

Una revisión sobre los sistemas de rehabilitación de motricidad basados en juegos

A review about motor rehabilitation systems based on games

A.N. Caicedo-Rosero,^{a*} O.A. Vivas-Albán,^{a**} J. Londoño-Prieto^{b***}

^aDepartamento de Electrónica Instrumentación y Control, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

^bDepartamento de Fisioterapia, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Recibido: 14/12/2016; revisado: 22/01/2017; aceptado: 04/04/2017

A. N. Caicedo-Rosero, O. A. Vivas-Albán y J. Londoño-Prieto "Una revisión sobre los sistemas de rehabilitación de motricidad basados en juegos," *Jou.Cie.Ing.*, vol. 9, no. 1, pp. 24-33, agosto de 2017.

Resumen

Se realiza una revisión sobre sistemas de rehabilitación motriz asistidos por software y/o hardware. En especial se tratan los sistemas caracterizados por emplear videojuegos y ambientes virtuales para la rehabilitación de miembro superior. El propósito de esta revisión bibliográfica es sentar las bases para el desarrollo de un proyecto que involucrará videojuegos como pieza fundamental para la rehabilitación de miembro superior, tomando como aspecto fundamental la motivación y el compromiso que el paciente puede adquirir a lo largo de su proceso terapéutico, mediante estrategias como técnicas de gamificación, las cuales permiten relacionar posibles recompensas que los usuarios obtendrían simbólicamente. Todo este tipo de sistemas potencian aspectos como la psicología, estado mental motivacional del paciente, con la intención de que el proceso sea más ameno y produzca resultados positivos, en comparación con una terapia convencional

Palabras Claves: Rehabilitación física, realidad virtual, motivación, serious games

Abstract

In the next article we will do a revision about the motor rehabilitation systems assisted by software and hardware. Especially systems characterized by using video games and virtual environments with different interests to diversion, in this case the limb rehabilitation. The purpose of this literature review is to lay the groundwork to development of a project that involves video games as a fundamental piece for the upper limb rehabilitation, taking as a fundamental aspect the motivation and commitment that the patient can acquire throughout their therapeutic process by strategies as gamification techniques, which allow to relate possible rewards that users obtain symbolically. All systems enhance aspects such as psychology, mental, motivational patient, with the intention that the sea process more enjoyable and produces positive results in comparison with a conventional therapy.

Keywords: Motor rehabilitation, virtual reality, motivation, serious games.

* ncaicedo@unicauca.edu.co

** avivas@unicauca.edu.co

* jlondono@unicauca.edu.co

1. Introducción

La tecnología siempre está en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de las personas, en sus diversos ámbitos de vida. La salud no ha sido la excepción, la creación de herramientas o sistemas que soportan tratamientos sanitarios, tienen cada vez más aceptación tanto en los especialistas como en los pacientes [1, 2]. Las enfermedades cerebro vasculares (ECV), son una de las causas más comunes de discapacidad a nivel mundial [3]. Esta serie de trastornos, puede afectar de manera transitoria o permanente el estilo de vida de las personas. Las secuelas de una ECV, van desde la disminución del movimiento hasta problemas de lenguaje, alteraciones perceptivas y sensoriales, entre otras [4-7]. Cuando se afecta el movimiento, el tratamiento para mejorar la capacidad funcional del paciente consiste generalmente en la realización de una serie de ejercicios o actividades repetitivas indicadas por un profesional en el área de la rehabilitación. El desempeño de los pacientes en dichos tratamiento depende de una serie de factores ligados a las condiciones de cada individuo (tipo de ECV, edad del paciente, tiempo de evolución, motivación, apoyo familiar, entre otros) [8-10].

Para este tipo de tratamientos se han venido creando sistemas que soportan y potencian los resultados de las terapias convencionales, mediante dispositivos ya existentes adaptados a los tratamientos, como también de sistemas construidos especialmente para terapias motoras. Esto beneficia no solo a los pacientes por tener algo innovador en sus terapias sino también a los especialistas, porque existe una sistematización del proceso de rehabilitación, lo que permite tener medidas más objetivas del progreso de los individuos. Elementos como guantes, exoesqueletos, extremidades robotizadas, ambientes virtuales, interfaces, videojuegos, entre otros, son algunos ejemplos de lo que la tecnología ha hecho para mejorar las terapias físicas con el fin de que los pacientes puedan recuperar en la medida de lo posible su capacidad motriz [11, 12].

Programas en computador para rehabilitación motora que usan realidad virtual, interfaces naturales y juegos, en especial, son elementos que se usan para aumentar la motivación de los pacientes en sus tratamientos. Dependiendo del tipo de terapias que se apliquen a las personas, las características motivacionales y de compromiso que generan ambientes computacionales que relacionan juegos con ejercicios de rehabilitación, puede ser considerable a la hora de observar avances en la recuperación del paciente [13, 14].

Por todo lo anterior, se contempla la posibilidad de que sistemas basados en videojuegos generen buenos resultados en terapias de rehabilitación motriz, mediante la motivación. Como se observa en la figura 1, el artículo presentado a continuación hace una revisión acerca de proyectos que relacionan juegos y ambientes virtuales para potenciar los resultados de las terapias físicas, desde la perspectiva de motivación y satisfacción de los pacientes y como factor que pueda determinar el buen resultado en las terapias, en cuanto a recuperación del movimiento. En la segunda sección, se realiza una contextualización acerca del concepto de las terapias físicas asistidas en general. Posteriormente se habla de la realidad virtual, interfaces naturales (NIU) en la rehabilitación, videojuegos y *serious games* como potentes herramientas en la recuperación del movimiento. Finalmente se presenta la discusión y las conclusiones de esta revisión.

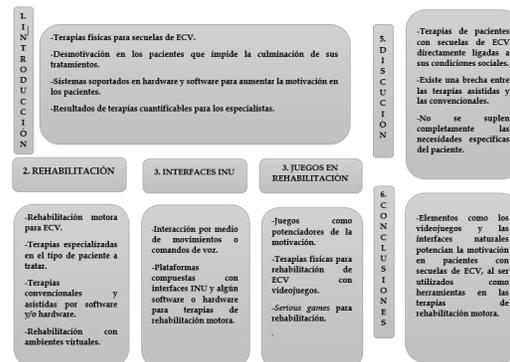


Fig 1. Esquema contenido del artículo.

2. Rehabilitación

Según la ONU, la rehabilitación, se define como: “Un proceso de duración limitada y con un objetivo definido, encaminado a permitir que una persona con deficiencias alcance un nivel físico, mental y/o social funcional óptimo, proporcionándole así los medios de modificar su propia vida. Puede comprender medidas encaminadas a compensar la pérdida de una función o una limitación funcional (por ejemplo, mediante ayudas técnicas) y otras medidas encaminadas a facilitar ajustes o reajustes sociales“ [15].

La rehabilitación física, es por ejemplo, una de las herramientas fundamentales en la rehabilitación de pacientes que presentan secuelas de ECV. Después de este tipo de trastornos, más del 50% de las personas quedan con limitaciones en la funcionalidad de su extremidad superior [16, 17], causando la disminución en la productividad de la vida laboral de las personas

[18]. Para solventar esta problemática se diseñan terapias físicas de acuerdo a las necesidades de cada paciente. En este proceso de recuperación van muy ligados el trabajo paciente – especialista, donde se asignan al paciente una serie de actividades y tareas para la recuperación motora que facilitan la adquisición de nuevos engramas motores mediante el aprendizaje, para así mejorar la capacidad funcional de la persona y lograr una recuperación integral que le permita desenvolverse con independencia. Parte del éxito de este tipo de tratamientos depende directamente de la constancia de los pacientes, la cantidad de sesiones, y la repetición de ejercicios enfocados en tareas en cada una de las sesiones [19]. Entonces, una terapia de rehabilitación motora convencional busca la restitución física del paciente, y es dirigida por un profesional en el área de la rehabilitación, el fisioterapeuta, que ordena al paciente una serie de actividades repetitivas, generalmente basadas en tareas de la vida cotidiana.

Varios han sido los estudios que hacen comparaciones entre una terapia de rehabilitación convencional y una terapia de rehabilitación motriz asistida por algún tipo de tecnología como, por ejemplo, ambientes virtuales personalizados o juegos comerciales entre otros. tratando de establecer una relación entre el buen desempeño del paciente en cuanto a su rendimiento y a su motivación [20–22].

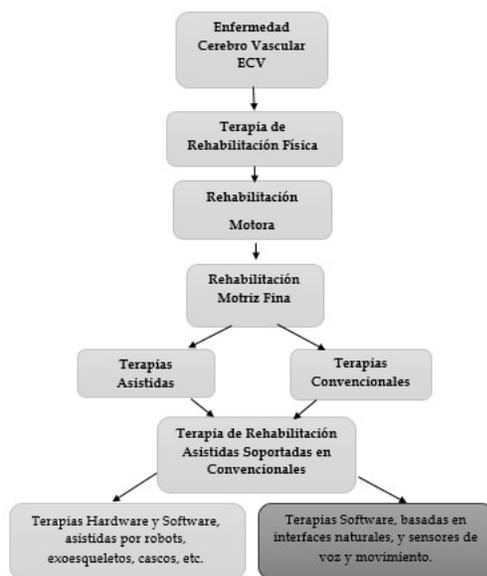


Fig 2. Rehabilitación Física para ECV.

2.1. Rehabilitación con ambientes virtuales

La realidad virtual RV se puede definir como una simulación de un entorno real generado por un ordenador en la que, a través de una interfaz hombre-máquina, se le permite al usuario interactuar con un escenario simulado [23]. La realidad virtual involucra la interacción y la inmersión. La inmersión, porque por medio de dispositivos la persona tiene la sensación de encontrarse en el mundo o ambiente virtual; la interacción porque la persona puede interactuar con el mundo virtual en tiempo real [24]. Siendo esto así, un ambiente virtual permite simular actividades de la vida diaria, para una mejor comprensión de las mismas [25].

La rehabilitación se ha valido del concepto de la realidad virtual para generar ambientes que estimulen los resultados de las terapias físicas, posibilitando así que la persona tenga una mejor experiencia en la actividad física que realice dentro de su tratamiento; y en el caso de los pacientes de rehabilitación motriz lograr la atención y concentración del paciente en las tareas que debe ejecutar [26]. El hecho de que este tipo de simulaciones sean cada vez más complejas y reales, aumentando el nivel de inmersión de los pacientes, puede estar relacionado con la obtención de buenos resultados en el tratamiento de rehabilitación física. El factor que contribuye a este hecho, está relacionado con que el paciente se sienta cómodo, motivado e identificado con el ambiente en su proceso [27, 28].

En [29], se crea un ambiente virtual utilizando sensores de presión barométrica, con el fin de evaluar la movilidad de los pacientes, para posteriormente realimentar sistemas que involucren ambientes para las terapias. Los resultados obtenidos son favorables para tratamientos de recuperación de movimientos. Un estudio sobre la eficacia y satisfacción que produce en los pacientes soportar sus terapias físicas en la realidad virtual, es [30], una investigación para la mejora del equilibrio de las personas, donde se desarrolló el Biotrak para los pacientes con lesión cerebral adquirida, que produjo resultados positivos al potencialmente poderse adaptar para terapias de rehabilitación con un número significativo de pacientes, posibilitando además a las personas recuperar su movilidad simulando tareas que normalmente haría en un día común y corriente.

En [31], se hizo una recopilación de estudios sobre sistemas basados en realidad virtual usados para rehabilitación para ser comparados con la terapia convencional. Posteriormente se utilizaron programas computarizados diseñados especialmente

para simular objetos y eventos de la vida real mediante realidad virtual, demostrando que estos sistemas tendrían ventajas al ser comparados con métodos tradicionales de terapia, porque le permitían a los pacientes sentirse identificadas practicando ejercicios relacionados con actividades cotidianas, sacándolos del entorno hospitalario, que muchas veces no es tan agradable para ellos. Por otro lado al sentirse más cómodos e identificados, los pacientes manifestaban facilidad para alcanzar objetivos de aprendizaje motor, o de reaprender las capacidades perdidas.

Un estudio que compara los efectos de utilizar un robot junto a un ambiente virtual de enseñanza y una terapia tradicional se encuentra en [32], donde se realizaron diversas pruebas con 17 pacientes rehabilitados con métodos tradicionales y asistidos por un robot. Se logró además de la satisfacción personal de los pacientes, una visible mejora en la eficacia de sus movimientos. Así, las necesidades de los usuarios en cuanto a comodidad y resultados positivos en la recuperación de sus movimientos, han motivado que los tratamientos fisioterapéuticos tradicionales y los que utilizan herramientas tecnológicas como un ambiente virtual se vayan acercando cada vez más [33].

3. Interfaces NUI en la rehabilitación

Para interactuar con un entorno virtual existen gran variedad de interfaces. Entre las más comunes se encuentran dispositivos como el ratón, el teclado, y el joystick. Como también dispositivos tipo hápticos que tienen la ventaja de proporcionar sensaciones reales a las personas, como es la realimentación; y finalmente, sistemas que capturan el movimiento de las personas. Estos últimos son conocidos como interfaces naturales (*Dispositivos NUI, natural user interface*) pueden ser sensores de movimiento, reconocimiento de voz, de vista, etc. El control ejercido por el usuario sobre el sistema se centra en los gestos o comandos de voz, sin la necesidad de un dispositivo de entrada para la interacción entre el usuario y el sistema. Por otro lado, la información que el sistema recibe se capta mediante sensores de reconocimiento de gestos, habla, movimiento, tacto, cámaras, etc. Entre las ventajas de este tipo de dispositivos se encuentra la familiarización usuario-sistema, por la adaptación de las personas hacia el dispositivo ya que para su manejo no se necesita ser un experto. Algunos ejemplos son el Kinect de Microsoft, gafas interactivas de Google, Corning Vidrio Gorila, el Leap Motion, Nintendo Wii, entre otros [34–38]. Estas interfaces se emplean para integrar sistemas

de rehabilitación motora con ambientes interactivos entre el paciente y algún tipo de software. Este tipo de sensores usualmente utilizados en otros contextos son potenciales herramientas que podrían servir para recuperar el movimiento de extremidades [39,40].

En [41], se evalúa la posibilidad de rehabilitar a personas con deficiencias motoras utilizando un sistema basado en Kinect. Los resultados mostraron que en definitiva el índice de motivación para la rehabilitación física usando este sistema aumentó, mejorando el rendimiento de los pacientes en cada ejercicio. Gil Gomez y otros, presentaron en [42] una alternativa en la que también se usa el Kinect para aumentar el interés de los pacientes. En dicha alternativa, se realizan terapias usando elementos llamativos como el sensor de movimiento Kinect en un ambiente 3D, para hacer de la terapia un proceso entretenido, eficaz, de retroalimentación y que además permite tener un monitoreo sobre el estado del paciente, según su proceso.

El eBaViR (*Easy Balance Virtual Rehabilitation*) [43], un sistema basado en Nintendo Wii, diseñado por terapeutas clínicos para que pacientes víctimas de lesión cerebral adquirida mejoraran su equilibrio, con la idea de que el sistema fuera eficaz en comparación a un tratamiento tradicional, debido a que los ejercicios que utilizaba eran basados en motivación y adaptabilidad a los pacientes.

Por su parte, el dispositivo Leap Motion, tiene diversas aplicaciones en la sanidad de las personas, como se puede consultar en estos tres estudios [44–46]. Remitiéndonos a la rehabilitación encontramos estudios tales como [47], un sistema médico interactivo en línea basado en el controlador Leap Motion para rehabilitación de mano, estudio en el que se tomaron 8 pacientes con lesiones de mano. Dicho sistema, permite al paciente imitar los movimiento de la mano mediante ejercicios predeterminados por una referencia, y dependiendo de la similitud entre los movimientos efectuados para con los establecidos, el sistema muestra una respuesta que indica si el movimiento se realizó correctamente.

En [48] se toma como referencia la Ley de Fitts, que está relacionada con velocidad y precisión del movimiento muscular humano para apuntar a un objetivo, tomándola como una potencial herramienta para modelar el movimiento del usuario en tareas en entornos virtuales 3D, interactuando con el Leap Motion, mostrando como resultado que esta ley puede ser una efectiva herramienta si se tienen las consideraciones necesarias para modelar el movimiento de pacientes con secuelas de enfermedades cerebro

vasculares.

4. Juegos en la rehabilitación

Los juegos en general, además de ser sinónimo de diversión, son gestores de enseñanza. Son incluso utilizados para mejorar habilidades específicas en las personas, por ejemplo, en el aprendizaje, la comunicación, la salud, etc. Motivo por el cual su impacto en la mayor parte de la población es positivo. En salud, se ha buscado sacar provecho de los valores positivos que los juegos y los videojuegos, puedan brindar incluidos en diversos tipos de tratamientos [49]. En la rehabilitación, se encuentra [50] un prototipo de videojuego educativo de colaboración para niños hospitalizados, con la intención de darle diversión a pacientes que se encuentran en el ambiente hospitalario, que muchas veces se torna hostil y aburrido para los infantes. La plataforma consistía en un juego en línea que permitía manejar roles. Este estudio se desarrolló en marco del proyecto SAVEH (*Hospital Virtual Educative Service*) financiado por el programa europeo MAC 2007-2013.

Entre las ventajas de emplear videojuegos en la rehabilitación, se encuentran las de carácter motivacional, es más fácil conseguir algún objetivo si el método de enseñanza para alcanzarlo utiliza un juego. Un ejemplo es [51], donde se aprovecha el potencial que ofrecen los juegos como fuente de motivación intrínseca en la rehabilitación de lesiones de tobillo, tomando 40 individuos para probar con éxito el prototipo.

Desde pequeñas interfaces llamativas con juegos sencillos hasta juegos más avanzados que involucren realidad virtual, han empezado a utilizarse para beneficio de la rehabilitación de pacientes con discapacidades motoras [52]. Estas herramientas pueden adaptarse para la consecución de diferentes tipos de metas. Por un lado, las inherentes a un proceso terapéutico, como también las generadas al alcanzar objetivos en algún tipo de juego que permita avanzar niveles, conseguir logros, etc. Funcionalidades que claramente se podrían cumplir con juegos diseñados específicamente para este fin, el de rehabilitar. En [53], se muestra la implementación de un sistema de captura de movimiento (MoCap) mediante la adquisición de bioseñales, que posteriormente son integradas a motores relacionados con juegos para rehabilitación física de cuello y espalda.

En [54], se trabaja la rehabilitación del equilibrio para pacientes con parálisis cerebral. El videojuego que desarrollaron fue probado en personas que habían

abandonado su terapia debido a la desmotivación existente. Los resultados mostraron una mejora en el equilibrio de las personas, favorecimiento de la coordinación, control del tronco, estimulando a la vez aspectos cognitivos y comunicativos. Es decir, se cumplía el objetivo de la rehabilitación, pero esta vez con pacientes más motivados y dispuestos. Este videojuego se realizaba a través de las tecnologías de la información, utilizando una cámara web debido a que muchos pacientes no pueden sostener ningún tipo de dispositivo. En el juego se forzaba a las personas a cambiar su centro de gravedad mientras jugaban, entonces el usuario centraba su atención en el juego y no en el cambio de posturas.

En [55] se realizó una experimentación comparativa con niños con dos versiones del dispositivo EyeToy Play. Entre los juegos que ofrecen estos dispositivos disponibles en el mercado, los resultados mostraron que 7 de los juegos ofrecidos por EyeToy Play y 9 de los juegos de EyeToy Play2 son recomendables para los niños que deseen entrenar las funciones de su extremidad superior. A pesar de los beneficios que se pueden obtener dentro de cierto tipo de juegos el inconveniente surgió porque muchos de estos juegos se desarrollan enfocados en personas sanas y los pacientes no se adaptaban a ellos fácilmente. Por consiguiente, si se quiere utilizarlos para pacientes con algunas limitaciones de movimiento, se deben tener en cuenta las restricciones en las capacidades físicas y cognitivas de los mismos, ya que probablemente no se podrá desenvolver en el juego como cualquier persona ordinaria. Inclusive entre pacientes de un mismo tratamiento, las características y necesidades varían de persona a persona [56,57].

Otro estudio comparativo es [58], donde se comparó una terapia sin juegos con los efectos de un juego en el entrenamiento para rehabilitación de brazo después de un accidente cerebrovascular. Se tomaron 20 pacientes con secuelas de ECV divididos en dos grupos aleatoriamente; un grupo recibía terapias basadas en juegos y otro grupo una terapia convencional. Lastimosamente los resultados en cuanto a las terapias como tal fueron similares, no hubo un cambio significativo entre los dos métodos, lo que hizo imposible concluir si en realidad los juegos potencian o no los procesos terapéuticos, pero por lo menos no ocasionan daños o aspectos negativos en las terapias.

En [59], se realizó un estudio con el fin de investigar la viabilidad de utilizar una serie de juegos controlados por movimiento en individuos con secuelas de ECV. Se desarrollaron y probaron 4 juegos, 3 de ellos controlados por el movimiento de torso y uno de ellos controlado por

el movimiento de las extremidades superiores, usando una cámara de profundidad PrimeSense. El estudio muestra una respuesta positiva al utilizar juegos y sensores de movimiento en la rehabilitación motora.

En [60] se desarrolló un juego digital para rehabilitación física, para evaluar su viabilidad, usabilidad y eficacia. Puntualmente, se diseñó un cuestionario para evaluar la usabilidad y viabilidad asociadas con el uso de este juego. El juego fue evaluado por 10 pacientes, que manifestaron en un 90 % que su motivación en el tratamiento aumentó; el 70 % informó que el juego era muy interactivo; el 80 % considera que el juego era apropiado para recuperar sus funciones en las extremidades superiores; 80 % de los pacientes consideran que la información de retroalimentación facilitada les ayuda a entender su desempeño en cada sesión después del entrenamiento; 60 % de los pacientes indicaron que las interfaces del juego eran fáciles de operar y de aprender y el 90 % de los pacientes informó que había disfrutado y se sentía satisfecho con este juego para la rehabilitación. En cuanto a motivación y criterios de usabilidad, este estudio se convierte en una referencia positiva para estudios similares.

En la misma línea de la motivación de pacientes mediante juegos, está [61] El objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad y los posibles cambios clínicos asociados con una tecnología de apoyo de brazo y mano, mediante un sistema de entrenamiento en el hogar para pacientes con secuelas de ECV. Los pacientes se sintieron capaces y motivados para realizar su tratamiento desde casa, demostrando un potencial positivo en la usabilidad de este tipo de sistemas a pesar de que aun existen inconvenientes para algunos usuarios. Por ejemplo, se comprobó que la función de las extremidades superiores y la calidad de vida del paciente mejoraron después del entrenamiento, aunque en la destreza de sus movimientos no había mejora alguna.

Otra ventaja de los juegos es que se han convertido en una alternativa para tratamientos costosos de rehabilitación, al ser mucho más accesibles y económicos para personas que no dispongan de un poder adquisitivo elevado. Lo que hace más fácil que los individuos puedan acceder a tratamientos terapéuticos apoyados en juegos [62].

4.1. *Serious Games*

Los juegos no solamente son utilizados con fines lúdicos. Existe una variación de ellos, donde son utilizados con fines diferentes a la diversión, se les

denomina “serious games”. Estos fines pueden estar relacionados con la educación, el aprendizaje o la salud, fomentando el entretenimiento y la participación dentro de la experiencia del juego. Al ser de carácter formativo este tipo de juegos buscan en las personas que los usan, que aprendan sobre alguna temática, se recuperen de una enfermedad, o adquieran alguna destreza específica, entre otras. Permiten que se obtenga un avance en algún tópico de la vida de la persona, que no necesariamente tenga que ver con la diversión [63].

Una de las definiciones más significativas para esta relación existente entre los *serious games*, un juego simple y los videojuegos es la establecida en [64]:

-Juego: una prueba física o mental, llevada a cabo de acuerdo con unas reglas específicas, cuyo objetivo es divertir o recompensar al participante.

-Videojuego: una prueba mental, llevada a cabo frente a una computadora de acuerdo con ciertas reglas, cuyo fin es la diversión o esparcimiento, o ganar una apuesta.

-Juego serio: una prueba mental, de acuerdo con unas reglas específicas, que usa la diversión como modo de formación gubernamental o corporativa, con objetivos en el ámbito de la educación, sanidad, política pública y comunicación estratégica.

Tomando el caso de la rehabilitación física de un paciente, el fin formativo de usar *serious games*, sería una mejora o recuperación de determinada zona del cuerpo, que haya sido afectada. En esta mejora se encuentran implícitos un progreso en cuanto al proceso de rehabilitación como también en cuanto a la motivación y aprendizaje del paciente [65].

En GuessMyCaption [66], el proyecto está orientado a mejorar la incursión de los adultos mayores en las redes sociales, siendo este juego fácil de utilizar para ellos, además de que les genera un compromiso para realizar sus ejercicios y a la vez fomenta la oportunidad de socialización de los resultados del juego en línea. Su impacto positivo en el bienestar de las personas, además de la mejora de las habilidades de los adultos mayores, muestra que el uso de interfaces familiares en juegos que generen identificación, que sean sencillos y familiares a los adultos mayores, pueden abrir camino a que los serious games se usen para el mejoramiento de la calidad de vida de personas de esta edad.

Los posibles efectos positivos de los *serious games*, con respecto al aprendizaje, capacitación, participación y compromiso se evidencian en que muchas veces la mejora en cuanto a aspectos que van desde los perceptivo, cognitivo, afectivo e inclusive motivacional, es evidente [67]. Esto permite experimentar a las personas situaciones que muchas veces no son posibles en su vida cotidiana, aportando al desarrollo de

las habilidades de los jugadores, dependiendo de la finalidad que se tenga (salud, educación, sanidad, comunicación, etc.).

Uno de los proyectos más completos emplea una adaptación del asistente MIRA Rehab (*Medical Interactive Rehabilitation Assistant*), que es una plataforma de software que utiliza el sensor Kinect 360 para interactuar con varios videojuegos adaptados para niños con parálisis cerebral específicamente. El sensor utilizado por MIRA comprende una cámara de video RGB y dos en monocromo de infrarrojos sensores, de los cuales uno es también un proyector de láser infrarrojo, con base en los cuales se crea un mapa de profundidad 3D. Esto permite el reconocimiento de la ubicación de las articulaciones del cuerpo, analizando el movimiento y retroalimentando con información que se produce a partir del desenvolvimiento del paciente. La implementación como tal consiste en un sistema de puntuación en una terapia ocupacional, que evalúa el funcionamiento del miembro superior en niños con parálisis cerebral [68].

5. Discusión

Las condiciones sociales de los pacientes, son un factor a tener en cuenta cuando de terapias de rehabilitación física se trata. De estas condiciones depende la percepción que al enfrentarse al tratamiento puedan tener los pacientes. Por esto mismo, la brecha existente entre una terapia convencional y las terapias asistidas por la tecnología es aún muy grande, partiendo del simple hecho del impacto que ocasiona en una persona del común enfrentarse a una software o un hardware, ya que la mayoría de personas que sufren este tipo de trastorno son de escasos recursos, y por ende no están acostumbradas con este tipo de mecanismos, y no tienen fácil acceso a ellos. Se busca entonces que este tipo de entornos, que usan la tecnología para prestar un servicio, en este caso la rehabilitación, sean lo más intuitivos y reales posibles, que permitan que la persona se sienta confiada e identificada para realizar su trabajo. Hecho por el cual muchos ambientes virtuales tienden a tener en cuenta las actividades que la persona realizaría normalmente en su cotidiano vivir, para que así, el software, o ambiente en el que se encuentre (como un ambiente virtual, juego, video juego, etc.) sea más cercano al paciente. Los experimentos realizados demuestran lo positivo y llamativo que puede ser para el paciente usar videojuegos en sus terapias en su proceso de aprendizaje de movimientos, porque su interés y compromiso crece notablemente, más

aún si involucramos conceptos de realidad virtual o videojuegos. A pesar de esto, la distancia existente entre los resultados completamente positivos y una terapia asistida, es significativa, si bien el paciente tiene unas características emocionales que juegan un papel fundamental en las terapias, no se puede hacer a un lado el hecho del objetivo como tal de la terapia, que es la rehabilitación de algún miembro del cuerpo. No se puede desligar lo uno de lo otro, es importante llevar a la par estas dos premisas, con todas sus implicaciones en el paciente. Es prudente pensar que, así como se debe buscar que se facilite el proceso de terapia para las personas, tanto para médicos como para pacientes, no se deben descuidar los resultados esperados de la terapia como tal, que obviamente deberían ser positivos.

Finalmente, por muchos que sean los avances en cuanto a entornos virtuales para la rehabilitación, vale la pena destacar que aún falta mucho camino por recorrer. La construcción de herramientas que se acoplen a los tratamientos y que satisfagan por completo unas necesidades reales de un paciente con dificultad de movimiento se ve aún lejana. Aunque este tipo de tratamientos apoyados en la tecnología han demostrado tener ventajas sobre otros tipos de tratamientos tradicionales, aún tienen carencias que pueden ser solventadas a futuro, tratando de acercar el tratamiento fisioterapéutico tradicional a uno que utilice herramientas tecnológicas como un ambiente virtual.

6. Conclusiones

Se realizó una revisión acerca de investigaciones relacionadas con terapias que emplean herramientas tecnológicas, como plataformas compuestas para juegos, ambientes virtuales y motivantes, todo con la intención de aumentar el interés de los pacientes y consiguiendo que sus procesos terapéuticos culminaran de manera satisfactoria. Partiendo del hecho de que en la actualidad los pacientes que buscan recuperar el movimiento de alguna de sus extremidades sufren desmotivación a lo largo de sus procesos de rehabilitación, y por lo general desisten de ellos. Esta desmotivación surge a raíz de que muchas veces se debe a la manera en que se realizan las terapias, donde la relación paciente-terapeuta suele ser dolorosa y aburrida. En este documento se recopiló información que permitió concluir que los efectos positivos, en cuanto a la motivación, de usar este tipo de sistemas es evidente, puede que los resultados no se noten siempre en el proceso terapéutico como tal, pero si en el índice de motivación y satisfacción que los pacientes demostraban

en sus terapias. Es natural pensar qué si la persona tiene una motivación extra otorgada por el reconocimiento y las recompensas que puede conseguir al estar inmerso en un juego, pueda conseguir mejores resultados. Al aumentar el compromiso con sus sesiones terapéuticas el empeño en las mismas crece, provocando buenos resultados en la parte psicológica del paciente, lo que lo lleva por ende a desenvolverse mejor en las tareas asignadas, o al menos con una mejor disposición para realizarlas. Los estudios consultados apuntan a una creciente influencia positiva de utilizar video juegos en las terapias, si bien aún no se puede garantizar que al usar este tipo de sistemas se tengan mejores resultados que en una terapia convencional (resultados en cuanto al mejora en los movimientos de los pacientes), es un hecho que los pacientes que se encuentran motivados y dispuestos a causa de algún factor externo, como un videojuego, estarán más satisfechos al realizar las tareas que se les asignan para recuperar sus movimientos. Por lo mismo, si se construye un video juego con características adaptadas a los pacientes y ayudándose de técnicas como la gamificación o para mejorar la experiencia de usuario, es posible motivar al paciente a sus terapias, y que así pueda culminar sus tratamientos, soportados tanto en terapias convencionales como asistidas, de la manera más satisfactoria posible.

Referencias

- [1] R. Ceres, M. Á. Mañanas, and J. M. Azorín, "Interfaces y sistemas en rehabilitación y compensación funcional para la autonomía personal y la terapia clínica," *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial IRIAI*, vol. 8, no. 2, pp. 5–15, 2011.
- [2] J. C. Ordoñez, "Modelo matemático, simulación y control del robot terapéutico reharob de la empresa abb," *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 2, no. 2, pp. 15–19, 2010.
- [3] V. Feigin, M. Forouzanfar, R. Krishnamurthi, G. Mensah, M. Connor, D. Bennett, A. Moran, R. Sacco, L. Anderson, T. Truelsen, et al., "Global and regional burden of stroke during 1990–2010: findings from the global burden of disease study 2010," *The Lancet*, vol. 383, no. 9913, pp. 245–255, 2014.
- [4] A. Arboix, "Registros de enfermedades vasculares cerebrales," *Medicina clínica*, vol. 130, no. 16, pp. 623–625, 2008.
- [5] R. Martínez Boix, J. Medrano, and J. Almazán, "Actualización de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares arterioescleróticas: enfermedad cerebrovascular y enfermedad isquémica del corazón," *Boletín epidemiológico semanal: Vigilancia epidemiológica*, vol. 8, no. 8, pp. 77–80, 2000.
- [6] E. Brown, B. Dudgeon, K. Gutman, C. Moritz, and S. W. McCoy, "Understanding upper extremity home programs and the use of gaming technology for persons after stroke," *Disability and health journal*, vol. 8, no. 4, pp. 507–513, 2015.
- [7] L. R. Dos Santos, A. A. Carregosa, M. R. Masruha, P. A. Dos Santos, M. L. D. S. Coêlho, D. D. Ferraz, and N. M. D. S. Ribeiro, "The use of nintendo wii in the rehabilitation of poststroke patients: a systematic review," *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, vol. 24, no. 10, pp. 2298–2305, 2015.
- [8] J.-H. Shin, S. B. Park, and S. H. Jang, "Effects of game-based virtual reality on health-related quality of life in chronic stroke patients: A randomized, controlled study," *Computers in biology and medicine*, vol. 63, pp. 92–98, 2015.
- [9] M. A. Foulkes, P. A. Wolf, T. R. Price, J. Mohr, and D. B. Hier, "The stroke data bank: design, methods, and baseline characteristics," *Stroke*, vol. 19, no. 5, pp. 547–554, 1988.
- [10] C. R. Pablo and D. C. Jaime, "Aplicación de la visión artificial en la determinación de los puntos de aprehensión de una prótesis de mano robótica," *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 2, no. 2, pp. 27–32, 2010.
- [11] J. P. Whisnant, "Changing incidence and mortality rates for stroke," *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, vol. 2, no. 1, pp. 42–44, 1992.
- [12] J.-H. Shin, S. B. Park, and S. H. Jang, "Effects of game-based virtual reality on health-related quality of life in chronic stroke patients: A randomized, controlled study," *Computers in biology and medicine*, vol. 63, pp. 92–98, 2015.
- [13] K. R. Lohse, C. G. Hilderman, K. L. Cheung, S. Tatla, and H. M. Van der Loos, "Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy," *PLoS one*, vol. 9, no. 3, p. e93318, 2014.
- [14] M. F. Levin, P. L. Weiss, and E. A. Keshner, "Emergence of virtual reality as a tool for upper limb rehabilitation: incorporation of motor control and motor learning principles," *Physical therapy*, vol. 95, no. 3, pp. 415–425, 2015.
- [15] ONUs, "Rehabilitación." urlhttp://http://www.definicion.org/rehabilitacion. Accedido 03-12-2016.
- [16] M. Mihelj, D. Novak, M. Milavec, J. Zihelr, A. Olenšek, and M. Munih, "Virtual rehabilitation environment using principles of intrinsic motivation and game design," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 21, no. 1, pp. 1–15, 2012.
- [17] J. Arunkumar, P. Hur, B. Motawar, and N. J. Seo, "Low-cost virtual reality game for upper limb rehabilitation using kinect and p5 glove," in *The 37th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics*, 2013.
- [18] J. Taylor and K. Curran, "Glove-based technology in hand rehabilitation," *International Journal of Innovation in the Digital Economy (IJIDE)*, vol. 6, no. 1, pp. 29–49, 2015.
- [19] R. W. Teasell and L. Kalra, "What's new in stroke rehabilitation," *Stroke*, vol. 35, no. 2, pp. 383–385, 2004.
- [20] S.-C. Yeh, S.-H. Lee, J.-C. Wang, S. Chen, Y.-T. Chen, Y.-Y. Yang, H.-R. Chen, and Y.-P. Hung, "Virtual reality for post-stroke shoulder-arm motor rehabilitation: Training system & assessment method," in *e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2012 IEEE 14th International Conference on*, pp. 190–195, IEEE, 2012.
- [21] M. Balaam, S. Rennick Egglestone, G. Fitzpatrick, T. Rodden, A.-M. Hughes, A. Wilkinson, T. Nind, L. Axelrod, E. Harris, I. Ricketts, et al., "Motivating mobility: designing for lived motivation in stroke rehabilitation," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3073–3082, ACM, 2011.
- [22] L. Calderita, P. Bustos, C. Suarez Mejias, F. Fernandez, R. Viciano, and A. Bandera, "Socially interactive robot for

- motor rehabilitation therapies with paediatric patients,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 12, no. 1, pp. 99–110, 2015.
- [23] P. L. Weiss, R. Kizony, U. Feintuch, and N. Katz, “Virtual reality in neurorehabilitation,” *Textbook of neural repair and rehabilitation*, vol. 51, no. 8, pp. 182–97, 2006.
- [24] F. Moreno, O. Jordan, R. J. Esmitt, M. Christiam, R. Omaira, R. Jeanlight, and Á. Silvio, “Un framework para la rehabilitación física en miembros superiores con realidad virtual,” in *Primera Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas. Universidad Central de Venezuela*, 2013.
- [25] B. Imam and T. Jarus, “Virtual reality rehabilitation from social cognitive and motor learning theoretical perspectives in stroke population,” *Rehabilitation research and practice*, vol. 2014, 2014.
- [26] H.-R. Chen, S.-C. Yeh, K.-C. Li, and C.-C. Chen, “The movement-related cortical activities under the virtual environment with force feedback,” in *Platform Technology and Service (PlatCon), 2015 International Conference on*, pp. 11–12, IEEE, 2015.
- [27] J. Martín-Martín, A. I. Cuesta-Vargas, and M. T. Labajos-Manzanares, “Efectividad clínica de la intervención terapéutica sobre la mano con realidad virtual en sujetos hemipléjicos: revisión sistemática,” *Fisioterapia*, vol. 37, no. 1, pp. 27–34, 2015.
- [28] F. Massé, R. R. Gonzenbach, A. Arami, A. Paraschiv-Ionescu, A. R. Luft, and K. Aminian, “Improving activity recognition using a wearable barometric pressure sensor in mobility-impaired stroke patients,” *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2015.
- [29] R. Lloréns, C. Colomer-Font, M. Alcaniz, and E. Noe-Sebastian, “Biotrak virtual reality system: effectiveness and satisfaction analysis for balance rehabilitation in patients with brain injury,” *Neurología (English Edition)*, vol. 28, no. 5, pp. 268–275, 2013.
- [30] D. Jack, R. Boian, A. S. Merians, M. Tremaine, G. C. Burdea, S. V. Adamovich, M. Recce, and H. Poizner, “Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation,” *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 308–318, 2001.
- [31] P. Feys, K. Coninx, L. Kerkhofs, T. De Weyer, V. Truyens, A. Maris, and I. Lamers, “Robot-supported upper limb training in a virtual learning environment: a pilot randomized controlled trial in persons with ms,” *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2015.
- [32] P. G. Guerrero and L. A. García, “[online platforms for neuropsychological rehabilitation: current status and lines of work],” *Neurología (Barcelona, Spain)*, vol. 30, no. 6, pp. 359–366, 2014.
- [33] B. A. S. Moxo and J. A. M. Domínguez, “Rehabilitación virtual mediante interfaces naturales de usuario,” *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, vol. 1, no. 2, 2014.
- [34] P. Cairns, J. Li, W. Wang, and A. I. Nordin, “The influence of controllers on immersion in mobile games,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 371–380, ACM, 2014.
- [35] Y.-p. Chen, M. Caldwell, E. Dickerhoof, A. Hall, B. Odakura, K. Morelli, and H.-C. Fanchiang, “Game analysis, validation, and potential application of eyetoy play and play 2 to upper-extremity rehabilitation,” *Rehabilitation research and practice*, vol. 2014, 2014.
- [36] L. E. Potter, J. Araullo, and L. Carter, “The leap motion controller: a view on sign language,” in *Proceedings of the 25th Australian computer-human interaction conference: augmentation, application, innovation, collaboration*, pp. 175–178, ACM, 2013.
- [37] E. Berra and J. R. Cuautle, “Interfaz natural para el control de dron mediante kinect,” *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 5, no. 1, pp. 53–65, 2013.
- [38] F. Obando, C. Santacruz, O. Sotelo, and S. Vejarano, “Diseño de una cabeza robótica capaz de responder a estímulos acústicos,” *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 2, no. 2, pp. 2–6, 2010.
- [39] J. Guna, G. Jakus, M. Pogačnik, S. Tomažič, and J. Sodnik, “An analysis of the precision and reliability of the leap motion sensor and its suitability for static and dynamic tracking,” *Sensors*, vol. 14, no. 2, pp. 3702–3720, 2014.
- [40] Y.-J. Chang, S.-F. Chen, and J.-D. Huang, “A kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities,” *Research in developmental disabilities*, vol. 32, no. 6, pp. 2566–2570, 2011.
- [41] A. K. Roy, Y. Soni, and S. Dubey, “Enhancing effectiveness of motor rehabilitation using kinect motion sensing technology,” in *Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS), 2013 IEEE*, pp. 298–304, IEEE, 2013.
- [42] J.-A. Gil-Gómez, R. Lloréns, M. Alcañiz, and C. Colomer, “Effectiveness of a wii balance board-based system (ebavir) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury,” *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2011.
- [43] I. Oropesa, T. de Jong, P. Sánchez-González, J. Dankelman, and E. Gómez, “Feasibility of tracking laparoscopic instruments in a box trainer using a leap motion controller,” *Measurement*, vol. 80, pp. 115–124, 2016.
- [44] S. Scheggi, L. Meli, C. Pacchierotti, and D. Prattichizzo, “Touch the virtual reality: using the leap motion controller for hand tracking and wearable tactile devices for immersive haptic rendering,” in *ACM SIGGRAPH 2015 Posters*, p. 31, ACM, 2015.
- [45] J. Guna, G. Jakus, M. Pogačnik, S. Tomažič, and J. Sodnik, “An analysis of the precision and reliability of the leap motion sensor and its suitability for static and dynamic tracking,” *Sensors*, vol. 14, no. 2, pp. 3702–3720, 2014.
- [46] Z. Liu, Y. Zhang, P.-L. P. Rau, P. Choe, and T. Gulrez, “Leap-motion based online interactive system for hand rehabilitation,” in *International Conference on Cross-Cultural Design*, pp. 338–347, Springer, 2015.
- [47] D. Holmes, D. Charles, P. Morrow, S. McClean, and S. McDonough, “Using fit’s law to model arm motion tracked in 3d by a leap motion controller for virtual reality upper arm stroke rehabilitation,” in *Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2016 IEEE 29th International Symposium on*, pp. 335–336, IEEE, 2016.
- [48] J. Howcroft, S. Klejman, D. Fehlings, V. Wright, K. Zabjek, J. Andrysek, and E. Biddiss, “Active video game play in children with cerebral palsy: potential for physical activity promotion and rehabilitation therapies,” *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 93, no. 8, pp. 1448–1456, 2012.
- [49] C. González-González, P. Toledo-Delgado, C. Collazos-Ordoñez, and J. L. González-Sánchez, “Design and analysis of collaborative interactions in social educational videogames,” *Computers in Human Behavior*, vol. 31, pp. 602–611, 2014.

- [50] N. C. Nilsson, S. Serafin, and R. Nordahl, "Gameplay as a source of intrinsic motivation for individuals in need of ankle training or rehabilitation," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 21, no. 1, pp. 69–84, 2012.
- [51] M. S. Cameirão, I. B. S. Bermúdez, E. Duarte Oller, and P. F. Verschure, "The rehabilitation gaming system: a review," *Stud Health Technol Inform*, vol. 145, no. 6, 2009.
- [52] C. Schönauer, T. Pintaric, and H. Kaufmann, "Full body interaction for serious games in motor rehabilitation," in *Proceedings of the 2nd Augmented Human International Conference*, p. 4, ACM, 2011.
- [53] A. J. i Capó, J. V. Gómez, G. Moyà, and F. Perales, "Motivational rehabilitation using serious games," *Virtual Archaeology Review*, vol. 4, no. 9, pp. 167–173, 2013.
- [54] Y.-p. Chen, M. Caldwell, E. Dickerhoof, A. Hall, B. Odakura, K. Morelli, and H.-C. Fanchiang, "Game analysis, validation, and potential application of eyetoy play and play 2 to upper-extremity rehabilitation," *Rehabilitation research and practice*, vol. 2014, 2014.
- [55] C. Barrera, L. Daza, C. Ramírez, and D. C. Rodríguez, "Estudio bibliométrico sobre la aplicación del nintendo wii en personas con deficiencias funcionales asociadas a evento cerebro vascular," *Revista Movimiento Científico*, vol. 8, no. 1, pp. 106–117, 2014.
- [56] L. Omelina, B. Jansen, B. Bonnechere, S. Van Sint Jan, and J. Cornelis, "Serious games for physical rehabilitation: designing highly configurable and adaptable games," in *Proceedings of the 9th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, pp. 195–201, 2012.
- [57] A. I. Kottink, G. B. Prange, T. Krabben, J. S. Rietman, and J. H. Buurke, "Gaming and conventional exercises for improvement of arm function after stroke: A randomized controlled pilot study," *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications*, vol. 3, no. 3, pp. 184–191, 2014.
- [58] K. J. Bower, J. Louie, Y. Landesrocha, P. Seedy, A. Gorelik, and J. Bernhardt, "Clinical feasibility of interactive motion-controlled games for stroke rehabilitation," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2015.
- [59] M.-H. Chen, L.-L. Huang, and C.-H. Wang, "Developing a digital game for stroke patients' upper extremity rehabilitation—design, usability and effectiveness assessment," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 6–12, 2015.
- [60] S. M. Nijenhuis, G. B. Prange, F. Amirabdollahian, P. Sale, F. Infarinato, N. Nasr, G. Mountain, H. J. Hermens, A. H. Stienen, J. H. Buurke, et al., "Feasibility study into self-administered training at home using an arm and hand device with motivational gaming environment in chronic stroke," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2015.
- [61] E. V. D. Brown, B. J. Dudgeon, K. Gutman, C. T. Moritz, and S. W. McCoy, "Understanding upper extremity home programs and the use of gaming technology for persons after stroke," *Disability and health journal*, vol. 8, no. 4, pp. 507–513, 2015.
- [62] M. Zyda, "From visual simulation to virtual reality to games," *Computer*, vol. 38, no. 9, pp. 25–32, 2005.
- [63] G. Legarda and J. A. Collazos, "Diseño de un dispositivo de interfaz humana para aplicaciones en simulación de vuelo," *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 1, no. 1, pp. 29–32, 2009.
- [64] E. Flores, G. Tobon, E. Cavallaro, F. I. Cavallaro, J. C. Perry, and T. Keller, "Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation," in *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 381–384, ACM, 2008.
- [65] R. Cornejo, D. Hernandez, M. Tentori, and J. Favela, "Casual gaming to encourage active ageing," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 6, pp. 1940–1950, 2015.
- [66] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Computers & Education*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, 2012.
- [67] L. Omelina, B. Jansen, B. Bonnechere, S. Van Sint Jan, and J. Cornelis, "Serious games for physical rehabilitation: designing highly configurable and adaptable games," in *Proceedings of the 9th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, pp. 195–201, 2012.
- [68] I. Moldovan, A. Călin, A. Cantea, L. Dascălu, C. Mihaiu, O. Ghircău, S. Onac, O. Rîză, R. Moldovan, and L. Pop, "Development of a new scoring system for bilateral upper limb function and performance in children with cerebral palsy using the mira interactive video games and the kinect sensor," 2014.