca ampliar las opciones de tratamiento disponibles y proporcionar recursos adicionales para abordar de manera efectiva la alteración del desarrollo de la coordinación en niños.

3. OBJETIVOS

Los objetivos de la presente revisión se han dividido en objetivo general y objetivos específicos.

3.1. Objetivo general

El objetivo general del trabajo es evaluar la eficacia del tratamiento fisioterapéutico mediante realidad virtual, imagería motora y terapia de la observación de la acción en niños con TDC.

3.2. Objetivos específicos

1. Analizar los efectos que produce la realidad virtual en las habilidades motrices en los niños con TDC.
2. Analizar los efectos que produce la realidad virtual en el equilibrio de los niños con TDC.
3. Analizar los efectos que produce la realidad virtual en la destreza manual de los niños con TDC.

4. Analizar los efectos que produce la realidad virtual en las tareas de puntería y atrape de los niños con TDC.
5. Analizar los efectos de la realidad virtual en los procesos cognitivos.
6. Analizar los efectos de la imagería motora y la observación de la acción en las habilidades motrices de los niños con TDC.

4. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado se realizó una revisión sistemática siguiendo los criterios establecidos en la declaración "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses" (PRISMA) (23).

Las búsquedas se realizaron en las bases de Pubmed, PEDro, Cochrane, Web of Science y Scopus durante los días 4 al 20 del mes de marzo combinando los siguientes términos MESH:

- "Motor Skills Disorders".
- "Child".
- "Pediatrics".
- "Adolescent".
- "Virtual Reality".
- "Exergaming".
- "Video Games".
- "Virtual Reality Exposure Therapy".

4.1. Estrategias de búsqueda

Se realizaron distintas estrategias de búsqueda en función de las bases de datos (Tabla 1).

4.2 Criterios de selección

Se determinaron los siguientes criterios de selección con el fin de obtener una búsqueda más detallada y específica.

4.2.1. Criterios de inclusión

A través del modelo de pregunta PICOS se definieron como criterios de inclusión:

- P (Población): niños o adolescentes (0-19 años) con diagnóstico de Trastorno del Desarrollo de la Coordinación.
- I (Intervención): técnicas de realidad virtual, imagería motora o terapia de la observación de la acción.
- C (Comparación): no intervención u otra técnica fisioterapéutica.
- O (Resultados): mejoras en la habilidad motriz, equilibrio, destreza manual, habilidad en las tareas de puntería y atrape y procesos cognitivos.
- S (Tipo de estudio): ensayos clínicos aleatorizados (ECAs).

4.2.2. Criterios de exclusión

Se excluyeron artículos que cumplieran los siguientes criterios:

- El idioma del artículo no fuera el inglés o español.
- El grupo control fueran niños sanos o que se mezclaran niños sanos y enfermos.
- Los artículos que no reportaran variables de interés.

- Las variables no fueran medidas con herramientas estandarizadas.
- Los niños tuvieran alguna otra patología o retraso del desarrollo.

4.3. Selección de artículos

El proceso de selección de artículos comenzó con la fase de identificación en la que se realizó la búsqueda bibliográfica aplicando las diferentes estrategias de búsqueda, eliminando los duplicados y utilizando el filtro de búsqueda ECAs.

A continuación, se procedió a la fase de selección donde se realizó un primer análisis y se escogieron artículos potencialmente incluibles según el título, palabras clave y resumen.

Una vez finalizada esta fase, aquellos artículos que parecían cumplir con los requisitos pasaron por un segundo análisis donde los estudios se evaluaron a texto completo para su elegibilidad.

4.4. Medida de evaluación metodológica

Para evaluar la calidad metodológica se utilizó la escala “Physiotherapy Evidence Database” (PEDro). Es una herramienta de evaluación metodológica de los ECAs basada en 11 ítems que ayudan a identificar qué estudios tienen validez para que sus resultados puedan ser interpretados de forma adecuada. Estos ítems analizan diferentes aspectos de un estudio como el diseño, el cegamiento de los participantes, la calidad de la muestra y el análisis estadístico utilizado. A la hora de evaluar los artículos se tiene en cuenta la puntuación sobre 10 ya que el primer criterio no influye en la validez interna del ensayo. Se considera que un ECA tiene una calidad metodológica excelente si se obtiene una puntuación entre 9-10, buena entre 6-8, regular entre 4-5 y pobre si es menor a 4 (24).

Tabla 1. Estrategia de búsqueda en las bases de datos

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA
Pubmed	(("Motor Skills Disorders"[Mesh]) OR ("Developmental Coordination Disorder") OR ("Dyspraxia") OR ("Clumsiness")) AND (("Child"[Mesh]) OR ("Pediatrics"[Mesh]) OR ("Adolescent"[Mesh])) AND (("Motor Imagery") OR ("Virtual Reality"[Mesh]) OR ("Exergaming"[Mesh]) OR ("Video Games"[Mesh]) OR ("Wii") OR ("Kinect") OR ("Virtual Reality Exposure Therapy"[Mesh]) OR ("Action Observation") OR ("Action Observation Therapy") OR ("Action Observation Training"))
PEDro	Developmental Coordination Disorder video game (AND)
	Developmental Coordination Disorder wii (AND)
	Developmental Coordination Disorder motor imagery (AND)
Cochrane	(Motor Skills Disorders OR Developmental Coordination Disorder OR Dyspraxia OR Clumsiness) AND (Child OR Pediatrics OR Adolescent) AND (Motor Imagery OR Virtual Reality OR Exergaming OR video Games OR Wii OR Kinect OR Virtual Reality Exposure Therapy OR Action Observation OR Action Observation Therapy OR Action Observation Training)
Web of Science	(Motor Skills Disorders OR Developmental Coordination Disorder OR Dyspraxia OR Clumsiness) AND (Child OR Pediatrics OR Adolescent) AND (Motor Imagery OR Virtual Reality OR Exergaming OR video Games OR Wii OR Kinect OR Virtual Reality Exposure Therapy OR Action Observation OR Action Observation Therapy)
Scopus	(("Motor Skills Disorders") OR ("Developmental Coordination Disorder") OR ("Dyspraxia") OR ("Clumsiness")) AND (("Child") OR ("Pediatrics") OR ("Adolescent")) AND (("Motor Imagery") OR ("Virtual Reality") OR ("Exergaming") OR ("Video Games") OR ("Wii") OR ("Kinect") OR ("Virtual Reality Exposure Therapy") OR ("Action Observation") OR ("Action Observation Therapy")).

5. RESULTADOS

5.1. Selección de artículos

Tras aplicar las diferentes estrategias de búsqueda con las palabras clave en las diferentes bases de datos, se obtuvieron 802 resultados (90 en PUBMED, 99 en Cochrane, 10 en PEDro, 451 en WOS y 152 en Scopus).

Al eliminar los duplicados (n=256) y aplicar el filtro ECAs (n=310), 123 artículos fueron examinados, de los cuales, 71 se excluyeron tras comprobar título y resumen.

De los 53 artículos restantes, se excluyeron aquellos artículos en los que el grupo intervención tuvo un tratamiento distinto a la Realidad Virtual, Imaginería Motora u Observación de la Acción (n=14), que fueron registros de estudios (n=12), en los que participaron niños sanos (n=10), y que fueron estudios piloto (n=5), protocolos (n=3) o estudios de valoración (n=1)

Finalmente, un total de 8 ECAs (6 estudios y 2 análisis secundarios) fueron incluidos para el análisis de esta revisión sistemática. El proceso de selección se muestra en el diagrama de flujo (Figura 1).

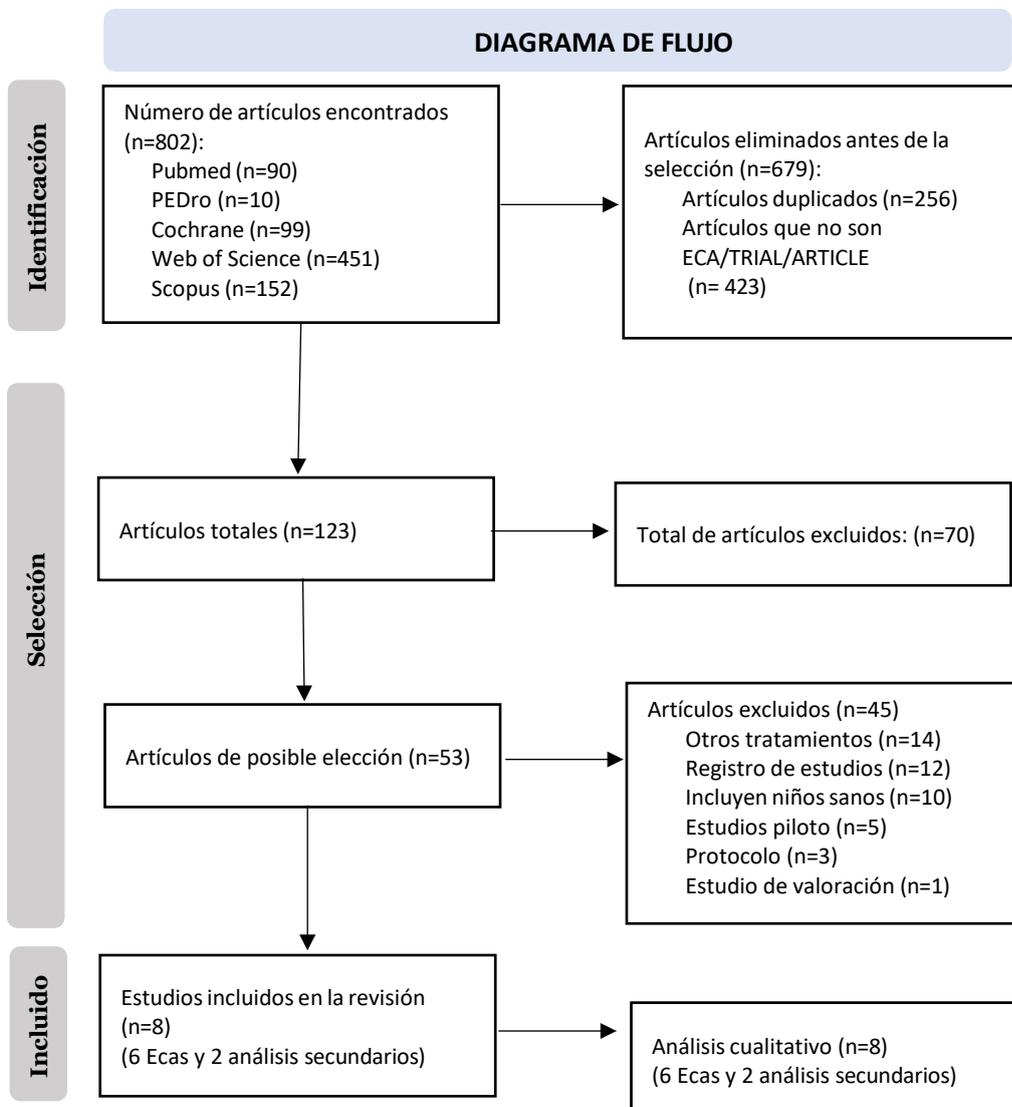


Figura 1. Diagrama de flujo

5.2. Características de los estudios incluidos

Se incluyeron 8 ECas, de los cuales el artículo de Calvacante Neto et al., (2021) (7) es un análisis secundario del de Calvacante Neto et al., (2019) (25) y el artículo de Wilson et al., (2016) (26) es un análisis secundario de Wilson et al., (2002) (27). Dos de los artículos estudiaron la eficacia de la realidad virtual comparada con otro tratamiento fisioterapéutico (7,25,28), 3 estudios compararon un grupo de realidad virtual con un grupo control (5,29,30) y un estudio comparó una intervención basada en imaginería motora y observación de la acción frente a un grupo control (26,27).

Se evaluaron un total de 222 pacientes, todos ellos diagnosticados de TDC en base a las recomendaciones del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (8) (la muestra de los análisis secundarios no fue añadida a la muestra total.). La edad media de los pacientes fue de 9 años aproximadamente siendo la menor edad 7 y la mayor 14.

Existía variabilidad de género en la muestra, aunque en algunos artículos no especificaba si la población era masculina o femenina (7,26). En otros artículos la muestra era únicamente masculina (5,30) o femenina (28). En el artículo restante se trató de una población mixta siendo el número de varones superior en dos ellos (29). Las características de los estudios incluidos en la revisión se detallan en la tabla 2.

5.3. Características de la intervención

El objetivo principal de la mayoría de los artículos consistió en evaluar la eficacia del tratamiento mediante realidad virtual. Únicamente el ECA de Wilson et al., 2002(27) y su análisis secundario de Wilson et al., 2016) (26) evaluaron la eficacia de la imaginería motora y la observación de la acción como tratamiento principal de la intervención.

Las intervenciones con realidad virtual estaban enfocadas en el uso de videojuegos en los que usando el movimiento del cuerpo se trabajaran las habilidades relacionadas con la escala MABC-2; una batería de pruebas de 8 actividades que evalúa la destreza motora, el apuntar y atrapar, y el equilibrio. La MABC-2 se adapta a distintos grupos de edad (A1: 3-6 años, A2: 7-11 años, A3: 11-16 años) y se considera una herramienta esencial para diagnosticar el TDC (9). La puntuación total obtenida en la MABC-2 se interpreta utilizando un sistema de semáforo, donde un percentil ≤ 5 indica una dificultad motriz importante (zona roja), un percentil entre 6 y 15 indica riesgo (zona amarilla) y un percentil ≥ 16 sugiere la ausencia de dificultades de movimiento (zona verde) (31). Coincide con la BOT-2 en cuanto a las variables que se estudian (10).

Estos juegos imitaban en su mayoría actividades deportivas como el fútbol, baloncesto o tenis evitando juegos violentos y centrándose en el equilibrio, la destreza manual o la recepción y lanzamiento. En la mayoría de los artículos los niños desconocían el uso de los videojuegos.

La realidad virtual se basaba en el uso de consolas Wii® en su mayoría (7,25,28,30) aunque algunos usaron Xbox 360® (5,29). Como el uso del mando no es muy fiable en cuanto a la captación del movimiento (29) se observó que en las intervenciones se utilizaron tecnologías como el Kinect® de Xbox® que recoge el movimiento del cuerpo al completo. La interfaz de estas consolas permitía guardar los resultados que se fueran obteniendo en cada entrenamiento y poder realizar así un seguimiento objetivo. En estas intervenciones se trataba de enseñar a los niños a elegir un videojuego entre una batería que podía incluir desde 4 hasta 16 para fomentar

su autonomía mientras que el fisioterapeuta supervisaba el entrenamiento a la vez que los motivaba y los guiaba en caso de dudas. Únicamente en el artículo de Straker et al., (2015) (29), la figura del fisioterapeuta no fue importante debido a que el entrenamiento lo realizaban en sus hogares.

Las sesiones tenían una duración de entre 30 minutos y una hora y se recomendaba que no fueran superiores a 2 horas ya que se considera contraindicado para la salud general del niño (29). El número medio de sesiones fue de 17 excluyendo el estudio de Straker et al., 2015 (29) en la que se realizaron entre 64 y 80 sesiones. EbrahimiSani et al., 2020 (5) describió un entrenamiento formado por calentamiento, parte principal y enfriamiento. Wilson et al., 2016 (26) y Wilson et al., 2002 (27) realizaron un protocolo de imaginería motora en el que destacaron los componentes C y E en los que se trabajaba imaginería motora junto a observación de la acción considerándose aspectos centrales de la simulación motora.

En la tabla 3 se describen las distintas intervenciones de cada estudio.

Tabla 2. Característica de los estudios incluidos en la revisión

Realidad virtual vs otro tratamiento fisioterapéutico							
	Participantes		Intervención		Variables (Instrumentos)	Resultados principales	Seguimiento
Autor (año)	N (sexo)	Edad media (DE)	Grupo experimental	Grupo control			
Bonney et al., (2017) (28)	43 (M) GE: 21(M) GC: 22(M)	GE: 14.3 (1.10) GC: 14.4 (1.05)	14 semanas Entrenamiento Wii	14 semanas Entrenamiento funcional orientado a tareas (TFT)	Habilidades motrices (MABC-2) Equilibrio (MABC-2) Fuerza muscular isométrica (Dinamómetro de mano) Resistencia aeróbica (carrera 20 m ida y vuelta) Destreza manual (MABC-2) Apuntar/atrapar (MABC-2) Rendimiento funcional (BOT-2)	↑ GE ↑ GE No hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos para el resto de las variables	No especificado
Calvacante Neto et al., (2021) (7) y Calvacante Neto et al., (2019) (25)	32 G1: 5(M) 11(H) G2: 3(M) 13(H)	8.28 (0.81)	6 semanas Protocolo entrenamiento de Wii® formado por 6 tareas	6 semanas Protocolo entrenamiento orientado a tareas (TST) formado por 6 tareas	Habilidades motrices (MABC-2 PTS) Equilibrio (MABC-2) Apuntar/atrapar (MABC-2) Destreza manual (MABC-2)	↑ GE ↑ GE No diferencias entre grupos para el resto de las variables.	No especificado

Realidad virtual vs control							
	Participantes		Intervención		Variables (Instrumentos)	Resultados principales	Seguimiento
Autor (año)	N (sexo)	Edad media (DE)	Grupo experimental	Grupo control			
EbrahimiSani et al., (2020) (5)	40 GE: 20 CG: 20	GE: 9 (1,07) GC: 9 (1,2)	8 semanas Programa de intervención con Xbox Kinect 360	8 semanas No intervención	Rotación de la mano (Software Standalone-psyhoPy) Planificación de acciones anticipatorias (ángulo rotación espada) Control rápido en línea (PEBL)	↑ GE vs GC ↑ GE vs GC ↑ GE vs GC	2 meses ↑ GE vs GC en todas las variables
Hashemi et al., (2022) (30)	50 (H) GE: 25 GC:25	9,55 GE: 9.43(2.10) GC: 9.67(2.39)	8 semanas 3 sesiones por semana. Entrenamiento Wii Fit	8 semanas. Programa escolar habitual.	Habilidades visuales-perceptivas (TVPS-R) Procesos cognitivos (CAS)	↑GE vs GC ↑GE vs GC	No especificado
Straker et al., (2015) (29)	21 10(M) 11(F) GE: 11 GC: 10	11.0 (1.0)	16 semanas Realización de actividades mediante videojuegos	16 semanas No realización de actividades mediante videojuegos	Habilidades motrices (MABC-2) Coordinación motora(DCDQ)	No hay diferencias estadísticamente significativas. ↑ GE vs GC	No especificado

Imaginería motora y Observación de la acción vs control							
	Participantes		Intervención		Variables (Instrumentos)	Resultados principales	Seguimiento
Autor (año)	N (sexo)	Edad media (SD)	Grupo experimental	Grupo control			
Wilson et al., (2002) (27) y Wilson et al., (2016) (26)	36 GE1: 13 GE2: 12 GC: 11	7-12 años	5 semanas GE1: imaginería motora + observación de la acción. GE2: PMT	Lista de espera	Habilidades motrices (MABC-PTS)	↑ GE1 vs GC	No especificado
<p>N: tamaño muestral; DE: desviación estándar; G: grupo; GE; grupo experimental; GC; grupo control; H: hombre; M: mujer; MABC-2: Batería de Evaluación del Movimiento para niños, segunda edición; PTS: puntuación total estándar; TST: protocolo de Entrenamiento Orientado a Tareas; BOT-2: The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition; DCDQ: Calificación de la Coordinación Motora de los niños y los padres; PEBL: Psychology Experiment Building Language; TVPS-R: Test of Visual Perceptual Skills Revised; CAS: Sistema de Evaluación Cognitiva; PMT: perceptual-motor training</p>							

Tabla 3. Características de las intervenciones

Artículo	Intervención	Duración de la sesión	Sesiones por semana	Semanas	Total de sesiones
Bonney et al. (2017) (28)	<p>Juegos aeróbicos (jogging, rhythm boxing, just dance, rhythm cycling, boxing, basic steps, island cycling y Kung Fu).</p> <p>Entrenamiento muscular (flexión-extensión de una sola pierna, torsión de torso, torsiones de una sola pierna, cuchillo de gato, estocada y sentadilla de remo).</p> <p>Equilibrio (hula hoop, perfect 10, pingüino, tabla de inclinación, carrera de obstáculos, fútbol y esquí slalom).</p> <p>Yoga/flexibilidad (guerrero, media luna, saludo al sol y palmera).</p>	45' (máximo 8 juegos por sesión)	1	14	14
Calvacante Neto et al. (2021) (7)	<p>Protocolo Wii formado por 6 tareas:</p> <p>Tenis de mesa: los niños simulaban los movimientos con el mando Wiimote. Se utilizó un avatar automático como oponente.</p>	51'-54' (7' cada ejercicio y 3-4' de descanso)	2	6	12
Calvacante Neto et al., (2019) (25)	<p>Frisbee: realizaron la tarea frente al televisor simulando los movimiento del frisbee con el mando Wiimote.</p> <p>Tiro con arco: regulaban el arco y lanzaban flechas a las dianas mediante el control del Wiimote.</p> <p>Bolos: simula el lanzamiento de bolos con el Wiimote.</p> <p>Equilibrismo: cada lado del cuerpo del niño se deslizaba seguido de ligeros movimientos de los pies para mantener el avatar en la cuerda.</p>	60'	2	8	16

	Marble balance: los niños movían el cuerpo hacia delante y atrás y hacia los lados para meter las bolas en los agujeros previstos.				
EbrahimiSani et al. (2020) (5)	El programa de sesiones incluyó: asistir a clase -> calentamiento (tocar partes del cuerpo que se les pide, música de acompañamiento, saltar a lo saros de hula-hop y movimiento de mariposa) -> jugar a 2 juegos de los 4 disponibles en Kinect de Xbox 360 -> actividades rutinarias como equilibrio y estiramientos	30' (2'-3' calentamiento, 12' cada juego, 2-3' activades rutinarias y estiramientos)	2	8	16
Hashemi et al. (2023) (30)	Jugaron 15 juegos que imitaban el golf, mini bolos, ciclismo, fútbol, skate y esquí. 6 juegos con movimientos de brazo.	30'	3	8	24
Straker et al. (2015) (29)	Kinect o Move y Eye (Playstation). Juegos no violentos que requerían habilidades motoras finas y gruesas de las EESS y EEII. S	20' mínimo	4-5 días a la semana	16	64-80
Wilson et al. (2016) (26) y Wilson et al., (2002) (27)	Imaginería motora: Protocolo de imágenes: sincronización predictiva -> relajación y preparación mental (relajación muscular progresiva) -> modelización visual de las aptitudes motoras fundamentales (observación de la acción) -> ensayo mental aptitudes desde perspectiva externa -> ensayo mental de habilidades desde perspectiva interna -> práctica abierta que involucre varias repeticiones de habilidad con ensayo mental entre cada uno. Siendo seis habilidades el foco del entrenamiento: atrapar, lanzar, golpear, saltar, equilibrar y colocar.	60'	1	5	5

5.4. Calidad metodológica de los estudios

La escala PEDro (Anexo II) se empleó para evaluar la calidad metodológica de los ECAs incluidos en la revisión. Cuatro artículos obtuvieron puntuaciones más altas en la escala; obteniendo una puntuación de 7 los artículos de EbrahimiSani et al., 2020 (5) , Bonney et al., (2017) (28) , Hashemi et al., (2022) (30), Wilson et al., (2016) (26) y Wilson et al., (2002) (27) . Las puntuaciones más bajas las obtuvieron los estudios de Calvacante Neto et al., (2021) (7) , Calvacante Neto et al., (2019) (25) , Straker et al., (2015) (29) con una puntuación de 4.

Tabla 4. Escala PEDro

ARTÍCULOS	ITEMS											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Bonney et al., (2017) (28)		Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7/10
Calvacante Neto et al., (2021) (7) y Calvacante Neto et al., (2019) (25)	No	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	4/10
EbrahimiSani et al., (2020) (5)	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
Hashemi et al., (2022) (30)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7/10
Straker et al., (2015) (29)	Sí	Sí	No	No	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	4/10
Wilson et al., (2002) (27) y Wilson et al. (2016) (26)	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	4/10

5.5. Análisis de la eficacia terapéutica

Seis de los 6 ECAs y 2 análisis secundarios han estudiado las habilidades motrices (7,25–29), de los cuales, 3 artículos analizaron la destreza manual, el equilibrio y la recepción y lanzamiento de forma aislada (25,28,29). Un artículo evaluó la calificación de la coordinación motora de los niños y la percepción de los padres (29) y el rendimiento funcional se midió en otro artículo (28). Por otra parte, 2 de los artículos evaluaron procesos cognitivos (5,30). Todos los estudios evaluados fijaron la significación estadística en un valor de $p < 0,05$. A continuación, se describirán los resultados para las variables más evaluadas.

5.5.1. Habilidades motrices

De los estudios incluidos en esta revisión, aquellos que incluyeron intervenciones realizadas mediante realidad virtual analizaron las habilidades motrices de forma general a excepción de Hashemi et al., (2022) (30) y EbrahimiSani et al., (2020) (5). Todos estos artículos lo evaluaron mediante la escala MABC-2 y a corto plazo.

Realidad virtual vs. otro tratamiento fisioterapéutico

El estudio de Booney et al., (2017) (28) evaluaron las habilidades motrices sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre grupos tras la intervención (corto plazo), al igual que Calvacante Neto et al., (2019) (25), aunque sí que encontraron diferencias estadísticamente significativas dentro del grupo intervención ($p < 0,01$) . Por otra parte, Calvacante Neto et al., (2021) (7) analizaron la capacidad de aprendizaje del grupo intervención de las habilidades motrices correspondientes a la MABC-2 en 3 fases, encontrando diferencias estadísticamente significativas en todas ellas ($p < 0,001$), excepto en una, evidenciando una evolución en el

aprendizaje que fue superior en las primeras etapas. A pesar de no tener evidencia estadísticamente significativa, Bonney et al., (2017) (28) encontró que el 81% de los niños que realizaron la intervención mediante realidad virtual alcanzaron rangos normales en la escala MABC-2 a corto plazo. Fue el único artículo que usó la prueba BOT-2 a través de las subpruebas de carrera y agilidad obteniendo mejoras significativas intragrupo en el grupo intervención ($p < 0,001$). Además, fue capaz de relacionar el aumento de los niveles de fuerza del tobillo tras la intervención con el aumento de las puntuaciones totales en el MABC-2 ($p < 0,02$).

Realidad virtual vs. control

El único artículo que analizó esta variable en comparación a un grupo control es Straker et al., (2015) (29) que no obtuvo diferencias estadísticamente significativa entre grupos a corto plazo.

Imaginería motora y observación de la acción vs. control

En el estudio de Wilson et al., (2002) (27) se objetivaron cambios estadísticos únicamente dentro del grupo experimental ($p < 0,001$), mientras que Wilson et al., (2016) (26) encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupo intervención frente al control ($p < 0,03$) a corto plazo.

5.5.2. Equilibrio

El equilibrio se midió a corto plazo en 4 artículos (7,25,28,29) a través de diferentes sistemas con variabilidad en los resultados que se analizarán a continuación.

Realidad virtual vs. otro tratamiento fisioterapéutico

En el estudio de Calvacante Neto et al., (2019) (25) el equilibrio se midió a través de las herramientas que proporciona la escala MABC-2 al igual que Bonney et al. (2017) (28) sin cambios significativos entre grupos, pero con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) en el grupo intervención. Calvacante Neto et al., (2021) (7) continuaron en la misma línea ($p < 0,01$) pero midieron la variable a través de la actividad de "Marble Balance". Bonney et al. (2017) (28) obtuvieron resultados similares ($p < 0,003$).

Realidad virtual vs. control

Utilizando diferentes variables como la distancia de trayectoria de masa (COM) o los tiempos de prueba de equilibrio, Straker et al., (2015) (29) evaluaron el equilibrio monopodal tras la intervención sin obtener resultados estadísticamente significativos.

5.5.3. Destreza manual

A través de las herramientas de las que dispone la escala MABC-2, 3 artículos (25,28,29) midieron la destreza manual a corto plazo sin obtener cambios estadísticamente significativos entre grupos.

Realidad virtual vs. otro tratamiento fisioterapéutico

Se observaron diferencias estadísticamente significativas intragrupo experimental en el estudio de Bonney et al., (2017) (28), ($p = 0,001$). Calvacante Neto et al., (2019) (25) no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos y encontraron una tendencia hacia la mejora dentro del grupo intervención ($p = 0,05$).

Realidad virtual vs. control

Straker et al., (2015) (29) tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos tras realizar la intervención

5.5.4. Puntería y atrape

La variable de puntería y atrape se analizó mediante las herramientas propuestas en la escala MABC-2 a corto plazo en tres artículos (25,28,29) sin obtener cambios estadísticamente significativos.

Realidad virtual vs. otro tratamiento fisioterapéutico

En cuanto a la puntería y atrape, la intervención mediante realidad virtual en el estudio de Bonney et al., (2017) (28) no obtuvieron cambios estadísticamente significativos al igual que en el estudio de Calvacante Neto et al., (2019) (25).

Realidad virtual vs. control

En el estudio de Straker et al., (2015) (29) analizaron los resultados en la variable de puntería y atrape sin obtener cambios estadísticamente significativos.

5.5.5. Procesos cognitivos

Realidad virtual vs. control

Los procesos cognitivos se midieron en dos artículos (5,30) a través de diferentes métodos de análisis encontrando diferencias estadísticamente significativas a corto (tras finalizar la intervención) y medio plazo (a los 2 meses post-intervención) entre los grupos.

Tras realizar una intervención mediante realidad virtual, Hashemi et al., (2022) (30) obtuvieron diferencias estadísticamente significativas a corto plazo al medir la planificación, la atención, las relaciones verbales-espaciales y la velocidad del habla a través del sistema de evaluación cognitiva (CAS) ($p=0,013$) y la prueba de habilidades de percepción visual ($p=0,024$). Por su parte, EbrahimiSani et al., (2020) (5) fue el único estudio que tuvo un seguimiento de 2 meses, es decir, a medio plazo, en donde se mantuvieron los resultados con diferencias estadísticamente significativas. Para llegar a estos resultados significativos se utilizaron herramientas como el software Standlone-psyhoPy que midió la capacidad de imaginación motora interna ($p=0,002$), la prueba del ángulo de rotación de espada con el fin de medir la planificación de la acción ($p<0,001$) o el control anticipatorio mediante el control rápido en línea (PEBL) ($p<0,001$). Tanto las herramientas de Hashemi et al., (2022) (30) como EbrahimiSani et al., (2020) (5) midieron variables propias de procesos cognitivos con influencia sobre el modelo interno.

6. DISCUSIÓN

El objetivo de la presente revisión fue analizar en los estudios publicados hasta el momento, los efectos que produce la realidad virtual, la imaginación motora y la observación de la acción en cuanto a las variables de habilidad motora, destreza manual, puntería y atrape, equilibrio y procesos cognitivos en niños y adolescentes con TDC.

La intervención de fisioterapia realizada en el grupo experimental basada en realidad virtual ha revelado ser efectiva para el abordaje a corto plazo de estos pacientes. Ha demostrado que produce mejoras en niños y adolescentes en las variables de estudio. En 3 de los 6 ensayos

clínicos que evaluaron las habilidades motrices se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos, destacando mejorías en el aprendizaje motor. Los niños mejoraron los procesos cognitivos en los 2 estudios en los que se tuvo en cuenta. Además, en 2 de 4 estudios el equilibrio mejoró a nivel del grupo intervención, similares fueron los resultados para la destreza manual, teniendo en cuenta que en 1 de 3 estudios mejoró a nivel del grupo intervención. Por otra parte, no se observaron cambios significativos en la puntería y atrape.

En cuanto al análisis de la calidad metodológica de los artículos según la escala PEDro, se considera que 3 de los artículos analizados tienen una evidencia buena (5,28,30). En el resto de los artículos (7,25–27,29) se considera que la evidencia es pobre según la clasificación de Cashin & McAuley., (2020) (24). Todos los artículos han realizado una comparación entre grupos y han estudiado las medidas puntuales y de variabilidad de al menos un resultado clave, pero en ningún estudio el terapeuta estuvo cegado. Por otra parte, los estudios de Bonney et al., (2017) (28), Wilson et al., (2002) (27) y Wilson et al., (2016) (26) cumplieron con el criterio el cegamiento del evaluador. Únicamente se ha encontrado que los sujetos estuvieran cegados en el estudio de EbrahimiSami et al., (2020) (5).

Se han encontrado 3 revisiones sistemáticas sobre el TDC que tienen como objetivo principal analizar la eficacia de las intervenciones orientadas a la tarea o no incluyen la realidad virtual (13,32,33). La revisión de Smits-Engelsman et al., (2018) (34) analiza la evidencia de los diferentes tratamientos existentes donde destaca el uso de la realidad virtual como complemento de intervención y la revisiones de Mentiplay et al., (2019) (35) y Calvacante Neto et al., (2019) (36) analizan únicamente los efectos de la realidad virtual en la mejora del rendimiento motor, a diferencia de la presenta revisión en la que se tiene en cuenta el efecto sobre la capacidad cognitiva. En los artículos incluidos en dichas revisiones se utilizan las mismas herramientas de medición y se ha encontrado solamente un artículo (37) que analiza el efecto de la IM en la tarea de rotación de la mano y ninguna revisión ha tenido en cuenta la técnica de observación de la acción. En el presente trabajo se han incluido artículos hasta el año 2022, cuando el resto de las revisiones sólo incluye hasta el 2020. Se han encontrado distintos ECAs que aplicaban la observación de la acción y la imaginación motora como intervención principal, pero no se han incluido en la presente revisión por no cumplir con los criterios de selección adoptados en la revisión (38,39).

En cuanto al seguimiento, únicamente EbrahimiSani et al., (2020) (5) especificaron que se realizó un seguimiento de dos meses tras la intervención en el que se mantuvo la ventaja del grupo experimental frente al control. En otras revisiones sistemáticas también describen que la falta de seguimiento es una limitación para conocer la efectividad de los tratamientos (33,34) o estudiaban únicamente el efecto a corto plazo (13).

Todos los ECAs seleccionados, exceptuando los de Wilson et al., (2016) (26) y Wilson et al., (2002) (27), aplicaron la realidad virtual como tratamiento principal. En concreto, el uso de videojuegos a través de interfaces como Kinect®, Move Eye® o Wii Fit® en las que se detectaba el movimiento del cuerpo en su totalidad. La cantidad de pacientes que participaron en las distintas intervenciones fue similar en todos los artículos variando entre 32 y 50 participantes, a excepción de Straker et al., (2015) (29) que tenían la muestra más baja con 21 participantes. En cuanto a la edad, Bonney et al., (2017) (28) fue el único artículo que tuvo mayores diferencias al realizar la intervención con pacientes de 14 años de media, cuando la población del resto de

artículos no superaba los 11 años. Es importante recalcar que es complicado conseguir un grupo homogéneo de intervención puesto que es una patología muy variable que no afecta de la misma manera a todas las personas que lo padecen (1) y que además se encuentra infradiagnosticada (6). En cuanto a la intervención, se siguió un patrón similar en la que se elegían videojuegos en los que se trabajaba los distintos ítems del MABC-2, siendo actividades aplicables a la vida real, pero existían muchas diferencias en cuanto a la metodología de la propia intervención como el tiempo que debe durar un entrenamiento de RV, si es necesario realizar un calentamiento y enfriamiento (5) o el número de videojuegos al que deben jugar. De forma media una intervención tiene una duración de 15 sesiones, aunque no se encontró un consenso de la duración de estas, existiendo una diferencia importante en el artículo de Straker et al., (2015) (29) en la que la intervención estima una duración entre 64-80 sesiones respecto al resto de artículos donde la duración de las sesiones se sitúa entre 5 y 24 (5,7,25-28). Respecto a la frecuencia, tampoco hubo un consenso definido, variando entre 1 y 4 sesiones por semana según el estudio. En cuanto a las variables evaluadas, las herramientas de medición están bastante estandarizadas, usando en su mayoría la escala MABC-2 a excepción de EbrahimiSani et al., (2020) (5) y Hashemi et al., (2022) (30), que usaron otras herramientas, como la escala CAS o el control rápido en línea, para conocer si la realidad virtual tenía efectos sobre la capacidad cognitiva, incidiendo en la importancia de las neuronas espejo y la neuroplasticidad que se activa al utilizar la RV, al igual que en la imaginación motora y en el aprendizaje observacional.

Sin embargo, se encuentran algunas limitaciones en la presente revisión. El número de artículos incluidos en la revisión es reducido, debido a que la búsqueda se limitó con unos criterios de selección muy rigurosos y únicamente se seleccionaron 5 bases de datos. Además, la mayoría de los artículos incluidos en la revisión no tienen seguimiento a medio-largo plazo, el tamaño de la muestra es reducido en cada uno de ellos y los protocolos de tratamiento no están estandarizados.

Se considera necesario que investigaciones futuras se realicen con un mayor tamaño de muestra y con una mejor calidad metodológica. Además, es necesario investigar los efectos de las técnicas aplicadas a medio-largo plazo, así como la realización de protocolos estandarizados que establezcan un consenso en cuanto a las intervenciones realizadas: tipo de juego, número de sesiones, etc. Por otra parte, son necesarios estudios de mayor calidad que evalúen los efectos de la imaginación motora y la observación de la acción en niños con TDC.

7. CONCLUSIONES

- Una intervención mediante realidad virtual, imaginación motora y observación de la acción puede ayudar a mejorar la clínica de un paciente diagnosticado de TDC, pero no existe evidencia de que esta intervención sea superior a otras.
- El tratamiento mediante realidad virtual produce mejoras en las habilidades motrices de los niños con TDC a corto plazo.
- El tratamiento mediante realidad virtual produce mejoras en el equilibrio de los niños con TDC a corto plazo.
- El tratamiento mediante realidad virtual produce mejoras en la destreza manual de los niños con TDC a corto plazo.

- El tratamiento mediante realidad virtual produce mejoras en los procesos cognitivos de los niños con TDC a corto y medio plazo
- El tratamiento mediante imagería motora y observación de la acción produce mejoras en las habilidades motrices de los niños con TDC a corto plazo.
- Son necesarios futuros estudios con mayores tamaños muestrales, protocolos homogeneizados y mayor continuidad del tratamiento en el tiempo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ip A, Mickelson ECR, Zwicker JG. Assessment, diagnosis, and management of developmental coordination disorder. *Paediatr Child Health*. 2021; 26(6):375–8.
2. Rivilis I, Hay J, Cairney J, Klentrou P, Liu J, Faught BE. Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Res Dev Disabil*. 2011; 32(3):894–910.
3. Meachon EJ, Zemp M, Alpers GW. Developmental Coordination Disorder (DCD): Relevance for Clinical Psychologists in Europe. *Clinical psychology in Europe*. 2022; 4(2): e4165.
4. Scott MW, Wood G, Holmes PS, Williams J, Marshall B, Wright DJ. Combined action observation and motor imagery: An intervention to combat the neural and behavioural deficits associated with developmental coordination disorder. *Neurosci Biobehav Rev*. 2021; 127:638–46.
5. EbrahimiSani S, Sohrabi M, Taheri H, Agdasi MT, Amiri S. Effects of virtual reality training intervention on predictive motor control of children with DCD – A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil*. 2020; 107:103768.
6. Ros Cervera G, Rodríguez González L, G.Maraña Pérez AI, Monfort Belenguer L, Delgado Lobete L. Trastorno del desarrollo de la coordinación. *Protoc Diagn Ter Pediatr*. 2022; 43–9.
7. Cavalcante Neto JL, Steenbergen B, Zamunér AR, Tudella E. Wii training versus non-Wii task-specific training on motor learning in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med*. 2021; 64(2):101390.
8. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 2013.
9. Hutchins T, Vivanti G, Mateljevic N, Jou RJ, Shic F, Cornew L, et al. Movement Assessment Battery for Children: 2nd Edition (MABC-2). *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* [Internet] 2013 [Consultado 23 May 2023] ;1925–39. Disponible en: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4419-1698-3_1922
10. Deitz JC, Kartin D, Kopp K. Review of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2) [Internet] 2009 [Consultado 23 Mayo 2023]; 27(4):87–102. Disponible en: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/J006v27n04_06
11. Da K, Bontempo S, Simoes Martínez CM, Piunbato MC, Hayasha I. Evaluación del trastorno del desarrollo de la coordinación. *Revista Chilena de Terapia Ocupacional*. 2022; 23(2):23–38.
12. Harris SR, Mickelson ECR, Zwicker JG. Diagnosis and management of developmental coordination disorder. *CMAJ*. 2015; 187(9):659–65.
13. Miyahara M, Hillier SL, Pridham L, Nakagawa S. Task-oriented interventions for children with developmental co-ordination disorder. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; 7(7).

14. Monsalve-Robayo A, Natalia García-Muñoz M, Carolina Murcia-Torres W, Ortega-Garzón MA. Técnicas de tratamiento utilizadas por Terapia Ocupacional para niños con dispraxia del desarrollo. *Rehabilitacion (Madr)*. 2017; 51(1):30–42.
15. Rutkowski S, Kiper P, Cacciante L, Cieślik B, Mazurek J, Turolla A, et al. Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 2020; 52(11).
16. Edición. Ingeniería y Desarrollo en la Nueva Era [Internet] 2022 [Consultado 23 Mayo 2023]; Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7381846>
17. Tao T, Jia Y, Xu G, Liang R, Zhang Q, Chen L, et al. Enhancement of motor imagery training efficiency by an online adaptive training paradigm integrated with error related potential. *J Neural Eng*. 2023; 20(1).
18. Bragado Rivas M, Cano-De La Cuerda R. Práctica mental en la rehabilitación de pacientes con ictus. Una revisión sistemática. *Rehabilitacion (Madr)*. 2016; 50(1):29–40.
19. Bruton AM, Holmes PS, Eaves DL, Franklin ZC, Wright DJ. Neurophysiological markers discriminate different forms of motor imagery during action observation. *Cortex*. 2020; 124:119–36.
20. Ryan D, Fullen B, Rio E, Segurado R, Stokes D, O’Sullivan C. Effect of Action Observation Therapy in the Rehabilitation of Neurologic and Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review. *Arch Rehabil Res Clin Transl*. 2021; 3(1):100106.
21. Munzert J, Lorey B, Zentgraf K. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Res Rev*. 2009; 60(2):306–26.
22. Héту S, Grégoire M, Saimpont A, Coll MP, Eugène F, Michon PE, et al. The neural network of motor imagery: An ALE meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2013; 37(5):930–49.
23. Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 2021; 74(9):790–9.
24. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother*. 2020; 66(1):59.
25. Cavalcante Neto JL, Steenbergen B, Wilson P, Zamunér AR, Tudella E. Is Wii-based motor training better than task-specific matched training for children with developmental coordination disorder? A randomized controlled trial. *Disabil Rehabil*. 2019; 42(18):2611–20.
26. Wilson PH, Adams ILJ, Caeyenberghs K, Thomas P, Smits-Engelsman B, Steenbergen B. Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: A replication study. *Res Dev Disabil*. 2016; 57:54–62.
27. Wilson PH, Thomas PR, Maruff P. Motor imagery training ameliorates motor clumsiness in children. *J Child Neurol*. 2002; 17(7):491–8.
28. Bonney E, Ferguson G, Smits-Engelsman B. The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with Developmental Coordination Disorder. *Res Dev Disabil*. 2017; 71:223–36.

29. Straker L, Howie E, Smith A, Jensen L, Piek J, Campbell A. A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. *Hum Mov Sci.* 2015; 42:146–60.
30. Hashemi A, Khodaverdi Z, Zamani MH. Effect of Wii Fit training on visual perception and executive function in boys with developmental coordination disorders: A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil.* 2022; 124:104196.
31. Evaluación de la batería de evaluación del movimiento para niños-2 (MABC-2). EFPA. 2016.
32. Miyahara M, Lagisz M, Nakagawa S, Henderson S. Intervention for children with developmental coordination disorder: How robust is our recent evidence? *Child Care Health Dev.* 2020; 46(4):397–406.
33. Smits-Engelsman BCM, Blank R, Van Der Kaay AC, Mosterd-Van Der Meijs R, Vlucht-Van Den Brand E, Polatajko HJ, et al. Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol.* 2013; 55(3):229–37.
34. Smits-Engelsman B, Vinçon S, Blank R, Quadrado VH, Polatajko H, Wilson PH. Evaluating the evidence for motor-based interventions in developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Res Dev Disabil.* 2018 Mar 1; 74:72–102.
35. Mentiplay BF, Fitzgerald TL, Clark RA, Bower KJ, Denehy L, Spittle AJ. Do video game interventions improve motor outcomes in children with developmental coordination disorder? A systematic review using the ICF framework. *BMC Pediatr.* 2019; 19(1).
36. Cavalcante Neto JL, de Oliveira CC, Greco AL, Zamunér AR, Moreira RC, Tudella E. Is virtual reality effective in improving the motor performance of children with developmental coordination disorder? A systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2019; 55(2):291–300.
37. Barhoun P, Fuelscher I, Kothe EJ, He JL, Youssef GJ, Enticott PG, et al. Motor imagery in children with DCD: A systematic and meta-analytic review of hand-rotation task performance. *Neurosci Biobehav Rev.* 2019; 99:282–97.
38. Ganapathy Sankar U, Monisha R. Effectiveness of motor imagery training for children with developmental coordination disorder among indian children-a pilot study. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences.* 2020; 11(4):6522–5.
39. Marshall B, Wright DJ, Holmes PS, Williams J, Wood G. Combined action observation and motor imagery facilitates visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil.* 2020; 98:103570.
40. Escala PEDro-Español [Internet] [Consultado 23 Mayo 2023] Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>

9. ANEXOS

ANEXO I. Criterios diagnósticos DSM-5

- Criterio A: la adquisición y ejecución de habilidades motoras coordinadas están por debajo de lo esperado para la edad del individuo. Este criterio se evalúa mediante herramientas estandarizadas como la Movement Assessment Battery for Children-2 (MABC-2) o la Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency-2 (BOT-2).
- Criterio B: las dificultades motoras afectan de manera significativa y constante las actividades de la vida diaria. Este criterio se evalúa mediante cuestionarios para los padres, como el Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) para niños de 5 a 15 años, o el Little DCDQ para niños de 3 a 4 años.
- Criterio C: el inicio de los síntomas se produce en el período de desarrollo temprano. Este criterio se evalúa a través de la historia de desarrollo y los hitos motores correspondientes.
- Criterio D: las dificultades motoras no son atribuibles a una discapacidad visual, intelectual o neurológica como la distrofia muscular o la parálisis cerebral. Se requiere un examen neurológico y, en algunos casos, pruebas de coeficiente intelectual evaluadas por un psicólogo (8).

ANEXO II. Escala PEDro (40)

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:
