

Sistema de rehabilitación mediante técnicas de realidad virtual y video juegos para mejoramiento del control postural en personas con daño cerebral adquirido

Rehabilitation system using virtual reality techniques and video games to improve postural control in people with acquired brain injury

RODRIGUEZ, Liliana¹
SIERRA, Javier E.²
MEDINA, Boris³

Resumen

El Daño Cerebral Adquirido (DCA) en la actualidad, es una de las afectaciones neurológicas de mayor magnitud dentro de los problemas médicos, generando grandes secuelas que demandan mejores y efectivos programas de intervención de un grupo interdisciplinario para su rehabilitación. En este artículo proponemos un Sistema de rehabilitación mediante técnicas de realidad virtual y video juegos comerciales para el mejoramiento del control postural en personas con DCA. Con el uso del sistema se espera mayor motivación en el proceso de rehabilitación, con cambios en las estrategias de movimiento del control postural, lo que se reflejará en disminución de las alteraciones del equilibrio, mejorando el riesgo de caídas en las personas con secuelas de daño cerebral adquirido.

Palabras clave: daño cerebral adquirido, DCA, video juego, realidad virtual, telerehabilitación

Abstract

Acquired Brain Injury (ABI) is currently one of the largest neurological disorders among medical issues, generating large sequelae and demanding better and more effective intervention programs from an interdisciplinary rehabilitation group. This article suggests a rehabilitation system using virtual reality techniques and commercial video games to improve postural control in people with ABI. By using the system, greater motivation of patients is expected in the rehabilitation process, with changes in postural control movement strategies, that will lower balance disturbances, and avoiding falls in people with sequelae from acquired brain injury.

key words: acquired brain injury, ABI, video game, virtual reality, telerehabilitation

1. Introducción

El Daño Cerebral Adquirido (DCA) en la actualidad, es una de las afectaciones neurológicas de mayor magnitud dentro de los problemas médicos, generando grandes secuelas que demandan mejores y efectivos programas

¹ Fisioterapeuta. Magister en Neurorehabilitación. Corporación universitaria Antonio José de Sucre. Corposucre. Facultad de ciencias de la salud. Email: liliana_rodriguez@corposucre.edu.co

² Ingeniero Electrónico. Magister en Ingeniería. Doctor en Ingeniería. Docente Investigador. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Email: javier.sierra@unisucre.edu.co

³ Ingeniero Electrónico. Magister en Automatización y Control Industrial. Docente Investigador. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Email: boris.medina@unisucre.edu.co

de intervención de un grupo interdisciplinario para su rehabilitación (Cabezuelo-González, 2016). Sufrir daño cerebral grave supone una situación crítica para la vida de quien lo padece, por lo cual, es de vital importancia la atención urgente y su posterior rehabilitación clínica (Pastor, 2008).

Bajo el concepto de daño cerebral adquirido, se enmarcan un sinnúmero de patologías que pueden afectar el cerebro de forma considerable, causando cambios estructurales y funcionales. La sintomatología tras el DCA afecta a nivel motor, sensorial y neurocognitivo, requiriendo una intervención integral tanto física como psicológica y social. Las dificultades en la marcha y las alteraciones del equilibrio son dos de los principales problemas que los pacientes identifican como más incapacitantes limitando su autonomía. En lo que respecta a las alteraciones del equilibrio, se produce una reducción de la estabilidad postural, lo que implica un aumento de la base de sustentación y una limitación en las reacciones anticipatorias de equilibrio (Aguilera-Rubio et al., 2018). En los últimos años se han presentado altos niveles de mortalidad y discapacidad, y dentro de los problemas más frecuentes se encuentran las deficiencias de movilidad, autocuidado, actividades domésticas, aprendizaje, conocimiento y comunicación, todo esto conllevando al deterioro de la calidad de vida, afectando la vida familiar, personal y laboral.

Los avances en herramientas tecnológicas han permitido tenerlas en cuenta cada vez más en la rehabilitación de pacientes. El mejoramiento de las capacidades tecnológicas, así como el desarrollo de videojuegos más realistas, que insertan al paciente en una realidad, en donde se generan diferentes sensaciones y percepciones en varias sesiones de rehabilitación, comienzan a ser efectivas. Diferentes investigaciones muestran cómo se emplea la realidad virtual para ayudar a la recuperación. Autores evidencian que a través del desarrollo de videojuegos que estimulen diferentes partes del cuerpo, entre ellas la sensorial, sea posible que se obtengan mejores resultados. Existen en el mercado plataformas y videojuegos comerciales, pensadas principalmente para el entretenimiento, pero con desarrollos gráficos y escenarios de alta calidad que son útiles en la rehabilitación.

Las herramientas tecnológicas son variadas (Xbox, Kinect, Nintendo, gafas 3D, sensores, controles, otros) y dependiendo de los requerimientos de la rehabilitación así podrían ser empleados. A pesar de que los avances tecnológicos han sido altos en el sector de entretenimiento, estos muy poco han sido incorporados a protocolos de tratamiento en los centros de rehabilitación, principalmente porque no se han generado los protocolos dependiendo de la patología, así como un sistema robusto que permita evidenciar la gestión de la recuperación del paciente.

1.1. Estado del arte

Cocaro (2019) realizó una investigación sobre la aplicación, viabilidad y efectividad de las nuevas tecnologías en realidad virtual (VR) y aumentada (AR) en instituciones de rehabilitación. Evidenció que los artículos seleccionados para el análisis combinan la aplicación de realidad virtual y tratamientos convencionales, evaluación de variables como estabilidad/equilibrio, movilidad, dolor en pacientes con patologías neurológicas. Estableció que el uso actual de VR y AR para la gestión en un centro de rehabilitación sea de condición pública o privada, deberían de evaluar costos-beneficios, ya que los resultados como terapia única no son prometedores, pero si se demuestra que concatena bien con las terapias convencionales en el cual se hallaron efectos positivos, estos hallazgos deberían de ser considerados y de evaluar la posibilidad de preparar a los profesionales para los próximos avances tecnológicos (Coccaro, 2019).

En la investigación realizada por Cabezuelo (2016), reunieron y analizaron las principales evidencias científicas que evalúan los efectos de la terapia de realidad virtual en pacientes con accidente cerebrovascular en la ciudad de Jaén-España. Como resultado obtuvieron evidencia sólida de que la terapia con realidad virtual sirve para mejorar la marcha y el equilibrio en el accidente cerebrovascular (Cabezuelo-González, 2016). Desde otra perspectiva, Silva et al. (2015) investigó sobre el efecto de un programa de rehabilitación combinado de RV con terapia convencional en pacientes con accidente cerebrovascular crónico para la mejora del equilibrio (escala de

BERG) y la independencia funcional en la ciudad de Rio grande- Brasil. Realizaron un estudio cuasi experimental con grupo control, no aleatorizado con 10 pacientes donde en sus sesiones incluyeron ejercicios de kinesioterapia, Nintendo Wii y transferencia del aprendizaje. Ellos obtuvieron como resultado mejoras significativas en tres tareas específicas: “vestirse más bajo cuerpo,” traslados: bañera y ducha y “locomoción: escaleras”, como también un aumento significativo en el equilibrio. Por tal motivo pudieron concluir que existe una influencia positiva de la VR como complemento a la terapia convencional en la rehabilitación del equilibrio y capacidad funcional tras un accidente cerebrovascular y confirman la viabilidad del programa combinado de rehabilitación propuesto (Silva et al., 2015).

Para demostrar la importancia de la realidad virtual en el proceso de rehabilitación física, se destaca una investigación en la cual su propósito fue determinar si la realidad virtual con fines terapéuticos aporta mejoras en la recuperación de la función motora. Este se realizó por medio de una revisión sistemática consultando las bases de datos Cochrane Original, Joanna Briggs Connect, Medline/Pubmed, Cinahl, Scopus, Isi Web of Science y Sport- Discuss., de los cuales se incluyeron artículos publicados en los últimos 5 años, publicados en inglés y/o español, realizados en pacientes con ictus, y que utilicen la RV para mejorar la función motora. Finalmente, seleccionaron 4 revisiones sistemáticas y 21 ensayos clínicos controlados y aleatorizados. La mayoría de los estudios tenían como objetivo mejorar la función motora del miembro superior, y mejorar la realización de las actividades de la vida diaria, aunque también hay algún artículo cuyo objetivo es mejorar la función motora del miembro inferior-mejorar la marcha, así como mejorar el equilibrio estático-dinámico. Como resultados, se obtuvo que hay fuertes evidencias científicas de los efectos beneficiosos de la RV en la recuperación motora del miembro superior en pacientes con ictus (Viñas & Sobrido, 2016).

2. Sistema propuesto

2.1. Definición de realidad virtual

La Realidad Virtual (VR) es una simulación por computadora que puede ser experimentada físicamente y que interactúa con los sentidos del usuario para crear una realidad alternativa (Robles García, 2018). Para este fin, el sistema simula las percepciones sensoriales que hacen que el usuario se sienta inmerso en ese mundo y pueda tomar dichas percepciones como reales. Por lo tanto, el sistema debe generar en tiempo real percepciones de modo que permita al usuario interactuar con el entorno a través de canales sensoriales. La realidad virtual se basa en tres principios fundamentales: la inmersión, la interacción y la imaginación. La realidad virtual es una tecnología que está despertando actualmente un gran interés en muchas empresas por su enorme potencial estratégico (Viñas & Sobrido, 2016).

La realidad virtual debe permitir la interacción a través de dispositivos de entrada, de tal forma que se posibilite la modificación del entorno virtual y la recepción de respuestas sensoriales al usuario. La forma de conseguir esto es generando respuestas inmediatas en el mundo virtual a las interacciones del usuario, de forma que el tiempo en el mundo virtual sea exactamente igual que el tiempo real.

2.2. Videojuegos comerciales y Realidad virtual (RV)

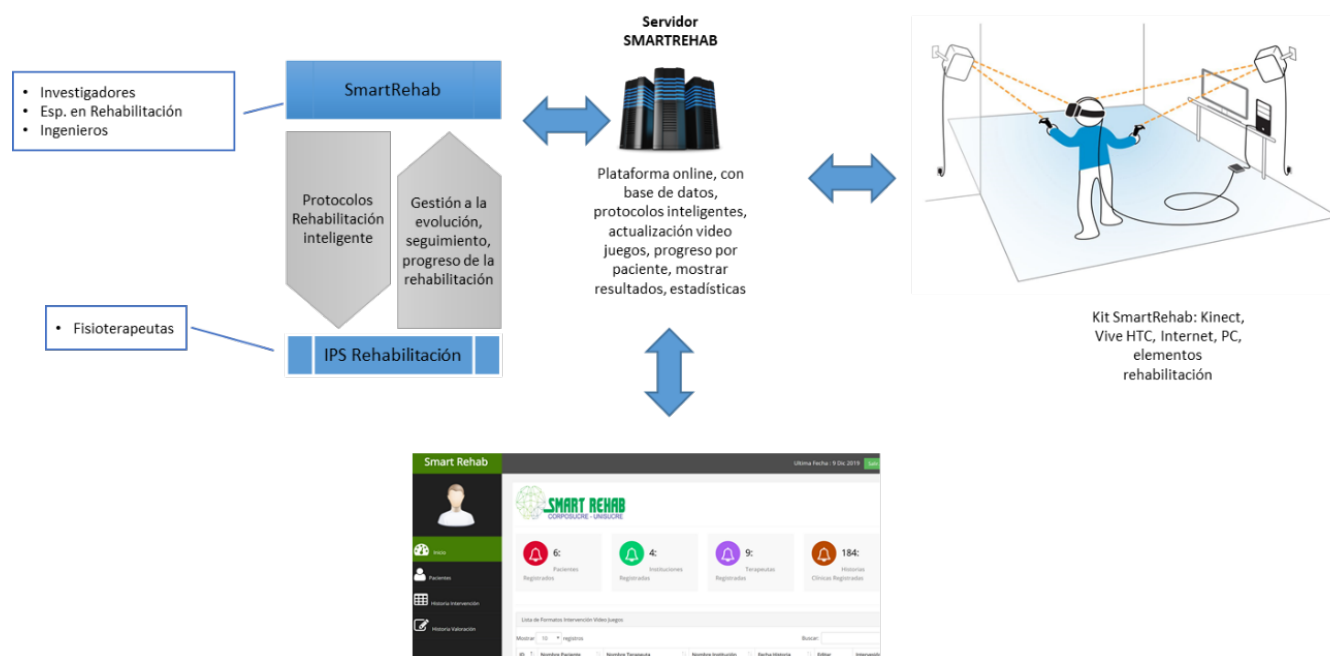
Hay una categoría de videojuegos comerciales, que pretenden conseguir un fin práctico además de entretener, uniendo actividades deportivas (exergame) con los juegos. Estos pretenden que el usuario realice ejercicio físico alimentando su motivación mediante las mecánicas habitualmente utilizadas en los juegos, es decir, mediante puntuaciones, retos, logros y demás (Acevedo Londoño et al., 2017). Lo anterior, resulta de especial utilidad para personas que están obligadas a realizar ejercicio físico por motivos de salud.

El uso de los juegos bajo realidad virtual, permite que personas con cualquier tipo de discapacidad pueda realizar sesiones de rehabilitación jugando un juego y que éste provoque que el usuario realice las sesiones con más motivación y durante más tiempo. Además, los juegos permiten adaptabilidad a las capacidades motrices del jugador, sin que le cause sobreesfuerzo (Stanica et al., 2019).

2.3. Sistema propuesto empleando videojuegos comerciales

El sistema propuesto recibe el nombre de 3DSmartRehab, y es un sistema integral que incluye la plataforma de realidad virtual comercial, gestionado a través de un software web, que posibilita el seguimiento a los beneficios de la telerehabilitación. En la figura 1 se muestra el sistema, en donde se observan el espacio de trabajo virtual, que incluye un espacio de 9 mts², gafas de realidad virtual, sensores de movimiento, computador con tarjeta gráfica y capacidad de procesamiento, controles para interactuar en mundo virtual. A través del computador se envían datos de interés a un servidor web encargado de registrar la información sobre la evolución de los pacientes y el comportamiento de la plataforma virtual. El sistema permite la incorporación de diferentes protocolos de rehabilitación, de tal forma que sea posible determinar la efectividad de los mismos..

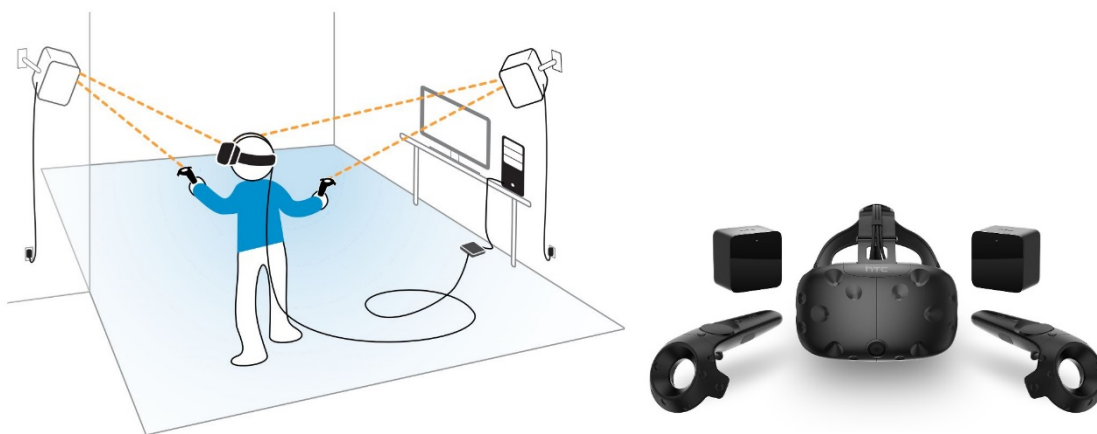
Figura 1
Sistema de telerehabilitación propuesto 3DSmartRehab



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la plataforma virtual, se posee una interfaz de salida que se ha impuesto debido a sus resultados en cuanto a sensación de inmersión, y se denomina head-mounted display (HDM), conocido comúnmente como casco, gafas o visor de realidad virtual. Los HDM funcionan colocando una pantalla de alta resolución a pocos centímetros de los ojos del usuario y ocultando el resto del campo de visión de este, de forma que solo pueda ver la pantalla. La pantalla ofrece a cada ojo un punto de vista adecuado del mundo virtual para generar una sensación de profundidad similar a la que se obtiene en el mundo real. El visor de realidad virtual generalmente se acompaña de un localizador que monitoriza la posición y rotación del casco para que se muestre por la pantalla un punto de vista preciso, muy acorde con la posición real del usuario. La figura 2 muestra la ubicación de los sensores.

Figura 2
Ubicación de los sensores en el sitio de telerehabilitación



Fuente: <https://www.vive.com>


Para el desempeño del sistema, se propone el uso del dispositivo HTC-Vive® que fue desarrollado por la empresa HTC en colaboración con la empresa Valve (propietaria de la plataforma Steam) (VIVE TM | Descubre la realidad virtual más allá de la imaginación, n.d.). El dispositivo está pensado para ir aún más lejos que el resto en cuanto a la percepción de la realidad virtual. Vive ofrece un sistema de seguimiento basado en láser que no solo obtiene la rotación de la cabeza sino también la posición de ésta en el espacio dentro de un rango muy amplio (una habitación). El sistema es acompañado por dos controles, uno para cada mano, cuya posición también es analizada y utilizada para controlar la posición de las manos del avatar o de objetos en el videojuego. La pantalla utilizada por este dispositivo tiene una resolución de 2400x1800 pixeles, lo que unido al gran sistema de seguimiento de la posición, produce una experiencia de realidad virtual con excelente calidad. Sin embargo, el dispositivo requiere de la instalación de dispositivos de seguimiento en la habitación donde se va a emplear, lo cual puede resultar complejo para jugadores esporádicos o no tan aficionados.

3. Resultados

3.1. Análisis de Videojuegos comerciales que se pueden emplear

En la tabla 1 se muestran algunos videojuegos comerciales que se pueden emplear en telerehabilitación, que han sido probados por fisioterapeutas y algunos pacientes, identificando con ellos como se pueden incorporar a los protocolos de rehabilitación. Así mismo, en la figura 3 se muestra la utilización del sistema de rehabilitación.

Tabla 1
Videojuegos comerciales que se pueden emplear en telerehabilitación

Videojuego	Características	Imagen
VR Super Sports (Valve Corporation, 2020)	Este juego es una experiencia de realidad virtual de cuerpo completo, cada deporte tiene 3 dificultades, para todas las edades y niveles de habilidad. Incluye los siguientes juegos: <ul style="list-style-type: none"> • Bowling • Homerun Derby • Soccer • Basketball • Japanese Archery • Clay Shooting: • Boxeo 	

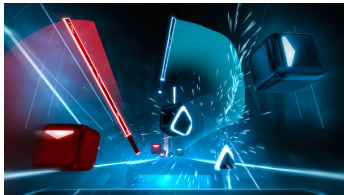
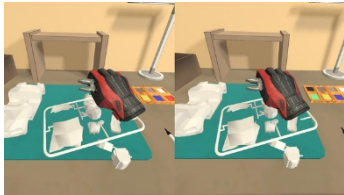

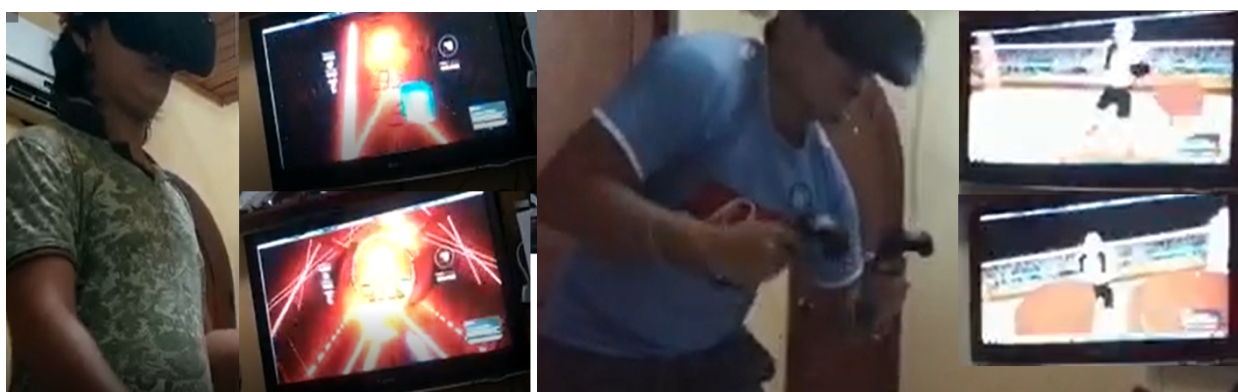
Videojuego	Características	Imagen
	<ul style="list-style-type: none"> Kart 	
Beat Saber (BEAT GAMES, 2020)	Beat Saber es una experiencia de ritmo envolvente. Posee niveles hechos a mano a través de ritmos musicales, rodeado de un mundo futurista. Permite la realización de ejercicio mientras se baila y recorta los ritmos. Funciona a través de campañas para mejorar cada día mientras completa objetivos y desafíos.	
Job Simulator (Owlchemy Labs, 2020)	El juego presenta un mundo donde los robots han reemplazado todos los trabajos humanos. Permite usar las manos para apilar, manipular, lanzar y aplastar objetos de física de una manera inexplicablemente satisfactoria.	
Model Kit Simulator VR (Chun Y., 2020)	El juego permite una simulación casual donde los jugadores pueden ensamblar y pintar kits de modelos simples. Ideal para personas que buscan una experiencia de ocio en realidad virtual.	
Gadgeteer (Metanaut, 2020)	Es un juego de rompecabezas de realidad virtual basado en la física en el que construyes máquinas de reacción en cadena para resolver divertidos e intrincados rompecabezas. Sus máquinas usan dispositivos para lanzar, golpear, girar y girar, creando reacciones en cadena que incluso pueden terminar destrozando la estructura del espacio-tiempo.	

Figura 3

Uso del kit de realidad virtual con juego (a) Beat Saber (b) VR Super Sports



4. Conclusiones

Los avances tecnológicos han permitido que estos sean incorporados en los procesos de rehabilitación física de pacientes con afectaciones en movilidad. Los pacientes con Daño Cerebral Adquirido (DCA) pueden ver beneficiados al incorporar a sus tratamientos la realidad virtual y los videojuegos, de tal forma que sean

motivados a ejecutar sus ejercicios de forma autónoma, permitiendo la disminución de las alteraciones del equilibrio y mejorando el riesgo de caídas. Los videojuegos comerciales son una buena opción para ser aplicada en los tratamientos, ya que poseen escenarios para avanzar en los protocolos de rehabilitación.

Referencias bibliográficas

- Acevedo Londoño, J. A., Caicedo Bravo, E., & Castillo García, J. F. (2017). Aplicación de tecnologías de rehabilitación robótica en niños con lesión del miembro superior. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(1), 103–114. <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017010>
- Aguilera-Rubio, Fernández-González, P., Molina-Rueda, F., & Cuesta-Gómez, A. (2018). Effect of a rehabilitation programme through dual-task treadmill training on balance and gait alterations in acquired brain damage. *Rehabilitacion*, 52(2), 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2018.02.002>
- BEAT GAMES. (2020). Beat Saber - VR rhythm game. <https://beatsaber.com/>
- Cabezuelo-González, A. (2016). Efectividad de la realidad virtual en tratamiento del accidente cerebrovascular [Universidad de Jaén]. http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/3057/1/TFG_CABEZUELO_GONZÁLEZ_ALBA.pdf
- Chun Y. (2020). Model Kit Simulator VR en Steam. https://store.steampowered.com/app/1222610/Model_Kit_Simulator_VR/
- Coccaro, E. (2019). Realidad virtual y aumentada, su aplicación como nuevas tecnologías en el área neurorehabilitación. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Metanaut. (2020). Gadgeteer en Steam. <https://store.steampowered.com/app/746560/Gadgeteer/>
- Owlchemy Labs. (2020). Job Simulator en Steam. https://store.steampowered.com/app/448280/Job_Simulator/
- Pastor, I. G. (2008). El daño cerebral sobrevenido: un abordaje transdisciplinar dentro de los servicios sociales. *Intervención Psicosocial*, 17(3). http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1132-05592008000300002&script=sci_arttext
- Robles García, V. (2018). Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ¿ficción o realidad? In *Fisioterapia* (Vol. 40, Issue 1, pp. 1–3). Ediciones Doyma, S.L. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2017.09.004>
- Silva, W. H. S., Lopes, G. L. B., Yano, K. M., Tavares, N. S. A., Rego, I. A. O., & Da Costa Cavalcanti, F. A. (2015). Effect of a rehabilitation program using virtual reality for balance and functionality of chronic stroke patients. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 21(3), 237–243. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742015000300003>
- Stanica, I. C., Dascalu, M. I., Portelli, G. P., Moldoveanu, F., & Moldoveanu, A. (2019, November 1). Parkinson's disease-how virtual reality exercises can improve the neurorehabilitation process. 2019 7th E-Health and Bioengineering Conference, EHB 2019. <https://doi.org/10.1109/EHB47216.2019.8969980>
- Valve Corporation. (2020). VR Super Sports - Steam. https://store.steampowered.com/app/593240/VR_SUPER_SPORTS/
- Viñas, D., & Sobrido, P. (2016). Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: Revisión sistemática. *Neurología*, 31(4), 255–277. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2015.06.012>
- VIVE TM | Descubre la realidad virtual más allá de la imaginación. (n.d.). Retrieved March 9, 2020, from <https://www.vive.com/mx/>