



VNiVERSIDAD D SALAMANCA

E. U. de Enfermería y Fisioterapia.

GRADO EN FISIOTERAPIA.

TRABAJO FIN DE GRADO.

**“NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA REHABILITACIÓN
NEUROLÓGICA PEDIÁTRICA.”**

**“NEW TECHNOLOGIES IN PEDIATRIC NEUROLOGICAL
REHABILITATION.”**

TRABAJO DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTÉMICA

Estudiante:

Laura González Alonso

Tutor:

Fátima Pérez Robledo

Salamanca, junio de 2019

ÍNDICE

1. Resumen	2
2. Introducción	3-6
2.1 Patologías neurológicas más frecuentes en niños	3
2.2 Nuevas tecnologías más utilizadas en neurorehabilitación pediátrica	4-6
3. Objetivos	7
4. Estrategia de búsqueda y selección de estudios	7-8
5. Síntesis y análisis de los resultados	9-23
5.1 Juegos comerciales	9-12
5.2 Exergames	12-16
5.3 Realidad virtual	16-17
5.4 Exoexqueletos	18-21
5.5 Aplicaciones móviles	22-23
6. Conclusión	24-25
7. Bibliografía	26-29
8. Tabla resumen	30-33

1. RESUMEN

Introducción: Durante los últimos 15 años las nuevas tecnologías han dado un salto al mundo de la salud, siendo una herramienta útil para el diagnóstico y tratamiento de diferentes patologías y pudiendo aplicarse a diferentes ámbitos, entre los cuales encontramos la fisioterapia pediátrica y neurológica.

Objetivos: El objetivo de esta revisión es analizar las distintas tecnologías y conocer su viabilidad y jugabilidad, así como describir los resultados encontrados y determinar si es una herramienta útil en la fisioterapia pediátrica neurológica.

Estrategia de búsqueda: Se realiza una búsqueda bibliográfica en las bases de datos *Medline, Pubmed, PeDro* y *Google Scholar*, y se seleccionan aquellos artículos con suficiente evidencia clínica, publicados en los últimos 10 años en inglés o en español.

Análisis de los resultados: Las nuevas tecnologías desarrolladas y empleadas en fisioterapia para la rehabilitación pediátrica neurológica son juegos comerciales, exergames, realidad virtual, exoesqueletos y aplicaciones móviles.

Conclusión: No se han realizado estudios suficientes para demostrar la eficacia de estas herramientas en la rehabilitación pediátrica neurológica, por lo que es necesario realizar más estudios con niños con estas patologías, así como esclarecer las pautas de tratamiento y el tipo de pacientes que podrían resultar beneficiados de estas herramientas.

2. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías son todos aquellos medios que han surgido en los últimos años, como internet, smartphones, consolas y realidad virtual.

Pese a que todos estos elementos han surgido para la diversión en personas sanas, en los últimos años han comenzado a introducirse en el ámbito médico para el diagnóstico, el seguimiento, la cirugía y el tratamiento de diferentes enfermedades. Este campo también se ha ido instaurando poco a poco en el área de la fisioterapia.

Este trabajo recogerá la evidencia en este ámbito, determinando si es un elemento útil a la hora de tratar patologías neurológicas pediátricas.

2.1 Patologías neurológicas más frecuentes en niños:

- *Parálisis cerebral*: “La Parálisis Cerebral describe un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y de la postura, que causan limitaciones en la actividad y que son atribuidos a alteraciones no progresivas ocurridas en el desarrollo cerebral del feto o del lactante. Los trastornos motores de la parálisis cerebral están a menudo acompañados por alteraciones de la sensación, percepción, cognición, comunicación y conducta; discapacidad intelectual, epilepsia y por problemas musculoesqueléticos secundarios”¹.
- *Ictus*: a pesar de que la incidencia en niños es menor que en adultos, sigue siendo una de las 10 primeras causas de mortalidad infantil. Pueden ser isquémicos o hemorrágicos, y causar síntomas sensitivos, motores y/o visuales, siendo muy común producir hemiparesia, discapacidad intelectual y síndrome de primera neurona².
- *Miopatías congénitas e inflamatorias*: es una patología muscular primaria causada por anomalías genéticas del desarrollo del músculo. Cursa con hipotonía, debilidad de predominio proximal, reflejos osteotendinosos disminuidos y, además, pueden aparecer deformidades³.
- *Neuropatías*: Consecuencia de la afectación del nervio periférico en cualquier localización anatómica. Produce síntomas sensitivos como hipoalgesia y ataxia sensitiva, síntomas motores como debilidad muscular, atrofia y deformidades, así como problemas en la manipulación fina.

También puede producir problemas de tensión arterial, arritmias cardiacas y obstrucción intestinal ³.

- *Trastorno del Espectro Autista (TEA)*: “es un trastorno neurobiológico del desarrollo que ya se manifiesta durante los tres primeros años de vida y que perdurará a lo largo de todo el ciclo vital. Los síntomas fundamentales del autismo son deficiencias persistentes en la comunicación y en la interacción social y patrones restrictivos y repetitivos de comportamiento, intereses o actividades” ⁴.
- Además, *otras patologías congénitas, infecciones y traumatismos craneoencefálicos*, pueden provocar daños neurológicos permanentes en los niños.

2.2 Nuevas tecnologías más utilizadas en neurorehabilitación pediátrica:

Las nuevas tecnologías más importantes que se comienzan a emplear para tratar esta serie de patologías, son las siguientes:

Videoconsolas:

Utilizan el movimiento del jugador para controlar el juego y potencian la sensación de presencia del usuario dentro del videojuego, al ver plasmados los movimientos en la pantalla.

- *Wii*: Se usa el movimiento del paciente para controlar el juego a través de varios dispositivos, como el mando “Wii Plus”, con un movimiento integrado, y se comunica de manera inalámbrica mediante Bluetooth, para ofrecer precisión y facilidad de uso. Se localiza en un espacio tridimensional al paciente. Además, la “Wii Balance Board” es un tablero que controla los movimientos del jugador gracias a un sensor de presión, permitiendo actividades como yoga, aerobic y estiramientos musculares ⁵.
- *Playstation*: Sus dos elementos más utilizados son el “Eye” y el “Move”. “Playstation Eye” es una cámara de última generación que permite al jugador interactuar con el entorno del juego basado en reconocimiento de gestos.

“Playstation Move” es un mando con cabeza redondeada que brilla con un led y se usa como marcador, permitiendo la ubicación espacial y el seguimiento 3D⁵.

- *Microsoft Kinect*: Cámara de video que crea un mapa 3D, trazando un plano de la zona que se encuentra en frente de ella, para determinar referencias anatómicas del cuerpo. Registra el movimiento del cuerpo y tiene reconocimiento facial y de voz⁵.
- *Exergames*: Videojuegos pensados para la actividad física en los que mediante el juego se trata de lograr ciertos objetivos con determinadas exigencias físicas.

Realidad virtual:

En los últimos años se ha producido un desarrollo importante en lo que se refiere a las aplicaciones de realidad virtual en los diferentes déficits resultantes de lesiones del sistema nervioso.

El hecho de realizar movimientos repetitivos con la extremidad afecta no es suficiente como para conseguir reorganización cerebral productiva, sino que es necesario que estas acciones estén relacionadas con un fin. La realidad virtual proporciona ese factor motivador, ya que se realiza una y otra vez la tarea, enfocándola a las diferentes actividades que forman la terapia como un videojuego, por lo que las sesiones son atractivas y amenas, con feedback visual, auditivo y háptico, consiguiendo aprendizaje motor y cambios corticales⁶.

Propone situaciones desafiantes dentro de un ambiente seguro y se ha expandido a áreas como medicina, psicología, cirugía y rehabilitación motora⁷.

Exoesqueleto:

Los exoesqueletos se utilizan para la rehabilitación de miembros superiores e inferiores, basándose en el aprendizaje motor, simulación del control multisensorial y modificación de la plasticidad neural. Se utiliza, entre otras aplicaciones, para tratar el síndrome de primera neurona.

Los robots pueden introducirse en la rehabilitación porque pueden maximizar la estimulación específica de la tarea, aumentando el aprendizaje gracias a la repetición⁸.

El “MIT-Manus” y todos los robots que se han desarrollado después, facilitan movimientos de miembro superior, entrenando la posición y velocidad de movimiento, aumentando los grados de libertad, lo que permite una mejor manipulación ⁹.

Poco a poco ganan eficacia al combinarlos con otras tecnologías como las videoconsolas y la realidad virtual ¹⁰.

- Cyberglove: Es un tipo de exoesqueleto en forma de guante que se puede poner y quitar y que se utiliza para rehabilitación de la mano, provocando feedback. Al ser un guante elástico, no restringe los movimientos, pero puede causar una pequeña resistencia en estos. Se usan para ejercicios con realidad virtual que necesiten del movimiento de los dedos y manos.

El guante tiene una estructura sensorial, con 18 sensores en los metacarpianos y falanges, que se calibran antes de los ejercicios.

Fuerza ligeramente las puntas de los dedos y usa los sensores para conocer la posición de los dedos en relación a las palmas ¹¹.

Aplicaciones:

Recientemente la categoría de las aplicaciones para la salud ha crecido de manera significativa, pudiendo usarse tanto en Smartphones, Tablets u ordenadores. Suponen un beneficio para la monitorización y el tratamiento de enfermedades crónicas. Además estas aplicaciones recolectan datos sobre síntomas y limitaciones de los pacientes en su día a día, siendo más posible comentarlos con el especialista en las revisiones, y tienen un bajo coste ¹².

En todas estas tecnologías se busca el efecto de gamificación, definida por Gaitán como una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo y profesional con el fin de conseguir mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos.

Este tipo de aprendizaje gana terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva en el usuario ¹³.

3. OBJETIVOS:

Objetivo principal:

- Conocer las diferentes nuevas tecnologías existentes y determinar su eficacia en el ámbito de la fisioterapia neurológica pediátrica.

Objetivos específicos:

- Analizar la viabilidad, accesibilidad y jugabilidad de las nuevas tecnologías desde el punto de vista de la rehabilitación, así como los efectos de estas al aplicarlos en el tratamiento fisioterápico de niños y adolescentes con problemas neurológicos, según los estudios conocidos hasta el momento.
- Conocer los dispositivos y sistemas utilizados en la rehabilitación motora y sensorial y sus principales pautas de tratamiento.
- Describir los resultados clínicos encontrados, tratando de identificar el perfil de paciente que haya obtenido mayores beneficios terapéuticos en cada una de las técnicas.

4. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARCHIVOS

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos *Medline*, *Pubmed*, *PeDro* y *Google Scholar*, con el fin de alcanzar los objetivos de esta revisión.

Las palabras clave utilizadas en la búsqueda son “new technologies”, “cerebral palsy”, “stroke”, “pediatric”, “rehabilitation”, “children” , “physical therapy” y “physiotherapy”, combinadas y unidas por el operador “AND”.

Esta búsqueda dio como resultado 92 artículos.

Para acotar la búsqueda se establecieron una serie de filtros:

Criterios de inclusión:

- Artículos que sean meta-análisis, “meta-analysis”, revisiones sistemáticas “systematics reviews” o ensayos clínicos controlados, “clinical trials”.
- Artículos publicados en los últimos 10 años.
- Texto completo en inglés o español.
- Estudios que se ajustan al material de estudio.

Criterios de exclusión:

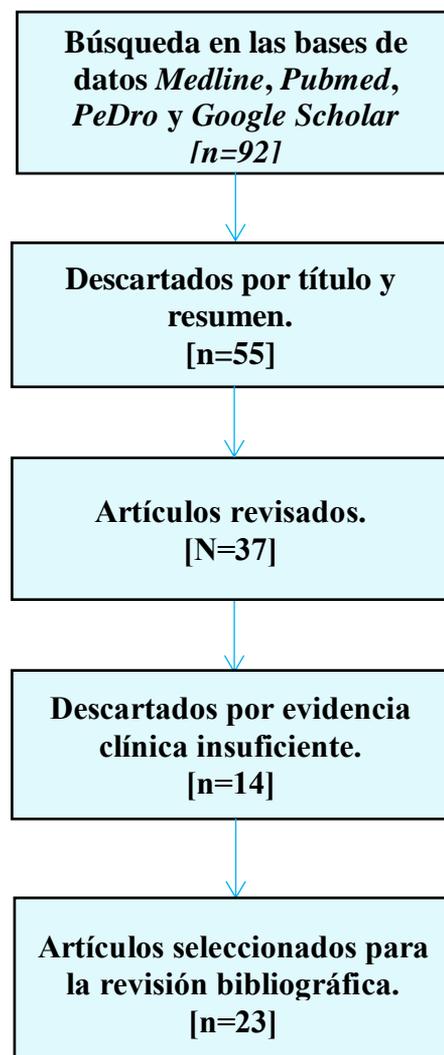
- No presentar fines propios de la fisioterapia.
- Estudios no aplicables a niños.
- Artículos sin base científica suficiente.

De los 92 registros identificados en las búsquedas en bases de datos, se seleccionan un total de 37 artículos en total, ya que el resto no cumple los criterios de inclusión.

Sin embargo, tras analizarlos se concluye que 14 no tienen suficiente evidencia científica, por lo que se descartan.

Finalmente, se hará una revisión bibliográfica de 23 artículos sobre las nuevas tecnologías en la rehabilitación.

Figura 1. Diagrama de flujo, criterios de selección.



5. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Juegos comerciales:

El problema de estos juegos es que están pensados para personas sanas, por lo que es necesario valorar la posibilidad de desarrollar juegos adaptados, aunque el hecho de no tener que manejar mandos complejos hace que también sean accesibles para usuarios con destrezas limitadas.

Dentro de estos juegos, se establecen indicadores para valorar la efectividad del tratamiento, y es el equipo multidisciplinar sanitario el encargado de configurar las terapias personalizadas, valorando la dificultad del juego según las capacidades físicas y cognitivas del usuario.

Mientras se juega, se incrementa la actividad física, se potencian habilidades concretas y actitudes sociales. Además, mejora la autogestión de la enfermedad crónica y se estimulan vista, oído y tacto, en un entorno agradable para conseguir mayor adherencia al tratamiento.

La gran ventaja de estos dispositivos es que son baratos y fáciles de adquirir e instalar en el domicilio, garantizando la captura del movimiento con total precisión ⁵.

Wii:

Los juegos principales descritos para esta consola son “Wii Sports”, “Wii Fit” y “Boccia-Fit”.

La “Nintendo Wii Fit” se usa como complemento de la terapia convencional para mejorar el equilibrio, fuerza, flexibilidad y Fitness. Tras un estudio realizado con 70 pacientes que han sufrido un ictus, en los que el grupo experimental realizaba 20 minutos de equilibrio 5 días por semana con “Wii Fit” y “Wii Balance Board”, a mayores de la fisioterapia convencional, y el grupo control tan solo realizaba fisioterapia convencional, se evidenciaron grandes mejoras en el equilibrio ¹⁴.

En otro estudio se utiliza el “KAT-3000”, una plataforma diseñada para entrenar equilibrio estático y dinámico. Se realiza un test antes y después del estudio, teniendo ambos grupos fisioterapia convencional y el experimental a mayores entrena en esta plataforma adaptada para la Wii. No se encuentran diferencias significativas en la marcha entre ambos grupos, pero el grupo experimental aumentó la velocidad del desplazamiento con los ojos cerrados ¹⁴.

También se evaluó la postura y se encontraron mejoras significativas en el grupo experimental, que continuaron 3 meses después del periodo de seguimiento. Esta mejora postural se debe a la mejora anteroposterior y lateral de las transferencias de peso ¹⁴.

Las alteraciones posturales pueden ser prevenibles y corregidas con técnicas terapéuticas y apoyándonos en avances tecnológicos, basándose en el juego, ya que esta es la herramienta pedagógica básica de todo aprendizaje, incluido el aprendizaje motor, pues ayuda en la solución de problemas promoviendo la creatividad y el desarrollo de las destrezas, aumentando la motivación y el interés y dando mejores resultados ¹⁵.

Según Córdoba et al. se realiza un estudio que combina varios programas de juegos que pretenden estimular la búsqueda de nuevas posiciones posturales por medio del movimiento de todo el cuerpo y no solo de los dedos de la mano. Gracias al “Wii Balance Board” se puede ver fácilmente la distribución del peso y el centro del equilibrio, habiendo evidencias de que mejore en pacientes con hemiplejia y daño cerebral adquirido. Este estudio con niños con parálisis cerebral, hemiparesia espástica y alteraciones posturales estáticas dura 3 semanas. Se evalúa la postura inicial y tras la intervención fisioterapéutica. Esta consta de juegos relacionados con los objetivos que se quieren conseguir. En la primera fase, de calentamiento, se realiza yoga para conseguir respiraciones profundas, paseo en bicicleta y footing, con los que conseguimos preparar al organismo para un mayor rendimiento físico y evitar posibles lesiones al movilizar ciertos grupos musculares. En la siguiente fase se realizan 7 juegos originales de “Wii Fit” que tratan de reestablecer el movimiento corporal humano en cuanto a disociación, alineación, estabilidad, propiocepción y posicionamiento del centro de gravedad. Estos juegos deben ser resueltos con el hemicuerpo afectado para mejorar los patrones anormales. Es importante la intensidad del ejercicio, ya que un sobreesfuerzo puede aumentar el riesgo de alteración postural.

Hay relación con la mejora del equilibrio estático y dinámico, coordinación, atención y velocidad de reacción, sin embargo no se encuentran diferencias entre ambos grupos. A pesar de esto, sí se encuentran mejorías en la distribución del peso entre los miembros inferiores sobre la base de sustentación, lo que contribuye a un mejor alineamiento postural y una mayor estabilidad.

Las alteraciones posturales no se solucionaron e incluso se acentuó la desviación, debido a la alineación del centro de gravedad generado por la carga de peso hacia el miembro hemiparésico o de las compensaciones osteomusculares. Las asimetrías posturales asociadas a la hipertonia impiden el uso simétrico y funcional de los dos hemicuerpos en respuesta a una menor eficiencia de las estrategias de ajuste postural.¹⁵

Otro de los estudios utiliza EVREST (Effectiveness of Virtual Reality Exercises in Stroke Rehabilitation) para evaluar la jugabilidad, eficacia y seguridad de la Wii en relación con la terapia convencional para pacientes con daño cerebral adquirido y déficit motor. Se produce feedback que facilita el entrenamiento, así como gráficos que permiten ver la evolución del paciente. Los pacientes con Wii reciben un programa intensivo de ocho sesiones durante 14 días. El *motor function test* y *block and block test* muestran mejoras en que perduran tras el periodo de seguimiento, siendo un paso inicial para entender el poder beneficioso de la rehabilitación interactiva usando tecnologías para el cuidado del paciente postictus¹⁶.

Otro de los estudios se realizó con 50 pacientes postictus en el que el grupo experimental se entrenó con Wii, con 12 sesiones y el grupo control con terapia convencional mediante estabilización, transferencias de peso, equilibrio y propiocepción. Para mejorar equilibrio, coordinación y resistencia se utilizaron 3 juegos, “hulahop”, “burbuja” y “sky slalom”, facilitando los movimientos del lado parético, ejercicios para miembro superior, equilibrio estático y transferencias.

No hubo evidencias significativas en ambos grupos, excepto en el equilibrio en la deambulación, que mejoró significativamente en la Wii, mejorando la independencia en las actividades de la vida diaria¹⁷.

Por último, otro de los estudios consiste en determinar la utilidad de la Wii para reemplazar el electrogoniómetro en el *Test del Péndulo*, el cual sirve para cuantificar la severidad de la espasticidad, midiendo el ángulo de movilidad de la rodilla. Este test es útil para pacientes con espasticidad como parálisis cerebral, lesiones de primera neurona y lesión medular. El estudio se hace dos veces, una con pacientes sanos y otra con pacientes hemipléjicos, siendo la Wii capaz de distinguir el lado parético del que no lo es. El test se repitió 10 veces, con el mando Wii atado a la pierna del paciente con dos bandas de velcro, dando la información de grados de movimiento en la pantalla mediante Bluetooth.

Se muestran las mismas medidas que con el electrogoniómetro, demostrando la eficacia de la Wii en este test ¹⁸.

La utilidad de la Playstation en rehabilitación es similar a la de la Wii, utilizando sus juegos específicos, nombrados en la Figura 2.

Respecto a Microsoft Kinect, se presentó el proyecto *Kinesthesia*, que es una aplicación que captura la posición del cuerpo permitiendo la reacción y reconocimiento en función de la movilidad y los gestos ejecutados por el paciente. Muestra opciones asociadas a la gestión del paciente y a la calibración del aparato. En “Mi Perfil” pueden visualizarse estadísticas asociadas al historial de rehabilitación y acceder al módulo “Juegos”, personalizando tiempo, juego y dificultad y facilitando así al personal sanitario controlar estos parámetros.

Uno de los juegos, por ejemplo, consiste en objetos que pasan en bandas transportadoras y debe recogerlos el paciente y almacenar en cajas virtuales, identificando el tipo de objeto, alcanzándolo correctamente y ubicándolo en su caja correspondiente ⁷.

Figura 2: Distintas aplicaciones de las videoconsolas comerciales para la neurorehabilitación.

WII	PLAYSTATION	KINECT
Wii Sports	Move Fitness	Kinesthesia
Wii Fit con Wii Balance Board	Get fit with Mel B	Kinect Adventure
Boccia-Fit		Your Shape
KAT-3000		
EVREST		

2. Exergames:

En la siguiente tabla mostramos ejemplos de los diferentes exergames existentes para las videoconsolas comerciales.

Figura 3: Ejemplos de Exergames ⁵.

JUEGO	CONSOLA	EDAD	EJERCICIO
ACTIVE 2	Playstation Wii Xbox Kinect	A partir de 3 años	Programa de 70 ejercicios
DANCE CENTRAL	Xbox Kinect	A partir de 12 años	Movimientos coreógrafos
KINECT ADVENTURES	Xbox Kinect	A partir de 2 años	Mini juegos cooperativos (saltar, agacharse, esquivar obstáculos)
KINECT SPORTS	Xbox Kinect	A partir de 3 años	Simulación de deportes, controlar el juego a través de gestos
MICHAEL PHELPS	Xbox Kinect	A partir de 3 años	Simulación de natación
MICOACH	Xbox Kinect	A partir de 3 años	Entrenamiento con atletas
MYSELF DEFENSE COACH	Xbox Kinect	A partir de 12 años	30 técnicas de defensa corporal y tonificación del cuerpo
YOUR SHAPE	Xbox Kinect	A partir de 3 años	Tonificación muscular, trabajo parte específica del cuerpo

“Kinect Adventure”, “Your Shape” o “Dance Central”, además, trabajan el equilibrio, las transferencias de peso entre los dos miembros, la estabilidad y coordinación. Son positivos para pacientes que han sufrido un ictus, amputación de miembros inferiores, algún traumatismo que comprometa la propiocepción, ataxia y otros tipos de afectaciones neurológicas.

Según Costa, los niveles básicos de “Dance Central” introducen secuencias fácilmente realizables que ayudan a la reeducación de la marcha y la mejora de la coordinación motriz y del equilibrio, que acompañados de música resultan motivantes.

En “Myselfdefense” o “Your Shape” se realizan ejercicios de relajación como yoga o Thai Chi, para reducir anomalías motoras y disfunción de la marcha, así como fases tempranas de la esclerosis múltiple, enfermedades pulmonares o patologías con cierto nivel de ansiedad.

Además, la mayoría de estos juegos ejercitan el control postural, ideal para pacientes con deformaciones esqueléticas, como escoliosis, disimetrías o lesiones neurológicas periféricas.

“Active2” y “Micoach” ayudan a potenciar la musculatura mientras se realiza una monitorización de la frecuencia cardíaca, importante en pacientes con problemas cardiorrespiratorios, evaluando así su tolerancia al esfuerzo y el aprovechamiento de los ejercicios.

Por último, estos juegos ayudan al paciente en su aspecto cognitivo, mejorando memoria, razonamiento y autoestima, ofreciendo así trabajo físico y cognitivo, además del aspecto emotivo, alentando al paciente para el éxito, proporcionando una sensación de logro y reduciendo la depresión sin medicación.

Sin embargo, existen posibles lesiones asociadas al juego, por movimientos demasiado bruscos o caídas: hematomas, dislocaciones, esguinces, fracturas....

Es importante adaptar el juego en función a la gravedad de la patología y capacidad de seguimiento del tratamiento en domicilio, así como asegurar un entorno controlado sin exclusión de otras terapias (fisioterapeuta, médico, terapeuta ocupacional, psicólogo).

Se deben programar sesiones en el centro sanitario o domicilio y establecer vías de comunicación entre el equipo sanitario, paciente y equipo de soporte; puede haber monitorización remota por gráficas visualmente sencillas sobre el rendimiento del paciente, así como sistemas de alarma; y el fisioterapeuta puede establecer un horario para resolver dudas virtualmente, mediante imagen y sonido, así como crear grupos de pacientes con características similares para compartir su progreso o recibir consejos para los pacientes o sus familias.

Además, existen plataformas web que recogen los datos de estas sesiones, como las calorías quemadas, la frecuencia y duración de la sesión, su puntuación... Esto crea

un feedback por parte del equipo rehabilitador sobre la realización de ejercicios y progresión en la rehabilitación.

A parte del impacto en el paciente es importante evaluar el impacto en el acceso a la atención sanitaria, sobre la organización y el impacto económico ⁵.

Cabe destacar otros estudios en los que se han utilizado las nuevas tecnologías para apoyar en la educación a niños con discapacidad intelectual, que podrían ser útiles a la hora de hacerles entender su patología y conseguir así mayor participación en las tareas de rehabilitación.

Uno de estos estudios estimula la motricidad fina del niño mediante el aprendizaje de las partes del cuerpo humano, con ayuda de un sensor Kinect, con el objetivo de que el niño sea capaz de identificar qué actividades contribuyen a la higiene y salud de su cuerpo, identificar las partes de su cuerpo y cómo usarlas en diferentes actividades. Para ello se asocian las partes del cuerpo en 3 cortes (cabeza, torso y piernas) o en 6 cortes (cabeza, brazo izquierdo, brazo derecho, torso, pierna izquierda y pierna derecha).

En la pantalla observaremos al cuerpo humano y a sus lados varias piezas. El niño debe seleccionar una de ellas y colocarla en el dibujo del cuerpo humano, recibiendo estímulos visuales y auditivos al acertar y por el contrario, otros diferentes al fallar. A su vez, es fundamental utilizar colores y sonidos para motivar y no producir aburrimiento. De esta manera, por ejemplo, debe colocar la imagen del champú sobre la parte del dibujo que corresponde al pelo ¹⁹.

Por último, hay estudios realizados con niños autistas en los que se ha creado un sistema interactivo basado en videojuegos serios para la captura de expresiones en tiempo real, con una base de datos de imágenes de las correspondientes emociones.

Esta base servirá para el entrenamiento de una red neuronal profunda para poder determinar de manera automática el tipo de emoción que genera el niño autista. Hay 7 emociones (alegría, tristeza, miedo, asco, ira, sorpresa y neutral).

Tras la creación de un laberinto 3D, se valora la atención mantenida por los usuarios y mediante cuestionarios se pregunta qué emociones sintieron en las diferentes partes de este. Además existe un entrenamiento con espejo en el que deben imitar la emoción de la imagen que aparece en pantalla, y posteriormente realizarán este

mismo ejercicio sin verse reflejados en el espejo, siendo menor el porcentaje de acierto en el ejercicio realizado sin espejo.

Este juego, además de proporcionar un aprendizaje emocional para el niño, nos ayudará a entender cómo se siente en cada momento de la terapia ²⁰.

3. *Realidad virtual:*

La realidad virtual se emplea como herramienta de rehabilitación y evaluación en programas de entrenamiento del equilibrio, postura, marcha activación de las funciones en los miembros superiores, terapias de tolerancia al ejercicio y dolor, así como actividades de la vida diaria y evaluación de negligencias visuales. Hay tres aspectos importantes: repetición, motivación y retroalimentación. Debe ser ejecutado repetidamente para conseguir memorización y aprendizaje motor, y estimula la reorganización neural ⁷.

En pacientes sanos, se ha demostrado la eficacia de una atmosfera virtual en el aprendizaje motor. Los estudios demuestran que estas personas obtienen mayores resultados que los que se entrenan en un ambiente real.

Otros estudios que comparan ambos ambientes, demuestran que ambos mejoran, pero aquellos con realidad virtual realizan mejor las tareas ¹¹.

La mayoría de los estudios constan de escalas y test para valorar la evolución del paciente.

Una RMN tras las sesiones de tratamiento en pacientes con ictus muestran que existen cambios de la función de la corteza sensitivo-motora al practicar tareas de manera específica, produciendo reorganización cerebral y mayor activación sensitivo-motora ⁶.

Los estudios normalmente se hacen con pacientes sanos y adultos, y posteriormente se aplican a adultos y niños con algún tipo de discapacidad. Se combina terapia convencional y realidad virtual.

En uno de los estudios se crea una herramienta basada en tecnología en realidad virtual que integra en una plataforma de ejercicios para el entrenamiento y rehabilitación de determinadas funciones que se han visto reducidas o perdidas a causa de diversas patologías, denominada BIOTRACK, la cual tiene resultados positivos.⁷.

Los estudios que usan las neuronas espejo, reflejan el lado no parético, dando la impresión de que puede mover el lado paralizado. Optimizan la plasticidad y funcionalidad de los pacientes con ictus o lesión medular. Este sistema de ejecución y observación facilita la actividad motora y plasticidad corporal creando reorganización de las áreas sensoriomotoras ¹².

Usando la tecnología 3D y realidad virtual, se proyecta el brazo no parético en un monitor o televisor, creando virtualmente el otro brazo (el parético). El paciente empieza a mover el brazo simulando que mueve el parético. Así el movimiento real se transfiere virtualmente al otro brazo, orientándolo correctamente, con el mismo color de ropa que lleva el niño para darle más credibilidad. Se puede realizar en varios escenarios, creando un plan de entrenamiento, realizando los movimientos como pinza, puño, apertura y cierre de mano. Hay sensores para interactuar con el sistema y produce efectos psicológicos positivos en el paciente.

El Hospital Universitario de Zurich realizó un estudio con niños que aprendieron rápido el sistema y que fueron aumentando la dificultad de los juegos, mejorando su atención y motivación y demostrando que son positivos añadidos a la fisioterapia convencional, así como sus efectos similares a la forma convencional de neuronas espejo, mejorando la eficacia de la rehabilitación gracias a la concentración y motivación que generan ¹².

En otro estudio, la Universidad de Chicago proyectó imágenes en las paredes y techo de una habitación, sumergiendo a los pacientes en una atmosfera determinada. Se compararon los movimientos en este ambiente virtual con uno real. Los participantes demostraron un excepcional grado de entusiasmo, aunque un pequeño número realizó movimientos involuntarios y reflejos, así como posturas inadecuadas, en diferentes grados de dificultad ²¹.

Después, se transfirió este entrenamiento al mundo real, añadiendo objetos virtuales como pelotas y material para realizar deportes como el sky.

Comparándolo con el entrenamiento en el medio real, ambos tuvieron cambios significativos en movilidad y equilibrio, pero los pacientes tratados con realidad virtual tuvieron más satisfacción, motivación y mejoraron su velocidad de reacción.

Se utiliza en problemas locomotores, miembros superiores o inferiores, como lesión medular. Se puede combinar con otras terapias como un exoesqueleto.

La integración sensomotora, la movilidad y la transferencia de pesos benefician la recuperación, por lo que se determina beneficiosa esa terapia añadida a una fisioterapia convencional ²¹.

4. Exoesqueleto:

En el exoesqueleto hay correspondencia entre el robot y las articulaciones humanas y cada una de estas es dirigida en una trayectoria programada anteriormente. Pueden ser movimientos pasivos, asistidos, activos y resistidos.

Los robots pueden ser robots estáticos y robots de superficie.

Los *robots estáticos* permiten al paciente realizar el entrenamiento de la marcha en un área determinada, como un soporte de peso corporal basado en cinta de correr, para la rehabilitación del miembro inferior

Los *robots de superficie* permiten al paciente andar y explorar el ambiente, no están delimitados en un área fija.

Estudios demuestran que el entrenamiento con robots combinado con fisioterapia convencional puede mejorar la independencia de la marcha en pacientes postictus. No hay diferencias entre el aumento de velocidad o resistencia en pacientes tratados con robots o con fisioterapia convencional, aunque algunos estudios determinan que la velocidad de marcha se incrementa notablemente en los tratados con exoesqueleto ⁸.

El exoesqueleto permite a pacientes con parálisis cerebral la deambulación segura en el mundo real, usándose en casa y en la comunidad y permitiendo independencia, así como aumenta la seguridad y tolerancia del ejercicio. Se puede ajustar desde un mínimo poder motor hasta la evolución del paciente, a medida que aumenta su fuerza y funcionalidad.

Cuando un movimiento se hace bajo el control robótico, además de las áreas típicas, otras áreas como la ínsula, amígdala y otros circuitos conectados a las áreas más profundas, se activan.

Estos centros son importantes para la memoria del movimiento y la motivación, favoreciendo a la estimulación e imaginación.

Algunos estudios concluyen que es igual de efectivo que las terapias convencionales, pero hay mucha controversia. Debemos valorar intensidad, complejidad y especificidad de la interacción del robot con el paciente ⁸.

Tiene efectos beneficiosos en pacientes con hemiparesia, espasticidad y contractura muscular, y contribuyen al movimiento y equilibrio en pacientes con daño cerebral en estados agudos y subagudos.

El entrenamiento con robots en ambientes virtuales, además, ha potenciado la rehabilitación de pacientes tras un ictus, así como de niños con parálisis cerebral, mejorando su conciencia espacial y movilidad ¹¹.

La ayuda de los robots en neurorehabilitación consigue una alta intervención e intensidad ofreciendo un objetivo a la terapia y guiando a los pacientes en tiempo real con un feedback visual y auditivo. La robótica basada en juegos motiva a los pacientes, dato importante al trabajar con niños.

En un estudio realizado a 10 niños con daño cerebral el robot guía el entrenamiento, hace estiramientos pasivos y movimientos activos para mejorar la biomecánica del tobillo y mejorar el equilibrio. El paciente está en supino en su cama, con la pantalla delante, relajado. Se realizarán ejercicios primero pasivos y luego activos, con una flexión dorsal y plantar voluntaria.

Hay diferencias en las curvas anteriores a la intervención con las posteriores. El uso de juegos de ordenador ofrece un feedback en tiempo real y motivante mientras la resistencia del robot continúa desafiando al paciente, con un gran número de repeticiones, que ayuda a los pacientes pediátricos que viven en la cama con ausencia de control motor del miembro inferior. Responden bien a los programas que son creativos y desafiantes para ellos. Los estiramientos y movimientos activos han beneficiado a los niños y demostrado mejoras en las propiedades biomecánicas, capacidad funcional, equilibrio y movilidad ²².

También se usan para la rehabilitación del miembro superior, tanto para mejorar la velocidad de movimiento, destreza de los dedos, fuerza muscular y coordinación, en niños con severas limitaciones en su independencia.

La terapia basada en robots ayuda a estabilizar el miembro superior. Se puede usar con juegos y actividades simuladas, demostrando que mejora la función motora del miembro superior en los niños cuando usan la realidad virtual. Las técnicas no invasivas de estimulación cortical en ictus, tienen un impacto positivo en la reorganización cortical, mejorando la función de dedo y mano, la destreza y reduciendo la espasticidad ⁹.

La función motora de los brazos afectados mejora gracias a la asistencia de un robot sensorio-motor, mejorando coordinación y efectividad de movimiento, permitiéndoles adaptar ejercicios ¹¹.

Gerber realiza un estudio con niños de 15 años, utilizando “Yougrabber”, que consta de una cámara y sensores para recoger la posición del niño y se coloca un guante de neopreno, con el que podemos realizar hasta 8 exergames con diferentes movimientos del miembro superior. Los fisioterapeutas podrán determinar el grado de dificultad y tipo de juego. El entrenamiento comienza con una calibración y la realización de movimientos más comunes del miembro superior. Se debe explicar con claridad las normas y formas de funcionamiento a los padres, y proporcionarles un diario para que escriban todo lo relacionado con las sesiones de terapia.

Los niños deben entrenar al menos 5 veces a la semana, pero a partir de la semana está permitido entrenar tanto como quieran, ya que al ser dispositivos baratos permiten su uso intensivo, aunque controlado para evitar lesiones asociadas al sobreesfuerzo.

Es importante distinguir que el tiempo de entrenamiento no es igual al tiempo puro jugado, ya que se debe colocar el guante, hacer descansos y contar con problemas técnicos.

La satisfacción de los usuarios fue evaluada con cuestionarios para niños y cuidadores. De los 15 usuarios del estudio solo uno no resultó satisfecho, y alguno mostró dolor o molestia por el roce del guante. No se encontró relación entre la edad de los pacientes y la efectividad del juego.

El estudio concluye que “Yougrabber” es sencillo de usar, aceptado por los pacientes y beneficioso para el entrenamiento en casa del miembro superior en rehabilitación, así como para pacientes que han sufrido un ictus, lesión incompleta de médula y/o hipotonía ¹⁰.

Otro estudio realizado por el Hospital Universitario de Niños de Zurich, con un Lokomat© a niños de entre 6 y 18 años con espasticidad bilateral o de los 4 miembros, con parálisis cerebral y que sean capaces de andar al menos 14 metros sin ayuda. El grupo experimental se entrenó durante un tiempo total de entre 2 semanas y 5 meses en el Lokomat©, con estrategias motivantes para mejorar la adherencia de los niños al tratamiento y el otro tan solo con fisioterapia convencional, demostró que en el *test de 6 minutos*, el *test de los 10 metros* y medidas de la función corporal

no se vieron cambios considerables entre ambos grupos ²³; mientras que otro estudio realizado a pacientes con hemiplejia mediante tareas con realidad virtual en 6 diferentes niveles de dificultad, demostró que los pacientes mejoraron en las tareas en el ambiente virtual y progresaron en los 6 niveles de dificultad, aunque solo la mitad de los pacientes obtuvieron mejoras clínicas y funcionales ¹¹.

El Cyberglove se usa junto a ejercicios en el ordenador, en los cuales se intenta mejorar la flexo-extensión de los dedos, mediante 4 ejercicios. Se le pide flexionar todo lo posible y luego abrir la mano todo lo posible. Luego se pide que haga esto lo más rápido posible. Posteriormente se hace con cada dedo de forma aislada, mientras el resto se mantienen abiertos. Se pide que se cierren venciendo la resistencia aplicada por el guante ¹¹.

Durante la terapia, al paciente se le enseñan gráficos de su propia mano en tiempo real, y una mano virtual en la que el dedo que está moviendo se ilumina.

Se trabaja el rango de movimiento y la velocidad de este. Después se centra en la fuerza de la mano y, por último, en aislar los movimientos de cada dedo de forma efectiva ¹¹.

Uno de los estudios dura dos semanas y se realiza con pacientes postictus, logrando mejoría de la mayoría de los parámetros de la mano durante el entrenamiento, así como un aumento considerable de la fuerza en su mano dominante, por lo que provoca resultados positivos, consiguiendo mejoras en las actividades de la vida diaria, demostrando además que ayuda a la mejora de la motricidad fina, así como a romper un posible patrón de rigidez generado por la atrofia del tono muscular.⁷

El uso de este guante junto con juegos comerciales, proporciona al paciente una resistencia donde se puede mejorar amplitudes, fuerza muscular y coordinación. Es efectivo para lesiones físico-cognitivas y neurológicas, pacientes con limitaciones en amplitud articular, fuerza muscular, coordinación, déficit de atención y alteraciones sensoriales y perceptivas ⁷.

Por último, Viñas también demostró eficacia para mejorar la función motora del miembro superior y mejorar la realización de actividades de la vida diaria ²⁴.

5. *Aplicaciones móviles:*

Podemos dividir las en diferentes subgrupos, en función de la patología ¹⁶:

- Apps para ictus: hay hasta 14 aplicaciones válidas, que usan la monitorización y el feedback para la actividad física, el entrenamiento de la afasia y problemas cognitivos, así como la educación postictus, basado en ejercicios desde casa.
- Apps musculoesqueléticas: hasta 11 aplicaciones válidas. Algunas están diseñadas para la rehabilitación del tobillo y muñeca mediante videos de un instructor y un programa de ejercicios para prevenir nuevas lesiones, pudiendo combinarse con un Cyberglove.
- Apps para lesiones medulares: 2 aplicaciones creadas, una diseñada para gente con espina bífida, para ayudar a la autogestión y adherencia de la enfermedad y ayudando también a la salud mental. La otra aplicación presenta un coaching virtual con sesiones de ejercicios.
- Apps para traumatismos craneoencefálicos: 7 aplicaciones que ayudan a mejorar la memoria cognitiva usando la gamificación. Ayuda a mejorar el comportamiento y el estrés postraumático y ayuda a conseguir metas.
- Apps neurológicas: 16 app para parálisis cerebral, pie equino, esclerosis múltiple y niños con problemas neurológicos, que ayudan a mejorar la deambulación.
- Apps para dolor: ayuda a mejora de la calidad de vida y el dolor crónico, mejorando los movimientos y ofreciendo ejercicios que reducen significativamente el dolor.
- Apps cardiacas y pulmonares: 20 apps facilitan la rehabilitación cardiaca en casa, ayudando a la mejora de la administración de medicación, ejercicio y monitorización de constantes vitales. Se ha demostrado que causan un resultado similar a los programas de hospitalización basados en mejorar la distancia de la marcha, emociones, control de peso y mejora de calidad de vida en enfermedades cardiacas. Efectivas para reducir la disnea. Pueden resultarnos de gran apoyo en el tratamiento de las complicaciones neurológicas.

Los niños con una patología cardíaca pueden ver virtualmente modelos cardíacos mediante simulaciones médicas, que ayudarán a los pacientes y sus padres a comprender mejor la patología y participar más eficientemente en el cuidado de los niños, pudiendo aplicarse a otro tipo de patologías ²⁵.

- Apps no específicas: mejoran equilibrio, fuerza, movilidad y cognición mediante feedback de audio e imagen, actividades mentales y psicológicas y juegos interactivos usando un sensor conectado a la televisión o PC interactivo vía Bluetooth.

La comercialización de las app “Mhealth” necesita estudios que demuestren su accesibilidad, jugabilidad y funcionalidad para que sigan creciendo ¹².

Además, existen aplicaciones informativas, con guías de actuación, como “Fisioterapia a tu alcance” y “Mineuro”, que pueden resultar muy útiles para conseguir la implicación de padres y cuidadores.

Otras aplicaciones se utilizan solo para la valoración, como “Goniometer Pro” y “Rancho Gait”. Esta última sirve para evaluar la marcha normal y patológica.

A pesar de que las actividades de tratamiento diseñadas específicamente para la rehabilitación neurológica son escasas, existen algunas, como “Physiotherapy Exercises”, con 950 ejercicios para pacientes con cualquier daño neurológico ²⁶.

6. CONCLUSIÓN:

La herramienta pedagógica básica de todo aprendizaje, es el juego. Por eso, en la rehabilitación orientada a niños es necesario fomentar su creatividad y motivación, logrando así su interés por la tarea. Esto, unido a la repetición de acciones con un fin concreto, es el camino para lograr mejorar las dificultades del paciente.

La telerehabilitación puede ayudarnos en todo esto, así como ayudarnos a optimizar tiempo y recursos en determinados procesos asistenciales, y mejorar la calidad de vida.

Los programas de rehabilitación en el domicilio basados en el uso de nuevas tecnologías resultan motivadores para el paciente, con un aprendizaje positivo y con apoyo social por parte del equipo rehabilitador. Además resultan fáciles de adquirir y son baratos, por lo que cualquier familia puede tener este complemento de la terapia en sus hogares, siendo importante, por ejemplo, para los fines de semana en los que no acude a sesión con el fisioterapeuta, o durante una lista de espera, permitiendo que el niño no deje de entrenarse y evitando así rigideces y otras alteraciones futuras. Existe gran heterogeneidad respecto a las pautas terapéuticas empleadas en cada uno de los estudios, ya que el número de sesiones, duración y frecuencia de las terapias varía según el planteamiento de los diferentes estudios.

A pesar de que existen gran variedad de dispositivos empleados en los estudios y de que los resultados son dispares, en general tienen un efecto positivo y aditivo a la terapia convencional de la neurorehabilitación, consiguiendo mejoras en el control motor y cambios en la plasticidad cerebral.

Por tanto, no deben considerarse terapias alternativas si no complementarias, con una potente herramienta de evaluación y control que permiten ajustarlas a las características individuales del paciente.

Sin embargo, es necesario seguir investigando al respecto, para poder determinar qué tecnología/s son más útiles para cada patología, así como sus pautas terapéuticas ideales y sus resultados a largo plazo. También es necesario realizar más estudios en los que los pacientes sean los niños, ya que la mayoría de los estudios actuales se han realizado a gente adulta e incluso gente sana, siendo después aplicados a niños.

A continuación se muestra una tabla comparativa sobre las ventajas e inconvenientes de la telerehabilitación y la fisioterapia convencional (Figura 4).

Figura 4: Principales diferencias entre la rehabilitación convencional y la telerehabilitación ⁵.

REHABILITACIÓN CONVENCIONAL	TELEREHABILITACIÓN
Coste y cobertura de seguro	Continuidad asistencial
Trasporte a instalaciones	No desplazamiento innecesario
Disponibilidad limitada	Mejora accesibilidad
Retraso de algunos pacientes	Reduce riesgo de situaciones de exclusión social
Consumo de tiempo	Mejora la calidad de vida de los pacientes
Uso intensivo de recursos	Tratamiento adaptado
	Seguimiento más estrecho
	Detección temprana de complicaciones
	Mejora la adherencia al tratamiento
	Más capacidad de autogestión de la enfermedad
	Reducción de costes, estancias hospitalarias y presión sobre servicios asistenciales.

7. BIBLIOGRAFÍA:

- ¹: ¿Qué es la Parálisis Cerebral? - Federación ASPACE Castilla y León [Internet]. Federación ASPACE Castilla y León. 2019 [cited 12 febrero 2019]. Available from: <https://www.federacionaspacecyll.org/quienes-somos/que-es-la-paralisis-cerebral/>

- ²: De Castro P, López V. Accidentes cerebrovasculares en el niño y en el adolescente. Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid; 2008.

- ³: Quijano S. Miopatías congénitas en la infancia | NeuroPedWikia [Internet]. Neuropedwikia.es. 2011 [cited 27 nov. 2018]. Available from: <http://www.neuropedwikia.es/content/miopatias-congenitas-en-la-infancia>.

- ⁴: Que es el autismo [Internet]. Autismo.com.es. 2019 [cited 27 April 2019]. Available from: <https://www.autismo.com.es/autismo/que-es-el-autismo.html>

- ⁵: Costa M. Sistema de juego comerciales como nuevas herramientas rehabilitación médica [Máster en Telemedicina]. Universitat Oberta de Catalunya; 2019.

- ⁶: Monzó B, Ibáñez M. Aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación motora de los pacientes tras un Ictus: Una revisión Bibliográfica. *Rev Fisioter (Guadalupe)*. 2013; (vol. 12, no. 2): 7-22.

- ⁷: Moreno F, Ojeda J, Ramírez JE, Mena C, Rodríguez O. Un Framework para la Rehabilitación Física en miembros superiores con Realidad Virtual. *Revista Venezolana de Computación* [Internet]. 2014; (vol. 1, no. 1): 8-16.

- ⁸: Molteni F, Gasperini G, Cannaviello G, Guanziroli E. Exoskeleton and end-effector robots for upper and lower limbs rehabilitation: Narrative review. *PM&R*. 2018; (vol. 10, no. 9): S174-S188.

- ⁹: Black L, Gaebler-Spira D. Nonsurgical Treatment Options for Upper Limb Spasticity. *Hand clinics*. 2018; (vol. 34, no. 4): 455-464.
- ¹⁰: Gerber C, Kunz B, van Hedel H. Preparing a neuropediatric upper limb exergame rehabilitation system for home-use: a feasibility study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2016: 13.
- ¹¹: Jack D, Boian R, Merians A, Tramaine M, Burdea G, Adamovich S et al. Virtual Reality-Enhanced Stroke Rehabilitation. 2001; (vol.9, no.3).
- ¹²: Eng K, Siekierka E, Pyk P, Chervrier E, Hauser Y, Cameirao M et al. interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. *Medical & biological engineering & computing*, 2007; (vol. 45, no. 9): 901-907.
- ¹³: Gaitán V. Gamificación: el aprendizaje divertido | Educativa [Internet]. Educativa.com. 2019 [cited 7 May 2019]. Available from: <https://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>
- ¹⁴: Utkan A, Balevi E, Kaymat G. Effectiveness of Wii-based Rehabilitation in Stroke: a Randomized Controlled Study. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018; (vol. 50, no. 5): 406-412.
- ¹⁵: Córdoba L, Gómez Lozano V, Tello Fernández L, Tovar Ruíz L. Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el *Wii Balance Board* en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral. Caso Clínico. *Revista Ciencias de la Salud*. 2015; (vol. 13, no. 2): 147-163.
- ¹⁶: Saposnik, G, Mamdani M, Bayley M, Thorpe KE, Hall J, Cohen LG et al. Effectiveness of Virtual Reality Exercises in Stroke Rehabilitation (EVREST): Rationale, Design, and Protocol of a Pilot Randomized Clinical Trial Assessing the Wii Gaming System. *Int J Stroke*. Author manuscript. 2016; (vol.5, no.1): 47-51.

- ¹⁷: Morone G, Tramontano M, Iosa M, Shofany J, Iemma A, Musicoo M et al. The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *BioMed research international*, 2014; (vol. 2014).
- ¹⁸: Yeh H, Hung Y, Wang H, Hsu T, Chang C, Yeh R et al. Novel application of a Wii remote to measure spasticity with the pendulum test: proof of concept. *Gait & posture*. 2016; (vol. 43): 70-75.
- ¹⁹: Castagnola E, Bosio A, Chiodi A. Juegos serios aplicados a niños con discapacidades. *II Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS)-JAIIO 44 (Rosario, 2015)*. 2015.
- ²⁰: Ramis S, Perales J, Campins M. Un videojuego serio para el estudio de expresiones faciales en personas con Autismo. *Cognitive Area Networks*. 2017; (vol 9).
- ²¹: Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2004; (vol. 1, no. 1): 10.
- ²²: Chen K, Xiong B, Ren Y, Dvorkin Y, Gaebler-Spira D, Sisung E et al. Ankle Passive and Active Movement Training in Children with Acute Brain Injury Using a Wearable Robot. *Journal of rehabilitation medicine*. 2018; (vol. 50, no. 1): 30-36.
- ²³: Ammann C, Bastiaenen H, Meyer-Heim D, van Hedel J. Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT). *BMC pediatrics*. 2017; (vol. 17, no. 1): 64.
- ²⁴: Viñas S, Sobrido M. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review. *Neurología (English Edition)*. 2016; (vol. 31, no. 4): 255-277.

²⁵: Silva J, Southworth M, Raptis C, Silva J. Emerging applications of Virtual Reality in Cardiovascular Medicine. *JACC: Basic to Translational Science*. 2018; (vol. 3, no. 3): 420-430.

²⁶: Nussbaum R, Kelly C, Quinby E, Mac A, Parmanto B, Brad E, et al. A systematic review of mobile health applications in rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*; 2018.

Figura 5: Tabla resumen

	REFERENCIA	OBJETIVO	MUESTRA/ TIEMPO TTO.	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
6	Monzó B et al. 2013	Conocer y describir efectos de la rehabilitación motora tras un ictus.	Pacientes crónicos. 6-12 sesiones de 1-2h.	Uso de dispositivos hápticos, guantes y ordenador para la rehabilitación motora en ambientes virtuales.	No existe consenso en pautas de tratamiento ni perfil del paciente, por lo que es necesario seguir investigando.
7	Moreno F et al. 2014	Analizar la funcionalidad de los diferentes dispositivos electrónicos en la rehabilitación del miembro superior.	6-12 años.	Rehabilitación del miembro superior con realidad virtual y guante dinámico.	Mejora la atención y se demuestran cambios en la corteza sensorial-motora del cerebro.
8	Molteni F et al. 2018	Efectividad del exoesqueleto en rehabilitación del miembro inferior y superior.	Paciente con parálisis cerebral.	Trabajos de marcha y discriminación en ambas extremidades con ayuda y resistencia del exoesqueleto.	Diferencias significativas con la terapia convencional.
9	Black L et al. 2018	Tratamiento de la espasticidad del miembro superior.	Niños con parálisis cerebral y adultos con ictus.	Terapia con robots para mejorar funcionalidad de las manos.	Mejoras en la extremidad superior y feedback sensorial.
10	Gerber C et al. 2016	Valorar la mejora de funcionalidad de miembro superior tras el uso de "Yougrabber"	Edad media de 11 años. 2 semanas.	Uso de guante dinámico junto con 8 exergames para rehabilitar el miembro superior.	Fácil de usar, bien aceptado y beneficioso para el entrenamiento en casa.

11	Jack D et al. 2001	Valorar la efectividad del Cyberglove en el tratamiento del miembro superior.	Niños con parálisis cerebral.	Realización de ejercicios con el guante dinámico trabajando parámetros con fuerza y resistencia.	Mejora el uso de la extremidad y aumenta funcionalidad en actividades diarias.
12	Eng K et al. 2007	Valorar la efectividad del trabajo con neuronas espejo con la realidad virtual.	Pacientes de 18 a 80 años. Parálisis de miembro superior.	Proyección del miembro no parético de forma virtual para activar el parético.	Resulta igual de efectivo que la terapia de neuronas espejo convencional.
14	Utkan A et al. 2018	Valorar jugabilidad y efectividad de juegos para la Wii en el entrenamiento del equilibrio	70 pacientes. 5 días a la semana, 4 semanas.	Juegos con “Wii Fit” y “Wii Balance Board”.	No diferencias significativas entre grupos. Mejora postural después de periodo de seguimiento en grupo experimental.
15	Córdoba L et al. 2015	Efectos del tratamiento fisioterapéutico con “Wii Balance Board” sobre el equilibrio.	2 niños con parálisis cerebral.	Uso de juegos propios del “Wii Balance Board” para conseguir mejora del equilibrio.	Número limitado de participantes. Mejora centro de gravedad en uno y empeora en otro.
16	Saposnik G et al. 2016	Comparar las ventajas de la rehabilitación con nuevas tecnologías en relación a la fisioterapia convencional.	21 pacientes. Edad media 61. 8 sesiones de 60 minutos durante 14 días.	Aplicación del EVREST y valoración de su eficacia por un test de función motora.	Paso inicial para entender el potencial de los nuevos juegos tecnológicos en rehabilitación.
17	Morone G et al. 2014	Eficacia del entrenamiento del equilibrio con juegos comerciales.	50 pacientes. De 18 a 85 años. 40 minutos 2 veces al día.	Entreno de coordinación, equilibrio y resistencia con juegos de la “Wii Fit”.	Mejora del equilibrio en el grupo Wii y mejora de la deambulacion.

18	Yeh H et al. 2016	Eficacia del uso de la Wii para realizar el test del péndulo.	13 pacientes hemipléjicos.	Uso del mando Wii en sustitución al electrogniómetro en el test del péndulo.	Resultados similares que en la prueba convencional.
19	Castagnola E et al. 2015	Estimular la motricidad del niño y ayudar al aprendizaje del cuerpo.	Niños con discapacidad intelectual.	Juego para asociar partes del cuerpo con objetos.	Contribuye positivamente en la educación y motivación de los niños.
20	Ramis S et al. 2015	Evaluar el aprendizaje de expresiones mediante un juego serio.	Niños con autismo.	Imitar las expresiones que aparecen en pantalla y aprender a identificarlas.	Es necesario valorar a largo plazo si hay cambios en la red táctil afectivo-motora-sensorial.
21	Sveistrup H 2004	Comparar movimientos efectuados en un ambiente virtual con aquellos realizados en un ambiente real.	Adultos sanos 6 semanas, 2 sesiones por semana.	Rehabilitación de miembro superior e inferior en un ambiente virtual.	Mejora en transferencias y producción de movimientos, aunque se necesitan más estudios.
22	Chen K et al. 2018	Valorar la eficacia del entrenamiento activo y pasivo de tobillo con un robot.	15 sesiones. 10 niños hospitalizados.	Ejercicios en cama con robot para mejorar movilidad de tobillo.	Mejora del control motor y reaprendizaje con estímulos sensoriales.
23	Ammann C et al. 2017	Valorar la eficacia de la terapia con robots.	Niños con parálisis cerebral. De 6 a 18. 2-5 veces por semana, 30 min, 5 meses.	Tratamiento fisioterapéutico mediante robots.	Resultados alentadores y motivantes.

24	Viñas S et al. 2016	Valorar la eficacia de las nuevas tecnologías en la rehabilitación neurológica post-ictus.	Pacientes postictus.	Uso de Cyberglove realidad virtual y Wii.	Mejora de la función motora con RV y en equilibrio dinámico.
25	Silva J et al. 2018	Valorar la usabilidad de la realidad virtual en patologías cardíacas.	Pacientes cardíacos. 20-30 min de sesión.	Autogestión y autoconocimiento de la enfermedad.	Mejora y autogestión.
26	Nussbaum R et al. 2019	Valorar la usabilidad y eficacia de las aplicaciones móviles.		Diferentes aplicaciones dependiendo de las patologías que se quieran abordar.	Se necesita más investigación.