



---

**Universidad de Valladolid**

## **FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA**

Grado en Fisioterapia con Mención en Pediatría

### **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Efectividad del ejercicio físico en las capacidades cognitivas de pacientes pediátricos con síndrome de Down. Revisión narrativa.**

Autora: Cristina Uruñuela López

Tutora: M.<sup>a</sup> Teresa Mingo Gómez

Soria, 10 de Julio de 2019

# ÍNDICE

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

## RESUMEN

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Etiopatogenia.....	1
1.2	Epidemiología .....	2
1.3	Diagnóstico .....	2
1.3.1	Diagnóstico prenatal .....	2
1.3.2	Diagnóstico postnatal .....	2
1.4	Evolución.....	3
1.5	Manifestaciones Clínicas .....	3
1.6	Tratamiento .....	5
1.6.1	Tratamiento médico .....	5
1.6.2	Tratamiento de Fisioterapia.....	6
1.6.2.1	Tratamiento del retraso psicomotor.....	6
1.6.2.2	Ejercicio físico como tratamiento.....	7
2.	JUSTIFICACIÓN.....	9
3.	OBJETIVOS .....	10
3.1	Objetivo principal.....	10
3.2	Objetivos secundarios.....	10
4.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	10
5.	RESULTADOS .....	12
5.1	Ejercicio aeróbico .....	12
5.2	Hipoterapia .....	16
5.3	Ejercicio a través de la realidad virtual.....	16
6.	DISCUSIÓN.....	18
6.1	Limitaciones de los estudios encontrados .....	22
7.	CONCLUSIONES.....	22
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	24
9.	ANEXOS.....	27
9.1	<b>Anexo 1:</b> Tabla 2.- Artículos seleccionados para la discusión del trabajo.....	27
9.2	<b>Anexo 2:</b> Tabla 3.- Características de los estudios seleccionados para la discusión del trabajo.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Tabla 1.</b> Edad de adquisición de hitos motores en SD .....	7
<b>Tabla 2.</b> Artículos seleccionados para la discusión del trabajo .....	27
<b>Tabla 3.</b> Características de los estudios empleados .....	30
<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica .....	12
<b>Figura 2.</b> Bicicleta adaptada al entrenamiento según la organización “ <i>Lose the Trainign Wheels</i> ” .....	15

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

**AT.** Atención temprana

**CR.** Cinta rodante

**EA.** Ejercicio aeróbico

**HT.** Hipoterapia

**RV.** Realidad virtual

**SD.** Síndrome de Down

**TCA.** Terapia de ciclismo asistida

## RESUMEN

Introducción: el síndrome de Down es una de las principales causas de retraso mental en el mundo y una de las anomalías genéticas con mayor incidencia mundial. Además, estos pacientes presentan numerosas comorbilidades asociadas lo cual disminuye su calidad de vida, por lo que requieren de un tratamiento multidisciplinario y lo más temprano posible. Como componente esencial del tratamiento fisioterápico, la práctica de ejercicio físico es un buen método para fomentar un correcto desarrollo y relación con el entorno así como para generar ciertas estrategias mentales que mejoran aspectos como la memoria, el aprendizaje y el razonamiento. Debido al poco conocimiento existente acerca de la relación entre los aspectos cognitivos y motores, se opta por realizar una revisión bibliográfica acerca de la eficacia del ejercicio físico en los aspectos cognitivos en pacientes pediátricos con síndrome de Down.

Objetivo: el objetivo principal de este trabajo es conocer la efectividad del ejercicio físico en las capacidades cognitivas de pacientes pediátricos con síndrome de Down.

Material y métodos: para la realización del presente trabajo se han realizado varias búsquedas bibliográficas actualizadas en las bases de datos de la Biblioteca Nacional de los Estados Unidos en su prestación de PubMed, *Physiotherapy Evidence Database* (PEDRo) y la Biblioteca *Cochrane Plus*. Todo ello ha sido elaborado teniendo en cuenta unos criterios de inclusión y exclusión y en función de su validez, importancia y aplicabilidad. Por otro lado se han consultado ciertas páginas web fiables para contrastar la información obtenida. Finalmente se han utilizado un total de 13 artículos para realizar la discusión de este trabajo.

Resultados y discusión: aun teniendo en cuenta las limitaciones de los estudios y la necesidad de realizar más estudios científicos, los autores apoyan la validez de la práctica de ejercicio físico para el abordaje de los déficits cognitivos en pacientes con síndrome de Down.

Conclusiones: el ejercicio físico, tanto aeróbico como a través de la realidad virtual o mediante la hipoterapia, es eficaz en el tratamiento de los déficits cognitivos en pacientes con síndrome de Down durante su desarrollo. Sin embargo, se observa la necesidad de realizar un mayor número de estudios que detallen los efectos a nivel cognoscitivo más específicamente y que verifiquen los resultados tanto a corto como a largo plazo.

# 1. INTRODUCCIÓN

El Síndrome de Down (SD) o trisomía 21 es una de las anomalías congénitas más frecuentes y una de las principales causas de retraso mental en el mundo (1). Es una patología sin cura y de origen genético que produce 1 de cada 150 abortos durante el primer período del embarazo (2) y que coexiste con un gran número de comorbilidades que afectan a nivel general, por lo que el principal objetivo del equipo multidisciplinar será el de proporcionar una vida lo más similar a la normalidad posible.

Aunque este síndrome había sido descrito miles de años atrás, recibió el nombre de John Langdon Down ya que fue quien descubrió su descripción clínica en 1866. Actualmente, numerosos científicos han identificado genes candidatos que están involucrados en la formación de las características específicas del SD (3).

La persona con SD se caracteriza por rasgos físicos particulares, mayor riesgo de presentar malformaciones congénitas, mayor vulnerabilidad de enfermedades y discapacidad física e intelectual en grado variable, por lo que requieren de prevención, diagnóstico y tratamiento pertinente (1-3).

## 1.1 Etiopatogenia

Según el tipo de anomalía cromosómica que produce el cromosoma extra se clasifican en 3 categorías (4):

**Trisomía 21:** es el tipo de anomalía más común. Generalmente ocurre esporádicamente, pero el riesgo de tener un hijo con SD aumenta con el avance de la edad materna.

**SD por traslocación:** en este caso, hay tres cromosomas 21, y es la copia adicional del cromosoma la causa de los problemas de salud asociados con el síndrome. En el SD por translocación, el cromosoma 21 adicional se puede unir a diferentes cromosomas e incluso dos cromosomas 21 pueden unirse entre sí.

**Mosaicismo:** el mosaicismo indica que una persona posee una composición de cromosomas en sus células que no es homogénea sino que presenta determinadas variantes. Especialmente en el SD, algunas células del organismo presentan 46 cromosomas, lo cual sería normal, mientras que en otras células presentan 47 cromosomas. Este cromosoma extra pertenece a la pareja 21, produciéndose así la trisomía.

Clínicamente, tanto la trisomía 21 como el SD por translocación son idénticos. Sin embargo, los pacientes con SD en mosaico pueden tener un fenotipo más leve, dependiendo de la extensión y distribución tisular de la línea celular normal (4).

## **1.2 Epidemiología**

El SD es la anomalía cromosómica más común cuya incidencia global estimada es de alrededor del 0,1% en los nacidos vivos (5).

El aumento de la edad materna ha inducido un incremento en el número de embarazos con SD. Tanto es así, que en algunas regiones la prevalencia total del síndrome ha aumentado más del doble. No obstante, en la mayoría, la práctica extendida del diagnóstico prenatal y el aborto han hecho que la prevalencia de estos nacimientos se haya visto reducida (6).

Asimismo, las diferencias en las medidas adoptadas por cada región también provocan desigualdades geográficas importantes del síndrome, incluso dentro de las propias regiones en las que se realiza el diagnóstico prenatal. De todos modos se conoce que, independientemente de la región, más de tres cuartas partes de estos diagnósticos prenatales de SD terminan en aborto provocado (2,6).

A pesar de las muchas comorbilidades que pueden coexistir en estos individuos, la tasa de supervivencia ha aumentado sustancialmente de menos del 50% a mediados de la década de 1990 al 95% a principios de la década de 2000 (5).

Debido a las propias afectaciones tanto físicas como cognitivas de estos pacientes pediátricos, se requieren de unos cuidados especiales médicos, psicosociales o de educación especial, entre otros. Todo ello supone a su vez un coste económico tanto para las familias como para los servicios de ayuda (7).

## **1.3 Diagnóstico**

### **1.3.1 Diagnóstico prenatal**

El diagnóstico prenatal se realiza a través de una prueba útil que detecta la probabilidad de que los bebés nazcan con SD. Dicha prueba recibe el nombre de amniocentesis. Diversidad de entidades como El Colegio Americano de Obstetricia y Ginecología y el Colegio Americano de Genética Médica (4) recomiendan pruebas de detección prenatal para mujeres de todos los grupos aunque lo más recomendado (8) es hacerlo a mujeres que presentan una edad mayor de 36 años debido al mayor riesgo por su edad avanzada o por tener un historial genético positivo.

### **1.3.2 Diagnóstico postnatal**

Aunque el diagnóstico principal para el SD es principalmente clínico, la prueba más específica y acertada sigue siendo el análisis cromosómico que nos muestra la copia adicional del cromosoma 21. Actualmente este análisis está considerablemente aceptado y los resultados de esta prueba se obtendrán en aproximadamente 2 o 3 semanas.

Por otro lado existen métodos citogenéticos moleculares como es la reacción en cadena de la polimerasa fluorescente cuantitativa y la hibridación in situ con fluorescente. Ambas técnicas pueden proporcionar un diagnóstico rápido en 2 días y, a veces, son necesarios en recién nacidos prematuros con cierta sospecha de SD (4).

## 1.4 Evolución

La evolución de estos pacientes dependerá de las patologías que presentan y la severidad de éstas. Además, en función del tiempo y del tipo (8) de tratamiento que reciban influirá notablemente en su pronóstico. No obstante, la esperanza de vida de estos pacientes es notablemente reducida en relación con el resto de la población, viviendo una media de edad de entre los 47 y los 55 años. Todo ello se debe especialmente a los problemas cardiológicos que son el principal motivo de fallecimiento en estos pacientes pero, por otro lado, se encuentran también las complicaciones neurodegenerativas que afectan de manera generalizada a las estructuras del sistema nervioso (4,9).

A pesar de las numerosas comorbilidades presentes, el pronóstico de los pacientes que presentan SD es mucho más favorable que años atrás (3,5). Todo ello se debe a grandes investigaciones en la materia, al trabajo del equipo multidisciplinar en el cual se deben involucrar tanto médicos, como fisioterapeutas, logopedas o psicólogos y finalmente gracias a las grandes oportunidades educativas y de integración social (9).

## 1.5 Manifestaciones Clínicas

Las manifestaciones clínicas pueden variar según la forma de afectación genómica, siendo las más destacadas aquellas que afectan a la condición física y a la capacidad cognitiva provocando así un retraso generalizado en el desarrollo (4).

**Alteraciones físicas:** dos de las alteraciones más comunes, además de los propios rasgos físicos aparentes, son la hipotonía y la hiperlaxitud generalizada, lo cual aumenta considerablemente el riesgo de padecer lesiones. Además, como consecuencia de ello suelen presentar pies planos, escoliosis o luxación congénita de cadera (10).

Por otro lado encontramos problemas cardiológicos y hematológicos, lo cual se relaciona a una mayor mortalidad y morbilidad durante los primeros años de vida (9). Otra característica muy común tanto en niños como en adultos es la tendencia a la obesidad que se desencadena por factores tales como el hipotiroidismo, niveles altos de leptina y deficiencia basal de tasa metabólica (4).

Asimismo estos pacientes presentan alteraciones respiratorias, entre las cuales destacamos la apnea obstructiva del sueño: suele ser muy común y se encuentra relacionada con características anatómicas únicas de la vía superior, así como con el mayor riesgo de hipotonía, hipotiroidismo y obesidad (11).

Más de la mitad de los niños presentan un lenguaje deficiente y dificultad en las habilidades de comunicación (4), principalmente debido al retraso en el habla, a la mala articulación y la falta de comprensión del lenguaje.

Además muestran desordenes oftalmológicos, problemas otorrinolaringológicos y dermatológicos que requieren derivación médica para su correcto tratamiento (4).

En la siguiente lista se muestra un resumen de las principales características físicas de los niños con SD en los recién nacidos (12):

- Hipotonía.
- Perfil facial plano.
- Nariz pequeña y puente nasal bajo.
- Fisuras palpebrales oblicuas hacia arriba.
- Orejas pequeñas, lóbulos auriculares pequeños o ausentes.
- Boca pequeña y lengua protruyente.
- Braquicefalia, cuello corto y piel redundante en zona posterior del cuello.
- Retraso del cierre de fontanelas.
- Hiperlaxitud de articulaciones.
- Pliegue palmar único, hipoplasia de falange media del 5º dedo y clinodactilia.
- Espacio entre primer y segundo dedo del pie (“pie en sandalia”).
- Diástasis de rectos anteriores.
- Genitales externos pequeños.
- Pelo fino, suave y liso.

**Alteraciones cognitivas y del neurodesarrollo:** el exceso de carga genética por la presencia de un cromosoma 21 extra genera un desequilibrio generalizado en el cerebro de las personas con SD. En él se observa una disminución de determinados tipos de neuronas situadas en la corteza cerebral, una alteración en la estructura y una disminución de las espinas dendríticas, una reducción del tamaño de ciertos núcleos y áreas cerebrales así como una menor eficacia en la organización bioquímica. Esto es lo que provoca que a las personas con SD les cueste más trabajo captar, procesar, interpretar y elaborar información, siendo en conjunto una de las principales causas de la lentitud en su desarrollo psicomotor(13).

Este retraso en la adquisición de hitos del desarrollo puede variar en el tiempo, según factores ambientales o relacionados con la salud. Es por ello que los niños con SD niños muestran deficiencias cognitivas en comparación con las personas de edades cronológicas similares (9,13). Además, la disfunción cognitiva en individuos con SD puede aumentar el riesgo de padecer Alzheimer y comprometer el desempeño de las actividades de la vida diaria (13).



Es importante tener en cuenta el desarrollo psicomotor normal del niño para saber dónde se encuentra la afectación psicomotora del paciente y para definir su edad evolutiva, que será vital para luego plantearse los objetivos del tratamiento.

Los niveles disminuidos en el ejercicio cognitivo se encuentran más relacionados con la memoria a corto y a largo plazo, la atención, la orientación, la fluidez verbal, las funciones ejecutivas como el aprendizaje, el razonamiento, las habilidades visual-espaciales, la resolución de problemas o la planificación cognitiva (13).

Asimismo, el funcionamiento cognitivo limitado afecta su acceso y participación en programas formales de actividad física (14).

Las consecuencias negativas tanto físicas como cognitivas propias de los niños con SD les impiden llevar a cabo ciertas actividades por lo que resultaría un hecho importante conocer la importancia y la urgencia de crear programas de intervención específicos para esta población (15).

## **1.6 Tratamiento**

Hoy en día no existe una cura específica para el SD (3) pero a pesar de ello estos pacientes pueden llevar una vida saludable, feliz y relativamente independiente. La mejora de su estado físico y mental depende en gran medida de las comorbilidades asociadas, el estado socioeconómico, el entorno familiar y el nivel de educación de los padres. Junto con el tratamiento médico se lleva a cabo el tratamiento fisioterápico a través de una estimulación temprana para mejorar sus habilidades y favorecer su desarrollo. Además se debe fomentar una buena integración social a través de la formación de grupos de trabajo como podría ser incluirles en actividades extraescolares (9). Otro aspecto que no debemos olvidar es proporcionarles un buen ambiente en el hogar y un buen cuidado por parte de los padres o familiares.

### **1.6.1 Tratamiento médico**

**Cuidados prenatales:** se hace una búsqueda de anomalías congénitas asociadas para evitar un mayor riesgo y favorecer el cuidado del recién nacido. Los resultados de las pruebas que confirman la anomalía genética deben ser entregados los padres por un profesional adecuado y con conocimientos actualizados sobre el SD. Además se debe proporcionar la información necesaria sobre centros para la futura formación y desarrollo de su hijo así como programar las visitas médicas de la madre para hacer el seguimiento de su embarazo (12).

**Cuidados postnatales:** los cuidados postnatales se basan en una serie de recomendaciones médicas para evitar el empeoramiento de las condiciones de salud de los niños con SD. Las clasificaremos en función de las patologías propias del síndrome y serán

necesarias revisiones periódicas y derivación a especialistas en caso de la aparición de problemas. Complementario a ello serán necesarios programas para promover los cuidados en salud, independencia y sobre todo fomentar actividad física y prevenir conductas de riesgo (12).

### **1.6.2 Tratamiento de Fisioterapia**

El principal objetivo de la fisioterapia en niños con SD es favorecer un óptimo desarrollo psicomotor y reducir el progreso de patrones de movimiento compensatorios anormales a los que los niños con SD suelen ser propensos. Para su tratamiento debemos englobar diferentes áreas como son la motora, la sensorial y la cognitiva.

Una de las preocupaciones más comunes relacionadas con la salud en estos niños es la pérdida progresiva de las funciones ejecutivas, siendo éstas las estrategias cognitivas necesarias para procesar la mayoría de las actividades adaptativas y dirigidas a objetos (14).

La fisioterapia se basa en el movimiento para el fundamento de cualquier proceso de desarrollo del sistema nervioso del niño, por lo que no debemos separarlo del aspecto sensorial y psíquico a la hora de iniciar un programa global de estimulación ya que el movimiento surge como respuesta a la estimulación y a su vez, la estimulación no será posible si no existe movimiento (13).

Dentro del equipo multidisciplinario, el fisioterapeuta se encarga de realizar un programa de atención temprana (AT) para desarrollar las habilidades motoras básicas. Destacamos la importancia de estos programas de AT ya que existen argumentos teóricos que los avalan (8,13):

- Los niños con problemas de desarrollo necesitan una experiencia temprana mayor o diferente que los niños sin problemas.
- Son necesarios programas que cuenten con personal especializado para ayudar a proporcionar la experiencia temprana requerida para compensar las dificultades del desarrollo.
- El progreso evolutivo mejora en los niños con problemas que participan en los programas de AT.

#### **1.6.2.1 Tratamiento del retraso psicomotor**

Los niños con SD alcanzan los mismos hitos motores al igual que los demás niños pero en una etapa posterior (9), sobre todo aquellos que requieren un mayor nivel de coordinación.

De todos los hitos motores, aprender a caminar es uno de los más complejos (16). Los retrasos en la marcha afectan otros aspectos, como las capacidades cognitivas y sociales del niño, ya que ser capaz de moverse caminando independientemente es algo más que una simple variación de movimiento, les permite desarrollar capacidades psicomotoras como medir la distancia y la profundidad, ubicar objetos en el espacio, favorecer el esquema corporal, etc.

Además caminar es un hito importante en la autosuficiencia de una persona y, por lo tanto, lograrlo significa una mayor tranquilidad para la familia. El desarrollo motor también puede verse retrasado por problemas médicos, estructurales y neurológicos, de los cuales, la hipotonía es el mayor obstáculo para el niño con SD (4,10).

En la Tabla 1 se muestran las diferentes edades en las que se adquieren los hitos motores en la población general con respecto a la población con SD.

**Tabla 1.- Edad de adquisición de hitos motores en SD (17). Elaboración propia.**

	Niños con síndrome de Down		Población general (niños sanos)	
	Media (meses)	Rango (meses)	Media (meses)	Rango (meses)
<b>Sonreír</b>	2	1-3	1	1-3
<b>Voltearse</b>	6	2-12	5	2-10
<b>Sedestación</b>	9	6-18	7	5-9
<b>Reptación</b>	11	7-21	8	6-11
<b>Gateo</b>	13	8-25	10	7-13
<b>Bipedestación</b>	10	10-32	11	8-16
<b>Caminar</b>	20	12-45	13	8-18

### 1.6.2.2 Ejercicio físico como tratamiento

Una de las herramientas más potentes de la fisioterapia es el ejercicio físico, el cual resulta muy útil en el tratamiento para las personas con SD favoreciendo el desarrollo y mejorando las capacidades tanto físicas como cognitivas de la manera más fisiológica posible (15).

En cuanto al aspecto cognitivo, los efectos que se buscan con la práctica de ejercicio físico son para favorecer la creación de nuevas estrategias mentales capaces de paliar las alteraciones propias de estos niños que son (13):

- **Déficit en la funciones sensoriales** (visual y auditiva), lo cual limita la entrada de información al cerebro generando respuestas más pobres.

- **Déficit de atención:** la atención se mantiene durante cortos períodos de tiempo y hay dificultad para discriminar la información relevante.
- **Falta de motivación,** por lo que se pierde el interés por realizar cualquier actividad o éste dura muy poco. Además son personas que se frustran con gran facilidad.
- **Tienden a la impulsividad,** por lo que comienzan a actuar antes de procesar la información.
- **La memoria** se ve afectada ya que la selección de la información se altera con facilidad, lo que lleva a que la información relevante no llegue a la memoria a corto plazo y, por consiguiente, a largo plazo.
- **Procesamiento de la información,** debido a la alteración de la información que proviene de los canales sensitivos, el procesamiento no es del todo correcto y la respuesta se altera.

El desarrollo de las capacidades cognitivas es uno de los puntos clave a la hora de establecer un tratamiento para estos pacientes y en el cual centraremos el desarrollo de este trabajo. Más adelante se desarrollará en el apartado de resultados los efectos de las siguientes técnicas:

**Ejercicio aeróbico (EA):** es un ejercicio que proporciona numerosos beneficios en pacientes con SD. Entre ellos destacan beneficios cardiorrespiratorios y como prevención de la obesidad (18). No obstante, existen estudios que determinan una clara relación entre la práctica de EA y un mejor desarrollo de las habilidades mentales de los niños con SD (15, 19-25).

Las principales herramientas empleadas para este tipo de trabajo son la cinta de correr (20-23) y la bicicleta (24,25). El movimiento generado tanto por la cinta como por los pedales de la bicicleta es una información que el niño deberá integrar y responder ante ella, por lo que si continúa este movimiento, la generación de respuestas tanto motoras como mentales aumentará proporcionalmente.

A pesar de la infinidad de EA existente para la rehabilitación de pacientes con SD, los que más repercusión tienen sobre su salud mental son los nombrados anteriormente.

**Hipoterapia (HT):** la HT es un trabajo muy efectivo en niños con discapacidades neurológicas y motoras ya que a través del estímulo de movimiento se produce un aumento del control postural de la cabeza y del tronco (26) así como mejoras tanto en habilidades motoras, como en la marcha o el equilibrio (27).

**Ejercicio a través de la realidad virtual (RV):** cada vez son más las terapias que incluyen estos métodos para fomentar un mejor desarrollo en personas con discapacidades neurológicas (28-32). Esto se debe a la gran estimulación sensorial que provocan (sobre

todo auditiva y visual) y a la necesidad de realizar tareas específicas que favorecen al máximo la plasticidad cerebral.

Con ello no solo trabajamos a nivel motor o físico, sino que se activan estructuras del sistema nervioso que determinan el control del equilibrio, la coordinación o la velocidad de respuesta ante estímulos, entre otros.

A pesar de existir limitaciones por ser una terapia muy novedosa, se trata de una intervención factible y potencialmente eficaz para la mejora de funciones sensoriomotoras en niños con SD.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El SD es una patología con una alta incidencia mundial y que cursa con un grado variable de retraso mental. Asimismo, la esperanza de vida de estos pacientes es muy reducida en comparación con el resto de la población por lo que requieren de un tratamiento temprano y abordado de manera multidisciplinaria.

Muchas de las alteraciones presentes en estos pacientes son tratadas desde el punto de vista médico, pero fomentar un correcto desarrollo psicomotor quedan en manos de la fisioterapia.

Estos niños necesitan mucha estimulación y acompañamiento durante su desarrollo integral por lo que se ha considerado importante ahondar en el tema escogido ya que la relación entre la fisioterapia y el desarrollo mental y motor de los niños con SD es evidente pero sigue siendo prácticamente desconocida.

Dentro de la fisioterapia existen diversidad de métodos para fomentar un buen desarrollo y por ello se ha encaminado este trabajo hacia la práctica de ejercicio físico para una mejora de habilidades cognitivas en niños con SD.

Se trata de una relación evidente pero con escasez de estudios que lo avalen. Es necesario por lo tanto hacer hincapié en este aspecto ya que se trata de un método que revierte de manera positiva en la vida de estos pacientes beneficiando no solo a aspectos físicos y mentales sino también mejorando la relación con el entorno y su habilidad social.

Como experiencia personal, tuve la gran oportunidad de hacer parte de mis prácticas en un centro de personas (sobre todo en edad pediátrica) con diversas discapacidades mentales (desde parálisis cerebral hasta síndromes raros e incluso pacientes que no tenían un diagnóstico definido) en cual además coincidí con tres niños de SD. Observar la efectividad del trabajo (en su gran mayoría aeróbico) en aspectos cognitivos como la memoria o la atención fue una de las principales causas que me motivaron a la realización

de este trabajo. Además, pude tener una conversación con la responsable de los fisioterapeutas de un colegio de educación especial, la cual mencionó que hacen falta multitud de estudios sobre los efectos del ejercicio físico en pacientes con SD que trasciendan de lo motor y evalúen aspectos a nivel intelectual.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo es conocer la efectividad del ejercicio físico en las capacidades cognitivas de pacientes pediátricos con SD.

#### 3.2 Objetivos secundarios

- Estudiar si es efectivo el trabajo aeróbico a nivel cognitivo en estos pacientes.
- Estudiar los efectos positivos a nivel cognitivo con el trabajo de HT en pacientes pediátricos con SD.
- Estudiar si el trabajo a través de la RV tiene efectos positivos sobre la cognición de niños con SD.
- Estudiar cuál de las terapias anteriores resulta más efectiva para los pacientes pediátricos con SD.

### 4. MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de recabar información crítica y evidente necesaria para la realización de este trabajo se ha llevado a cabo una búsqueda en las bases de datos de PEDRo, Cochrane Plus y en la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos en su prestación de PubMed. Dichas búsquedas fueron realizadas entre los meses de febrero y abril del 2019.

En estas bases de datos se utilizaron descriptores y operadores lógicos o booleanos, además de filtros metodológicos adicionales (en las bases que disponen de ellos) para acotar las búsquedas.

Además, se utilizaron citas de los trabajos seleccionados que cumplían los criterios de selección establecidos para aumentar la búsqueda de información. Asimismo se consultaron ciertas páginas web recomendadas por especialistas, las cuales proporcionaban referencias bibliográficas para contrastar la información recogida en las bases de datos citadas anteriormente. Los criterios de inclusión y exclusión utilizados fueron los siguientes:

- **Criterios de inclusión:** investigaciones sobre ejercicio físico y aspectos cognitivos basados en pacientes con SD y con antigüedad no superior a 10 años, además de comprender una población con un rango de edad entre los 0 y los 18 años según el criterio de edad pediátrica.
- **Criterios de exclusión:** publicaciones no relacionadas con el SD, publicaciones sin evidencia científica y con una antigüedad superior a 10 años o comprender un rango de edad superior a los 18 años.

Las palabras clave y los términos MeSH (*Medical Subjects Headings*) utilizados en las bases de datos y buscadores fueron las siguientes: “*Down syndrome*”, “*physical therapy*”, “*physical activity*”, “*children*”, “*cognitive function*”, “*hippotherapy*”, “*virtual reality*”, “*aerobic exercise*”.

### **PEDRo**

El término empleado en esta base de datos fue “*Down syndrome*”, el resultado fueron un total de 106 artículos, de los cuales descartamos 88 en un primer momento con la lectura del título y resumen ya que se alejaban de aquello en lo que queremos centrar nuestro trabajo. Nos quedamos con 18 y tras una segunda lectura completa descartamos 16 por no tener el mismo objetivo que la revisión, por lo que se redujo el número a 2 artículos finales para la discusión.

### **Pubmed**

Términos empleados: “*Down syndrome*” AND “*children*” AND “*physical activity*”; “*Down syndrome*” AND “*children*” AND “*physical therapy*”; “*Down syndrome*” AND “*aerobic exercise*” AND “*cognitive function*”; “*Down syndrome*” AND “*hippotherapy*”; “*Down syndrome*” AND “*virtual reality*” Filters: Article Types: *Clinical Trial, Controlled Clinical Trial, Journal Article, MetaAnalysis, Randomized Controlled Trial, Review, Systematic Review; Publication dates: 10 years; Species: Humans.*

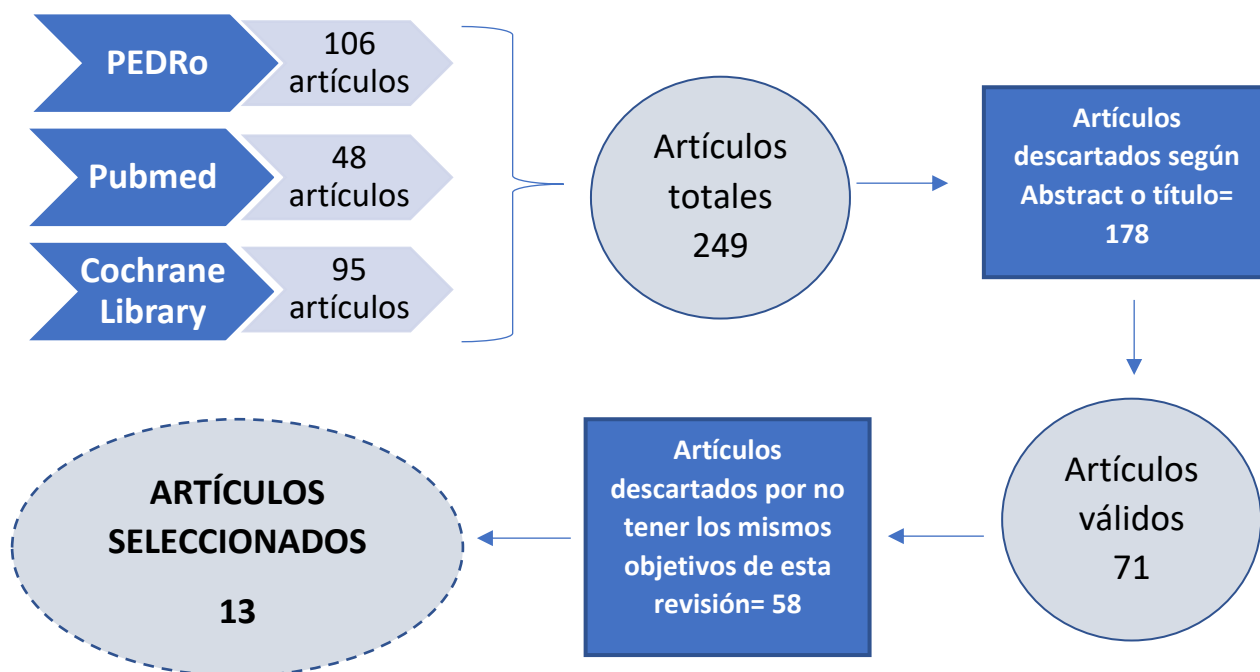
El total de artículos encontrados fue 48 de los cuales descartamos 20 durante la primera lectura en función del título y el resumen ya que, al igual que en el apartado anterior, no se centraban en el tema principal de nuestro trabajo. Descartamos seguidamente 20 tras una segunda lectura completa por no cumplir los objetivos de la revisión. Finalmente nos quedamos con 8 que eran los que mejor información nos proporcionaban para el desarrollo de la discusión de nuestro trabajo.

### **Cochrane Library**

“*Down syndrome*” AND “*Physical therapy*”: El resultado fue de 95 artículos, de los que se han utilizado 3 para el desarrollo del presente trabajo. Durante la primera lectura descartamos un total de 70 tras la lectura del título y resumen ya que la información que proporcionaban no se correspondía con el objeto de nuestro trabajo y finalmente tras la segunda lectura completa de los artículos descartamos un total de 22 artículos por la misma razón.

El número final de artículos seleccionados fueron 13, los cuales se muestran en el Anexo 1 por orden alfabético.

A continuación, se muestra en la Figura 1 el diagrama de flujo con los artículos obtenidos tras la utilización de los filtros descritos anteriormente.



*Figura 1.-Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica*

## 5. RESULTADOS

En el próximo apartado se expone detalladamente la información obtenida de las diversas fuentes consultadas, aunándose en grandes bloques en los que se muestra que diferentes ejercicios tienen el potencial de estimular la función ejecutiva y proporcionar así un correcto desarrollo cognitivo de la población infantil con SD. Más adelante, en el Anexo 2 se muestran las características de los estudios elegidos para este trabajo.

### 5.1 Ejercicio aeróbico

#### Cinta rodante (CR)

Valentín-Gudiol et al. (20), el objetivo principal de este estudio era evaluar la efectividad de las intervenciones en CR en el desarrollo locomotor en niños menores de 6 años con deambulación retrasada y con riesgo de retraso neuromotor. Aparte de estudiar a la población con SD, el estudio valoró los resultados en pacientes pediátricos con parálisis cerebral y otras enfermedades que cursaban con retraso psicomotor. De los 175 participantes, 104 recibieron el tratamiento con CR y 71 recibieron terapia física básica. Asimismo se hicieron estudios dentro del grupo de intervención en CR a diferentes velocidades para observar si esta variante provocaba a su vez algún beneficio. La decisión para aumentar o disminuir la velocidad se basó en la capacidad del niño para caminar sin mayores desviaciones de la marcha o ansiedad generada por el ejercicio. Los resultados de



esta revisión indican que la intervención en CR puede ayudar al niño con SD a desarrollar las estrategias mentales necesarias para caminar de forma independiente. En estos niños, tanto una intervención individualizada de alta intensidad en CR como una intervención generalizada de baja intensidad tuvieron un efecto similar en el inicio de la marcha independiente. Basándose en esta revisión, la intervención debería desarrollarse con una duración mínima de 2 horas a la semana, a una velocidad relativamente alta y añadiendo la dificultad de un plano inclinado. Solo así conseguiríamos efectos beneficiosos tanto a nivel cognitivo como motor. Al tratarse de niños con dificultades, las variables del entrenamiento son cifras muy relativas, por lo que el autor indica que una vez se conozca la eficacia de la intervención, se establecerá la dosificación óptima de la terapia según cada paciente. Las puntuaciones obtenidas de la intervención en CR fueron registradas en la escala *Gross Motor Function Measure*. Sin embargo, un dato que observaron fue que la aplicación temprana de órtesis en este tipo de entrenamiento, especialmente en pacientes con SD, podría tener un efecto negativo en su desarrollo y evolución. Se trata de un estudio que actualiza la revisión realizada en 2011 por **Valentín-Gudiol et al. (21)**, y en la cual se proporciona evidencia adicional de la eficacia de la intervención en CR.

**Ulrich et al. (22)**, su objetivo era observar si la intervención en CR reducía el tiempo de inicio de la marcha en niños de aproximadamente 1 año. 30 familias de lactantes (N=30) fueron seleccionadas al azar y se dividieron en dos grupos, el de intervención y el control. Todos los bebés presentaban la trisomía 21 y el requisito básico para poder participar en el estudio fue que pudieran sentarse solos sin necesidad de ayuda durante 30 segundos. El grupo control recibió terapia física básica cada dos semanas mientras que el de intervención trabajó con CR 5 días a la semana durante 8 minutos al día en sus propias casas. Tras la investigación, el autor sugirió que para mejorar los resultados del dominio cognitivo la intervención debería centrarse en los patrones de movimiento y afirmó que practicar estos patrones conduce a una mejora de la integración de las respuestas motoras funcionales que involucran a dichos patrones. Igualmente, la intervención en la cinta de correr brindó la oportunidad de mejorar aspectos como el equilibrio, la fuerza en extremidades inferiores y estimular las conexiones neuronales que participan en la generación de la caminata independiente. En esta revisión la puntuación se estableció analizando numerosos aspectos no solo a nivel motor y cognitivo a través de la escala *Bayley's Scale of Infant Development (BSID-II)*, sino también relacionados con factores familiares, nivel de educación del padre y de la madre, etc. Los resultados mostraron un mayor aprendizaje y control motor por parte de los participantes que recibieron el entrenamiento en CR. Además el tiempo y la edad en la que estos niños aprendieron a caminar fue significativamente menor que los niños que no recibieron este tratamiento.

**Jianhua Wu et al. (23)**, su propósito fue estudiar a largo plazo el efecto de la terapia en CR a la hora de enseñar a caminar a niños pequeños con SD (10 meses de edad). Además, en este estudio se añadió una variante que es el salto de obstáculos a la vez que se camina en la cinta. Se investigaron las diferentes estrategias que adoptaron los niños para lidiar con el problema y si además, hubo un ajuste anticipatorio. Lo que se pretendía con este estudio es que los niños consigan adaptarse a diferentes situaciones a través de una buena organización cortical de los movimientos. Se realizaron dos grupos de 30 participantes (N=60) de los cuales solo 13 de cada grupo completaron el estudio hasta el final. El primer grupo control recibió una terapia suave generalizada y el otro grupo de intervención recibió una terapia intensiva e individualizada. Al igual que en el estudio anterior se utilizó la escala *Bayley* para medir aspectos tanto motores como cognitivos. Los resultados de la prueba se evaluaron a largo plazo, observándose tras 6 meses de tratamiento, una mejora de los ajustes posturales en ambos casos. Sin embargo, los resultados fueron bastante significativos ya que la media de edad para la adquisición de la locomoción independiente en el grupo de intervención no intensiva fue de 21,4 meses mientras que en el grupo de intervención intensiva e individualizada se consiguió el mismo objetivo en una media de 19,2 meses. El autor concluye que los resultados positivos de entrenamiento individual e intensivo promoverán el desarrollo de patrones de marcha sin obstrucciones, lo que generará un impacto positivo en el desarrollo de otros dominios como la actividad física, las habilidades cognitivas y las sociales.

### **Bicicleta**

**Ulrich et al. (24)**, el objetivo de este estudio fue investigar los resultados relacionados con la actividad física y tras enseñar a andar en bicicleta de 2 ruedas a niños con SD. La muestra inicial era de un total de 81 pacientes (N=81), de los cuales fueron excluidos 20 por motivos médicos. Los participantes, de entre 8 y 15 años, fueron elegidos al azar y divididos en dos grupos, el experimental (n=34) y el control (n=27). Se realizaron numerosas medidas antropométricas durante diferentes momentos de la intervención: en el mes anterior a la intervención, a las 7 semanas posteriores a la intervención y a los 12 meses posteriores a la medición previa a la intervención. La intervención de entrenamiento en bicicleta fue proporcionada por la organización "*Lose the Training Wheels*" y consistió en 5 días consecutivos de instrucción individual durante 75 minutos por día. Esta misma organización estableció el empleo de bicicletas adaptadas al inicio del entrenamiento para cubrir las necesidades de cada niño durante su evolución en el entrenamiento. El estudio muestra que el 56% de los participantes del grupo experimental desarrollaron las habilidades tanto cognitivas como motrices necesarias para aprender a andar en bicicleta tras 5 días intensivos de entrenamiento. Además estos pacientes mostraron una actividad

mucho menos sedentaria que el grupo control, lo cual llevo a una mejora de su condición física.



**Figura 2.-** Bicicleta adaptada al entrenamiento según la organización “Lose the Trainign Wheels” (24).

**Ringenbach et al. (25)**, el objetivo de este estudio clínico es observar el efecto de una nueva terapia denominada Terapia de Ciclismo Asistida (TCA), sobre la función cognitiva de pacientes adolescentes y adultos jóvenes con SD. Un total de 44 (N=44) participantes fueron divididos en tres grupos, un grupo que recibió la TCA, otro que realizó un ciclismo voluntario y un grupo control que no recibió intervención en bicicleta. La duración de la intervención fue de 8 semanas, antes y después de las cuales se midieron aspectos como el tiempo de reacción, el cambio de sistema, la inhibición y la fluidez del lenguaje. Las medidas previas a la intervención se realizaron a través de la escala *Peabody Picture Vocabulary Test 4th Edition* para medir la edad mental de los participantes; las mediciones realizadas a posteriori fueron las siguientes:

- Velocidad de procesamiento de la información: *Lafayette Instrument Visual Choice Reaction Time Apparatus*.
- Capacidad de cambio: escala *Wisconsin Card Sorting Test* modificada.
- Inhibición: *NEPSY Knock-Tap*.
- Fluidez del lenguaje: se evaluó mediante el número de palabras apropiadas que los participantes articularon en 1 minuto.

Se observó que todas las variantes habían mejorado tanto el grupo de TCA como en el ciclismo voluntario. En conclusión, se podría decir que los resultados anteriores apoyan la hipótesis de un mayor desarrollo de la neuroplasticidad y de la corteza prefrontal después de la TCA y, en menor medida, después del ciclismo voluntario. Ambas terapias parecen estar asociadas con beneficios corticales, sin embargo, sigue siendo más efectivo un trabajo asistido para jóvenes con SD.

## 5.2 Hipoterapia

**Danielle Champagne et al. (26)**, el propósito de este informe a raíz de un caso clínico fue describir el impacto de un programa de HT de 11 semanas en las funciones motoras gruesas de 2 niños (respectivamente de 28 y 37 meses de edad) diagnosticados con SD. Los niños fueron evaluados a través de la escala *Gross Motor Function Measure* (GMFM) y la acelerometría. Los resultados indicaron que ambos niños mejoraron en muchas dimensiones de la escala. Además, el análisis de las funciones cognitivas mostró que los niños adoptaron nuevas estrategias adaptativas en respuesta a la perturbación inducida por el movimiento del caballo por lo que hubo una mejoría en el control postural de la cabeza y del tronco. Se concluye por tanto que la variabilidad de las respuestas motoras genera procesos adaptativos dentro del sistema nervioso central por lo que mejoran las aptitudes y limitaciones de estos pacientes.

**Amaranta de Miguel et al. (27)**, se trata de una comparación de 8 artículos en los cuales se pretende dar respuesta al objetivo de la revisión: estudiar los efectos de la HT en diferentes funciones (marcha, equilibrio y habilidades motoras) de personas con SD. En todos ellos se han empleado pruebas de evaluación y se han sometido a un tratamiento de HT, más o menos intensivo, comparándose antes y después mediante diversos análisis estadísticos. Se trata de estudios de caso, descriptivos, prospectivo y comparativos con un tamaño muestral que oscila entre un máximo y un mínimo de 33 participantes. La media de edad de los casos se sitúa entre los 4 y los 13 años y la duración de las sesiones semanales oscila entre los 30 y los 60 minutos, siendo el número de sesiones muy variable (desde 10 semanas hasta 8 meses). La mayoría de los estudios concluyen en que tanto en las habilidades motoras como en la marcha no se observan grandes mejorías mientras que en uno de los estudios equilibrio tanto estático como dinámico presentó mejorías en el 85,7% de los participantes.

## 5.3 Ejercicio a través de la realidad virtual

**Y.P. Wang et al. (28)**, este estudio experimental realizó una comparación entre el efecto de la terapia ocupacional estándar, el ejercicio a través de la RV mediante la tecnología de juegos Wii y la observación clínica en niños con SD. El conjunto de participantes fue asignados al azar, siendo 105 los que recibieron la intervención propiamente dicha (terapia ocupacional e intervención con videojuegos), mientras que otros 50 sirvieron como controles sin recibir ningún tipo de intervención. Cada grupo recibió una sesión de 1 hora al día, 2 días a la semana y durante 24 semanas. Se realizaba de manera individual y con la supervisión de dos terapeutas por niño. No se proporcionaron programas en el hogar a los padres o cuidadores para evitar confusiones entre los terapeutas y ellos.

Todos los niños fueron evaluados con medidas de funciones sensoriomotoras: *The Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency-Second Edition (BOT-2)*; *The Developmental Test of Visual Motor Integration*; *The Test of Sensory Integration Function*. Finalmente los resultados mostraron que los dos grupos de tratamiento superaron significativamente al grupo control en todas las medidas. Además, los participantes del grupo de intervención a través de la terapia *Wii* obtuvieron un mayor beneficio tanto en las habilidades motoras como en las capacidades visuales-integrativas y en el funcionamiento sensorial integrador.

**Gioia M et al. (29)**, el objetivo de esta revisión sistemática y meta-análisis es determinar si los videojuegos activos son eficaces para mejorar los déficits cognitivos en personas con discapacidades neurológicas. De todos los resúmenes seleccionados para el estudio, tan solo 13 cumplían con los criterios de inclusión y exclusión necesarios. El número total de participantes fue de 465 (SD, esclerosis múltiple, hemiparesia post-ictus, enfermedad de Parkinson, demencia o dislexia): 233 asignados al azar a videojuegos activos y 232 asignados a la alternativa o ningún tratamiento. La duración de la intervención varió de 2 a 24 semanas, siendo la frecuencia de las sesiones de entre 30 y 90 minutos. Conforme se observaban mejoras en las habilidades de los pacientes, se aumentó el número de sesiones al día llegando a completar 5 sesiones diarias. Además uno de los estudios determinó un trabajo mínimo de dos veces por semana individualmente, precedido por una fase de calentamiento con ejercicios de motilidad global liderados por un terapeuta. El estudio propiamente citado es el primer estudio experimental dedicado exclusivamente a establecer la eficacia de los videojuegos en la cognición de personas con discapacidades neurológicas y según los resultados, existe clara evidencia de mejora en funciones tanto motoras como cognitivas en este tipo de pacientes.

**M Uyangk et al. (30)**, el objetivo del presente estudio fue comparar los efectos de la terapia de integración sensorial de manera aislada y de manera conjunta con la estimulación vestibular y por otro lado la terapia de desarrollo neurológico, también de manera aislada, en niños con SD. El estudio se ha introducido en este apartado ya que la estimulación es realizada a través de tareas manuales y de videojuegos llevados a cabo de manera activa por lo que se incluye dentro del ejercicio físico. 45 niños (N=45) con SD fueron asignados al azar y divididos en 3 grupos, de los cuales el primero recibió simplemente terapia de integración sensorial, al segundo se le añadió de manera complementaria la estimulación vestibular y el tercer grupo recibió de manera aislada terapia de desarrollo neurológico. Los programas de tratamiento fueron de 1,5 horas por sesión, 3 días por semana durante 3 meses. Todos los niños fueron evaluados con diferentes pruebas de integración sensorial: *Ayres Southern California Sensory Integration Test*, *Pivot Prone Test*, *Gravitational Insecurity Test* and *Pegboard Test*. En los resultados se observan diferencia

significativas entre la aplicación de terapias aisladas y aquellas que se aplican conjuntamente, por lo que el autor concluye que para obtener mayores beneficios a nivel cognoscitivo en estos pacientes, las terapias deben aplicarse en combinación.

**Samia A.R (31)**, el propósito de este estudio fue examinar el efecto de *Wii-Fit* en el equilibrio de niños con SD. 30 niños de entre 10 y 13 años fueron divididos en dos grupos (el experimental y el control), uno recibió terapia física clásica mientras que el otro recibió terapia con *Wii-Fit*. La terapia se llevó a cabo de manera individualizada y tuvo una duración de 6 semanas. Las sesiones diarias de 1 hora se dividían para realizar la mayor cantidad de ejercicios posibles en la plataforma e intentando mantener unos correctos niveles de equilibrio, coordinación, velocidad de respuesta, atención, memoria, etc. Las mediciones se hicieron a través de la escala *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* en la cual pudimos observar que los resultados fueron satisfactorios para los pacientes. Quedó demostrado que un entrenamiento de estas características promueve cambios de comportamiento, aumenta la neuroplasticidad y fomenta un mayor aprendizaje en los niños con SD. Todo esto se debe a la retroalimentación multisensorial proporcionada por el sistema, lo cual genera a su vez una mejor reorganización cortical de las respuestas ante los estímulos.

**Berg et al. (32)**, el propósito de este trabajo fue examinar los resultados motores y cognitivos después de un período de intervención de 8 semanas de uso de *Nintendo Wii* con apoyo familiar por parte de un niño de 12 años diagnosticado de SD. La intervención consistía la práctica de ejercicios 4 veces por semana durante 20 minutos y durante 8 semanas. Los miembros de la familia fueron animados a participar. El participante seleccionó 4 juegos diferentes al azar. La práctica repetida de las habilidades involucradas en estos juegos dio como resultado mejoras en la estabilidad postural del niño, en los límites de estabilidad y la prueba de eficiencia motora *Bruininks-Oseretsky*, en el equilibrio, la coordinación de las extremidades superiores, la destreza manual, la velocidad de carrera y en la puntuación de la agilidad. Por tanto se concluye que el uso del juego de *Wii* por parte de un niño con SD puede generar mejoras en las habilidades tanto motoras y del control postural como a nivel cognitivo y social, ya que se fomenta la relación con su entorno.

## 6. DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta revisión ha sido estudiar la eficacia del ejercicio físico en las capacidades cognitivas de pacientes pediátricos con SD. Por otro lado, cabe destacar la mejora de los síntomas en todos aquellos sujetos que realizaron algún tipo de actividad física y por otro lado debemos tener en cuenta también que los sujetos que formaban los grupos control sin ejercicio, no obtuvieron ningún tipo de beneficio.

Respecto a los objetivos secundarios como estudiar la eficacia del EA, el ejercicio a través de la RV, la HT y determinar cuál de ellas es la más efectiva, hay que tener en cuenta que muchos de los estudios encontrados hablan sobre el aspecto motor (20,21,24,26,29-32) y en mucha menor medida hacen alusiones al aspecto cognitivo (22,23,25,27,28), lo cual ha resultado ser una limitación a la hora de recabar la información.

En cuanto a las investigaciones que utilizaron en su tratamiento el **ejercicio aeróbico en cinta rodante** (20-23), se observa que el tamaño de la muestra, la edad de los participantes, la duración de los tratamientos y el número de sesiones así como la metodología de medición son variables con valores diferentes en cada estudio. En cuanto a la duración de los tratamientos, algún autor (22) no establece un tiempo determinado, lo cual podría deberse a las propias discapacidades de los niños o a la aparición de reacciones adversas ante la práctica del ejercicio. No obstante, se podría afirmar que cuanto más se prolongue el tratamiento en el tiempo, menor tasa de adherencia tendremos. Esto ocurre en el estudio de *Jianhua Wu et al.* (23), ya que al tratarse de una intervención para observar los efectos a largo plazo, el estudio fue completado por menos de la mitad de los participantes que había al principio. La edad de intervención podría ser otro aspecto influyente en los resultados ya que los estudios deberían realizarse sobre edades similares debido a que tan solo un año de diferencia en este tipo de pacientes, determinaría el alcanzar o no el grado de madurez necesario para llevar a cabo la actividad requerida. Sin embargo, los mejores resultados a nivel cognitivo se muestran en los estudios de *Ulrich et al.* (22) y *Jianhua Wu et al.* (23) a pesar de ser la edad de los pacientes menor que en los estudios de *Valentín-Guidol et al.* (20,21). Esto podría deberse a la multitud de estímulos que se reciben y se procesan durante los primeros meses de vida, ya que el estudio de *Malea Fernández y cols.* (13) afirma que es en este momento cuando más se desarrolla la neuroplasticidad. Según las mediciones realizadas a través de escalas motoras y cognitivas los mejores resultados se observan en aquellos estudios que realizan terapias individualizadas e intensivas como el estudio de *Ulrich et al.* (22), lo cual coincidiría con la bases teóricas de los estudios de *Chen et al.* (15) y *Chen & S.D.R. Ringenbach* (19) que testifican que para obtener mejores resultados debemos provocar una estimulación intensa. Además, el estudio de *Jianhua Wu et al.* (23) que incluía el salto de obstáculos mostró una mayor recuperación de las habilidades mentales por lo que sería aconsejable que se incorpore este hándicap en los demás estudios para observar su verdadera eficacia. Tan solo un estudio hace referencia al uso de órtesis (20) lo cual debería valorarse profundamente en todos ya que son pacientes propensos a deformaciones como se afirma en el estudio de *Alarcón Zamora* (10). A pesar de que todos los estudios mencionan una mejora de las habilidades cognoscitivas derivadas de la práctica de ejercicio, solamente dos de ellos (22,23) evaluaban aspectos cognitivos

específicamente a través de la escala *Bayley*, por lo que son los que mayor evidencia han mostrado de la eficacia del trabajo con CR sobre habilidades cognitivas.

En cuanto a las investigaciones que utilizaron en sus tratamientos ejercicio aeróbico con bicicleta (24,25), los estudios elegidos fueron realizados en pacientes jóvenes diagnosticados de SD de edades similares (entre 8 y 15 años). El tamaño muestral difiere mucho de un estudio a otro y tasa de adherencia al tratamiento fue bastante satisfactoria en ambos, sin embargo concluyeron más participantes en el estudio de *Ulrich et al.* (24). Esto nos lleva a pensar que podría ser por el tiempo de duración, ya que este primer estudio se basó en 5 días intensivos mientras que el estudio de *Ringenbach et al.* (25) tuvo una duración de 8 semanas, por lo que tuvo más bajas. Aun así, se trata de períodos cortos de tratamiento por lo que ambos tienen carencias en cuanto a su evidencia a largo plazo. Cabe destacar que el componente de la fatiga es algo que interfiere en gran medida en la realización de todos los estudios siendo mayor en los que se realizan con altas intensidades, por lo que sería importante tener en cuenta este factor a la hora de efectuar futuras investigaciones. Debemos recordar que las mediciones realizadas son mucho más rigurosas en el estudio de *Ringenbach et al.* (25) lo cual es de gran ayuda a la hora de verificar los cambios a nivel cognoscitivo. En esta línea de investigación *Ringenbach et al.* (14,25) y con el estudio de *Chen & S.D.R. Ringenbach* (19) concluiríamos que el ciclismo es efectivo sobre habilidades cognitivas siempre que se realice de manera asistida e intensiva.

Tan solo fueron encontrados dos estudios sobre los efectos de la hipoterapia (26,27) en aspectos motores y cognitivos de pacientes pediátricos con SD. Sería muy difícil reproducir la compleja estimulación sensorial que ofrece el movimiento del caballo en un entorno de terapia tradicional por lo que se conoce que esta técnica tiene numerosos beneficios para pacientes con alteraciones neurológicas. No obstante, los resultados exponen de manera más explícita los efectos a nivel motriz como en el estudio de *Danielle Champagne* (26), mientras que sobre la cognición, *Amaranta de Miguel* (27) lo hace de manera muy etérea. En ambas investigaciones (26,27) se observa que tanto el tamaño muestral como la edad de los participantes difiere mucho y junto a ello, la frecuencia y duración de las sesiones no está especificada. No obstante, en el estudio de *Danielle Champagne* (26) se muestran mejores beneficios en cuanto al control postural de la cabeza y del tronco debido a que los niños adoptaron estrategias adaptativas diferentes a la perturbación inducida por el movimiento del caballo. Estos resultados analizados minuciosamente podrían darse por el gran trabajo de atención y cuidados proporcionado por parte de los especialistas y cuidadores que acompañaron a los niños durante todo el estudio. En el estudio de *Amaranta de Miguel* (27) no existe evidencia sólida sobre la mejora de la función motora y cognitiva en personas con SD tras el tratamiento con HT. Esto podría



deberse a que el propio estudio es una comparación de 8 investigaciones en las cuales existen diferencias en los protocolos de intervención, tamaños muestrales, edad de los sujetos, diferentes variables de medición y criterios de inclusión y de exclusión particulares. Contrastando la información con otros estudios, *Y.L. Hsieh et al. (33)*, muestra los resultados del trabajo con hipoterapia en pacientes pediátricos con parálisis cerebral. Los resultados obtenidos son mucho más significativos en todos los aspectos y esto podría deberse a que las alteraciones de estos pacientes, por norma general, son de mayor gravedad y además cursan con el inconveniente de la espasticidad (20), por lo que con la mínima estimulación ya se observarían mejoras. No obstante, según *Y.L. Hsieh et al. (33)* sería conveniente no aislar la práctica de la hipoterapia como única técnica, sino que debe combinarse con un programa de terapia física como mencionan muchos de los autores que han realizado estudios sobre el ejercicio físico en pacientes con alteraciones neurológicas (14,15,18,19,28-32). Por todo ello, la evidencia científica no nos muestra claramente la eficacia de este trabajo para fomentar mejoras en aspectos cognitivos en pacientes con SD específicamente.

En cuanto a las investigaciones que utilizaron en sus tratamiento **el ejercicio físico a través de la realidad virtual** (28-32), coinciden en que la utilización de estas terapias mejora aspectos como el rendimiento motor, el control postural, la destreza manual, el equilibrio y la coordinación, así como la atención y la memoria. Todo ello podría deberse a el conjunto de estimulaciones generadas por los sistemas *Wii* o parecidos, en los que los niños van consiguiendo una mejora funcional generalizada a través del movimiento (13,28-32). El estudio de *Gioia M et al. (29)* se trata de la primera revisión de estudios experimentales dedicados exclusivamente a establecer la eficacia de los videojuegos en la cognición de personas con discapacidades neurológicas. Además es una de las investigaciones más actuales lo cual nos indica que tiene evidencia muy reciente y los efectos están asegurados actualmente. Igualmente, los estudios de *Y.P. Wuang et al. (28)*, *Samia A.R (31)* y *Berg et al (32)* concluyen que se trata de una técnica muy efectiva en la rehabilitación de niños con alteraciones neurológicas. Podría ser de gran utilidad realizar estas técnicas en combinación con una terapia física básica, ya que es así como mejores beneficios se obtienen (5,30). No obstante, *Y.P. Wuang et al. (28)* es el único estudio que utiliza escalas de medición específicas por lo cual los datos de las demás investigaciones deben ser revisados con precaución ya que al tratarse de una terapia muy novedosa, podría haber fallos en las mediciones.

En definitiva, los artículos seleccionados en esta revisión bibliográfica (5,13-15,19-25,28-32) muestran mejorías en los principales síntomas cognitivos de pacientes pediátricos con SD. No se puede olvidar que todos los ejercicios nombrados deben realizarse

en combinación con diferentes terapias y no aislar ninguna práctica de las anteriores (5,19-25,28-32). No obstante, **el ejercicio aeróbico en combinación con los juegos de realidad virtual** sería la mejor combinación para la rehabilitación de estos pacientes, ya que existe evidencia actual sobre la terapia (28-30,32). Asimismo, a través de los videojuegos se despierta su interés y se les motiva a llevar a cabo la actividad como se muestra más a fondo en el estudio de *M Uyangk et al.* (30). Todo ello repercutirá tanto a nivel funcional como social, mejorando su calidad de vida y la de las personas que les rodean.

## **6.1 Limitaciones de los estudios encontrados**

Durante la realización del presente trabajo se han encontrado algunas limitaciones. Esto se debe a que algunos de los artículos utilizados realizaban ensayos clínicos que tenían una muestra de pacientes muy baja. Asimismo, ciertos estudios han realizado intervenciones cortas (entre 2 y 12 semanas), por lo que los resultados a largo plazo en estos casos no están asegurados. No obstante, en la mayoría de los estudios encontrados existía un buen consenso sobre la intensidad y frecuencia que deben de tener las sesiones para ser lo más eficaces posibles.

Además, la búsqueda de efectos cognitivos específicos y detallados a través del ejercicio físico conduce a una bibliografía muy limitada, por lo que se ha observado la necesidad de realizar nuevos estudios que apoyen esta relación, así como la realización de técnicas innovadoras para fomentar un buen desarrollo en estos pacientes.

Se concluye por tanto que el ejercicio físico en pacientes con SD promueve determinadas estrategias cognitivas favoreciendo la salud mental de los pacientes, aunque son necesarios estudios que aporten muestras más numerosas de pacientes y se centren más puramente en aspectos cognitivos y no solo motores, con el fin de la realización de futuras investigaciones que resulten útiles para el tratamiento de las principales limitaciones de estos pacientes que como ya sabemos son, en su gran mayoría, mentales.

## **7. CONCLUSIONES**

En base a los estudios utilizados en esta revisión y los resultados observados en ellos se puede concluir que:

1. La realización del ejercicio físico para el paciente con síndrome de Down conduce a mejoras tanto en sus propios síntomas motores como para mejorar integración de funciones cognitivas y aumentar sus capacidades.
2. El ejercicio aeróbico resulta beneficioso para estos pacientes, sobre todo si se realiza de manera individualizada, intensiva y con supervisión de un fisioterapeuta.

3. El trabajo en cinta rodante logra generar estimulaciones a nivel cortical, lo cual revierte de manera positiva en la adquisición de hitos motores, en especial, aprender a caminar independientemente.
4. En el ciclismo, la terapia de ciclismo asistida obtendrá mejores beneficios que la voluntaria, debido a una mejor adaptación y praxis por parte de los niños.
5. No existe evidencia sólida de los efectos positivos de la hipoterapia a nivel cognitivo en pacientes pediátricos con síndrome de Down debido a que la mayoría de los estudios se centran en aspectos motores.
6. La realidad virtual es un buen aliado del ejercicio físico, ya que, en combinación es una técnica muy efectiva para estos pacientes aumentando sus niveles de atención y aprendizaje así como su motivación y relación con el entorno.
7. A pesar de la difícil tarea de lograr una adhesión al tratamiento en este tipo de pacientes, se conseguirán mejores resultados cuanto más prolonguemos el tratamiento en el tiempo.
8. En definitiva, cualquier terapia basada en el ejercicio es efectiva, no obstante, aislar la práctica de una técnica siempre resultará menos eficaz que llevar a cabo todas en combinación, ya que se trata de niños que necesitan mucha estimulación durante su desarrollo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Vinay K, Abbas AK, Fausto N, Aster JC. Patología estructural y funcional. 8th ed. Barcelona: Elsevier; 2010.
2. Florin TA, Ludwig S, Aronson PL, Werner HC. Netter's Pediatrics. 1st ed. Philadelphia: Elsevier; 2011.
3. Kazemi M, Salehi M, Kheirollahi M. Down Syndrome: Current Status, Challenges and Future Perspectives. *Int J Mol Cell Med*. 2016 Aug; 5(3): 125-133.
4. Agarwal Gupta N, Kabra M. Diagnosis and Management of Down Syndrome. *Indian J Pediatr*. 2014 Jun; 81(6): 506-507.
5. Ruiz-González L, Lucena-Antón D, Salazar A, Martín-Valero R, Moral-Munoz JA. Physical therapy in Down syndrome: systematic review and meta-analysis. *J Intellect Disabil Res*. 2019 Feb.
6. H. Dolk, M. Loane, E. Garne, H. de Walle, A. Queisser-Luft, C. de Vigan Dawson. Trends and Geographic inequalities in the prevalence of Down syndrome in Europe 1980-1999. *Rev Epidemiol Sante*. 2005; 53: 2S87-2S95.
7. Dawson A, Cassell CH, Oster ME, Olney RD, Tanner JP, Kirby RS, et al. Hospitalizations and Associated Costs in a Populations-Based Study of Children with Down Syndrome Born in Florida. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*. 2014 Nov; 100(11): 826-836.
8. Juan Perera. Atención temprana: Definición, objetivos, modelos de intervención y retos planteados. *Rev SD*. 2011 Dec; 28: 140-152.
9. Malak R, Kostiurow A, Krawczyk-Wasielewska A, Mojs E, Samborski W. Delays in Motor Development in Children with Down Syndrome. *Med Sci Monit*. 2015 Jul; 21: 1904-1910.
10. Alarcón Zamora, C. Salcedo Cánovas. Trastornos ortopédicos en niños con síndrome de Down. *Rev Esp Pediatr* 2012; 68(6): 424-428.
11. Lal C, White DR, Joseph JE, van Bakergem K, LaRosa A. Sleep-disordered breathing in Down syndrome. *Chest*. 2015 Feb; 147(2): 570-579.
12. Lizama C M, Retamales M N, Mellado S C. Recommendations for health care of people with Down syndrome from 0 to 18 years of age. *Rev Med Chil*. 2013 Jan; 141(1): 80-89.
13. Malea I, García R, Corbí Caro P, Alemany C, Fernández C, Castelló ML. Neurología síndrome de Down. Desarrollo y atención temprana. *Rev Esp Pediatr*. 2012; 68(6): 409-414.

14. Ringenbach SD, Albert AR, Chen CC, Alberts JL.. Acute Bouts of Assisted Cycling Improves Cognitive and Upper Extremity Movement Functions in Adolescents with Down Syndrome. *Intellect Dev Disabil.* 2014 Apr; 52(2): 124-135.
15. Chen CC, Ringenbach S.D.R., Crews D, Kulinna P.H & Amazeen EL. The association between a single bout of moderate physical activity and executive function in young adults with Down syndrome: a preliminary study. *J Intellect Disabil Res.* 2015 Jul; 59(7): 589-598.
16. Inmaculada Riquelme Agulló, BeatrizManzanal González. Factors influencing motor development in children with Down syndrome. *Intl Med Rev on DS.* 2006 Jul; 10(2): 18-24.
17. Escribá A. Síndrome de Down, Propuestas de intervención. Madrid: Gimno; 2002.
18. Seron BB, Silva RA, Greguol M. Effects of two programs of exercise on body composition of adolescents with Down syndrome. *Rev Paul Pediatr.* 2014 Mar; 32(1): 92-98.
19. Chen CC, Ringenbach SD. Dose-response relationship between intensity of exercise and cognitive performance in individuals with Down syndrome: a preliminary study. *J Intellect Disabil Res.* 2016 Jun; 60(6): 606-614.
20. Valentín-Gudiol M, Mattern-Baxter K, Girabent-Farrés M, Bagur-Calafat C, Hadders Algra M, Angulo-Barroso RM. Treadmill interventions in children under six years of age at risk of neuromotor delay. *Review,* 2017 Jul; 29; 7: CD009242.
21. Valentin Guidol M, C. Bagur Calafat, M. Girabent Farrés, M. Hadders Algra, K. Mattern Baxter, R. Angulo Barroso. Treadmill interventions with partial body weight support in children under six years of age at risk of neuromotor delay: a report of Cochrane systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2011; 49(1): 67-91.
22. Dale A. Ulrich, PhD; Beverly D. Ulrich, PhD; Rosa M. Angulo-Kinzler. Treadmill Training of Infants with Down Syndrome: Evidence-Based Developmental Outcomes. *PED.* 2011 Nov; 108(5): E84.
23. Jianhua Wu, Dale A. Ulrich, Julia Looper, Chad W Tiernan, Rosa M. Angulo-Barroso. Strategy adoption and locomotor adjustment in obstacle clearance of newly walking toddlers with down syndrome after different treadmill interventions. *Exp Brain Res* 2008; 186(2): 261–272.
24. Dale A. Ulrich, Amy R. Burghardt, Meghann Lloyd, Chad Tiernan, Joseph E. Hornya. Physical Activity Benefits of Learning to Ride a Two-Wheel Bicycle for Children with Down Syndrome: A Randomized Trial. *PT.* 2011 Oct; 91(10): 1463-1477.

25. Ringenbach SD , Holzapfel SD , Mulvey GM , Jiménez A , Benson A , Richter M. The effects of assisted cycling therapy (ACT) and voluntary cycling on reaction time and measures of executive function in adolescents with Down syndrome. *J Intellect Disabil.* 2016 Nov; 60(11): 1073-1085.
26. Danielle Champagne, OT, MSc and Claude Duga. Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: Case reports. *Phys Theo and Pract.* 2010; 26(8):564–571.
27. Amaranta de Miguel, M. Dolores de Miguel, David Lucena-Antón, M. Dolores Rubio. Efectos de la hipoterapia sobre la función motora en personas con síndrome de Down: revisión sistemática. *Rev Neurol* 2018; 67(7): 233-241.
28. Yee-Pay Wuanga, Ching-Sui Chianga, Chwen-Yng Sua, Chih-Chung Wan. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities.* 2011; 32(1): 312–321.
29. Gioia Mura, Mauro G. carta, Federica Sancassiani, Sergio Machado, Luca ProspErin. Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: a systematic review and meta-analysis. *Eur J of Phys and Rehab Med* 2018 Jun; 54(3): 450-462.
30. Mine Uyangk, Gonca Bumin And Hülya Kayghan. Comparison of different therapy approaches in children with Down syndrome. *Ped Intl.* 2013; 45: 68-73.
31. Samia A.R. Efficacy of Virtual Reality-Based Therapy on Balance in Children with Down Syndrome. *World Appl Sci J.* 2010; 10 (3): 254-261.
32. Berg P , Becker T , Marciano A , Primrose KD , Wingen J. Motor control outcomes following Nintendo Wii use by a child with Down syndrome. *Pediatr PT.* 2012; 24(1):78-84.
33. Hsieh YL, Yang CC, Sun SH, Chan SY, Wang TH, Luo HJ. Effects of hippotherapy on body functions, activities and participation in children with cerebral palsy based on ICF-CY assessments. *Disabil Rehabil.* 2017 Aug; 39(17): 1703-1713.

## 9. ANEXOS

### 9.1 Anexo 1

*Tabla 2.- Artículos seleccionados para la discusión del trabajo. Elaboración propia*

ARTÍCULO	LUGAR DE PUBLICACIÓN	REVISTA	CONCLUSIÓN
1. Amaranta et al. 2018 (27)	Cádiz, España	Revista de Neurología, 2018	La HT mejora las habilidades motoras y el equilibrio en pacientes pediátricos. No obstante, son necesarios más estudios y de mayor calidad metodológica para poder constatar la efectividad de la HT en el tratamiento funcional de sujetos con SD.
2. Berg et al. 2012 (32)	Vermillion, South Dakota	<i>Pediatric Physical Therapy</i>	La realización de juegos a través de <i>Wii</i> por un niño con SD puede provocar mejoras en las habilidades motoras y el control postural.
3. Danielle Champagne 2010 (26)	Quebec, Canadá	<i>Physiotherapy Theory and Practice</i>	El trabajo con HT mostró una mejora en el control postural de la cabeza y el tronco debido a que los niños adoptaron estrategias adaptativas diferentes a la perturbación inducida por el movimiento del caballo.
4. Gioia M et al. 2010 (29)	Cagliari, Italia	<i>European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine</i>	Los videojuegos son una herramienta potencialmente eficaz para la rehabilitación de las funciones cognitivas y motoras en poblaciones jóvenes y adultas que sufren discapacidades neurológicas y trastornos en el desarrollo.

HT: hipoterapia; SD: síndrome de Down.

**Tabla 2.- Artículos seleccionados para la discusión del trabajo. Elaboración propia (continuación)**

ARTÍCULO	LUGAR DE PUBLICACIÓN	REVISTA	CONCLUSIÓN
5. Jianhua Wu et al. 2008 (23)	Michigan, EE. UU	<i>Experimental Brain Research</i>	La evidencia disponible indica que la intervención en CR puede acelerar el desarrollo de la marcha independiente en niños con SD, apresurando su desarrollo motor grueso.
6. M Uyangk et al. 2013 (30)	Turquía	<i>Pediatrics International</i>	Se concluyó que cuando se diseñan programas de rehabilitación para niños con SD, todos los métodos de tratamiento deben aplicarse en combinación y deben apoyarse entre sí de acuerdo con las necesidades individuales del niño.
7. Ringenbach et al. 2016 (25)	Arizona State, EE. UU	<i>Journal of Intellectual Disability</i>	Ocho semanas de TCA pueden mejorar los tiempos de reacción, la inhibición y la fluidez del lenguaje en adolescentes con SD. Por lo tanto, esta terapia tiene el potencial de mejorar la calidad de vida y la independencia de las personas con SD.
8. Samia A.R 2010 (31)	Cairo, Egipto	<i>World Applied Sciences Journal</i>	Se concluyó que hubo una mejora en la estabilidad postural de los niños con SD (de 10 a 13 años), mediante el uso de la terapia basada en RV a través de la plataforma <i>Wii-Fit</i> .

CR: cinta rodante; TCA: terapia de ciclismo asistida; SD: síndrome de Down.



**Tabla 2.- Artículos seleccionados para la discusión del trabajo. Elaboración propia (continuación)**

ARTÍCULO	LUGAR DE PUBLICACIÓN	REVISTA	CONCLUSIÓN
9. Ulrich et al. 2011 (22)	Michigan, EE. UU	<i>PEDIATRICS</i>	Se concluye que con capacitación y apoyo, los padres pueden usar las cintas de correr en sus hogares para ayudar a sus bebés con SD a aprender a caminar antes de lo que normalmente lo harían.
10. Ulrich et al. 2011 (24)	Michigan, EE. UU	<i>Physical Therapy</i>	Aprender a andar en bicicleta puede reducir el tiempo dedicado a la actividad sedentaria y aumentar el tiempo dedicado a la actividad física de moderada a vigorosa, lo que puede influir en la salud y el funcionamiento de estos niños.
11. Valentín-Guidol et al. 2017 (20)	Barcelona, España	<i>John Wiley and Sons</i>	Los hallazgos actuales indican que la intervención en CR puede acelerar el desarrollo de la marcha independiente en niños con SD.
12. Valentín-Guidol et al. 2011 (21)	Barcelona, España	<i>John Wiley and Sons</i>	La intervención en CR puede acelerar el desarrollo de la marcha independiente en niños con SD.
13. Y.P. Wuang et al. 2011 (28)	Taiwán	<i>Research in Developmental Disabilities</i>	En conclusión, la intervención terapéutica ( <i>Wii</i> ) realizada de forma regular, resulta beneficiosa para mejorar las funciones sensoriomotoras en niños en edad escolar con SD.

CR: cinta rodante; SD: síndrome de Down.

## 9.2 Anexo 2

**Tabla 3.- Características de los estudios empleados. Elaboración propia**

AUTORES	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	TAMAÑO DE LA MUESTRA	TIEMPO DE LA INTERVENCIÓN	HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA LA INTERVENCIÓN
1. Amaranta et al. 2018 (27)		Estudiar los efectos de la HT en diferentes funciones (marcha, equilibrio y habilidades motoras) de personas con SD.	N≈ 33	30-60 m/d En función del caso, de 10 semanas a 8 meses.	No se especifica el equipamiento específico utilizado en los caballos.
2. Berg et al. 2012 (32)	Estudio de caso	Examinar los resultados motores y cognitivos después de un período de intervención con el uso de <i>Nintendo Wii</i> y apoyo familiar por parte de un niño de 12 años diagnosticado de SD.	N= 1	4 s/s 20 m/d 8 semanas	Se utilizaron los videojuegos de <i>Wii Sports</i> para evaluar los diferentes ítems.
3. Danielle Champagne 2010 (26)	Estudio de caso	Describir el impacto de un programa de HT en las funciones motoras gruesas de 2 niños (respectivamente de 28 y 37 meses de edad) diagnosticados con SD.	N= 2	1 s/s 30 m/d 11 semanas	Se utilizó el mismo caballo para ambos niños. El caballo estaba equipado con una silla de montar con almohadilla, un aro plano y una cadena de plomo. Ambos niños llevaban casco y el entrenamiento se llevó a cabo en espacios tanto interiores como exteriores. El equipo de intervención estaba compuesto por un cuidador de caballos y dos caminantes laterales que sujetaban al niño solo por las rodillas.

*ECA=estudio controlado aleatorizado; s/s= sesiones por semana; m/d= minutos al día; h/d= horas al día; HT: hipoterapia; SD: síndrome de Down.*

**Tabla 3.- Características de los estudios empleados. Elaboración propia (continuación)**

AUTORES	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	TAMAÑO DE LA MUESTRA	TIEMPO DE LA INTERVENCIÓN	HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA LA INTERVENCIÓN
4. Gioia M et al. 2010 (29)		Determinar si los videojuegos activos son eficaces para mejorar los déficits cognitivos en personas con discapacidades neurológicas.	N= 465	Sesiones progresivas (hasta 5 diarias) 30-90 m/d Desde 2 hasta 24 semanas, en función del caso	Se emplearon todos los juegos disponibles en los deportes de <i>Nintendo Wii</i> o simplemente en <i>Nintendo Wii</i> .
5. Jianhua Wu et al. 2008 (23)	ECA	Estudiar a largo plazo el efecto de la terapia en CR a la hora de enseñar a caminar a niños pequeños con SD (10 meses de edad).	N= 60	5 s/s 6 m/d 6 meses	Cintas de correr. Además, los padres debían colocar obstáculos para que sus hijos los superaran de la forma más correcta posible.
6. M Uyangk et al. 2013 (30)	ECA	Comparar los efectos de la terapia de integración sensorial de manera aislada y de manera conjunta con la estimulación vestibular y por otro lado la terapia de desarrollo neurológico, también de manera aislada, en niños con SD.	N=45	3 s/s 1,5 h/d 3 meses	Las terapias se realizaron a través de numerosas herramientas desde escaleras, rampas y plataformas inestables hasta diversos materiales para trabajar la destreza manual.
7. Ringenbach et al. 2016 (25)	ECA	Observar el efecto de la TCA, sobre la función cognitiva de pacientes adolescentes y adultos jóvenes con SD.	N=44	3 s/s 35 m/d (5 minutos de calentamiento; 30 minutos de ciclismo) 8 semanas	Bicicletas estáticas semi-inclinadas con motor mecánico integrado programado para girar los pedales a una cadencia más rápida que la velocidad voluntaria y auto-seleccionada por el ciclista. El motor mantendrá la cadencia establecida a pesar de las fluctuaciones en la potencia del ciclista.

ECA=estudio controlado aleatorizado; s/s= sesiones por semana; m/d= minutos al día; h/d= horas al día; CR: cinta rodante; SD: síndrome de Down; TCA: terapia de ciclismo asistida.

**Tabla 3.- Características de los estudios empleados. Elaboración propia (continuación)**

AUTORES	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	TAMAÑO DE LA MUESTRA	TIEMPO DE LA INTERVENCIÓN	HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA LA INTERVENCIÓN
8. Samia A.R 2010 (31)	ECA	Examinar el efecto de <i>Wii-Fit</i> en el equilibrio de niños con SD.	N=30	1 s/s 1 h/d 6 semanas	Se empleó la plataforma <i>Wii-Fit</i> para el grupo de intervención y el grupo que recibió terapia física tradicional utilizó plataformas clásicas y escaleras.
9. Ulrich et al. 2011 (22)	ECA	Observar si la intervención en CR reducía el tiempo de inicio de la marcha en niños de aproximadamente 1 año.	N=30	5 s/s 8 m/d	Cintas de correr diseñadas a medida y colocadas en sus propias casas. Los padres debían sujetar a sus hijos verticalmente mientras funcionara la CR.
10. Ulrich et al. 2011 (24)	ECA	Investigar los resultados relacionados con la actividad física y tras enseñar a andar en bicicleta de 2 ruedas a niños con SD.	N=81	5 días intensivos 75 m/d	Bicicletas adaptadas: tienen una serie de ruedas de 8 rodillos. Las ruedas giratorias disminuyen progresivamente desde el rodillo 1 al rodillo 8, aumentando la dificultad. Además, constan de un asa posterior para que puedan ser ayudados por una persona externa. El objetivo es lograr mantenerse hasta que puedan caminar independientemente en una bicicleta de dos ruedas estándar.
11. Valentín-Guidol et al. 2017 (20)		Evaluar la efectividad de las intervenciones en CR en el desarrollo locomotor en niños menores de 6 años con deambulación retrasada y con riesgo de retraso neuromotor (revisión actualizada).	N=175	2 s/s 1 h/d 12 semanas	Cintas de correr. El porcentaje de peso corporal como soporte varió de unos estudios a otros, utilizando en algunos casos un arnés pélvico para eliminar mayor peso corporal, en otros usaban simplemente un manillar para el apoyo de MMSS e incluso en alguno no había apoyo de peso.

ECA=estudio controlado aleatorizado; s/s= sesiones por semana; m/d= minutos al día; h/d= horas al día; MMSS: miembros superiores; CR: cinta rodante; SD: síndrome de Down.

Tabla 3.- Características de los estudios empleados. Elaboración propia (continuación)

AUTORES	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	TAMAÑO DE LA MUESTRA	TIEMPO DE LA INTERVENCIÓN	HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA LA INTERVENCIÓN
12. Valentín-Guidol et al 2011 (21)		Evaluar la efectividad de las intervenciones en CR en el desarrollo locomotor en niños menores de 6 años con deambulaci3n retrasada y con riesgo de retraso neuromotor.	N=32	5 s/s 8 m/d 12 semanas	Cintas de correr, sin apoyo parcial del peso corporal o con arn3s p3lvico para eliminar peso.
13. Y.P. Wuang et al. 2011 (28)	ECA	Realizar una comparaci3n entre el efecto de la terapia ocupacional est3ndar, el ejercicio a trav3s de la RV mediante la tecnolog3a de juegos Wii y la observaci3n cl3nica en ni3os con SD.	N= 105	2 s/s 1 h/d 24 semanas	Actividades de realidad virtual que utilizan la tecnolog3a de juegos de <i>Wii (Wii Sports)</i> . Para la terapia ocupacional se realizaron varios ejercicios en los que se utilizaron plataformas, telas de diferentes texturas, tableros inclinados, juegos de mesa de Scooter, herramientas para las actividades manuales como tijeras, bol3grafos, cubiertos, etc.

ECA=estudio controlado aleatorizado; s/s= sesiones por semana; m/d= minutos al d3a; h/d= horas al d3a; CR: cinta rodante; SD: s3ndrome de Down; RV: realidad virtual.