

EXPERIENCIA DE USO DE VIDEOJUEGO EN LAS SESIONES DE FISIOTERAPIA EN UN CENTRO EDUCATIVO: EFICACIA Y PROPUESTAS DE MEJORA

Authors	Beatriz Domingo (1) Noelia Terroso (1) M. Eckert (2)
Filiación	Departamento de Fisioterapia, CEIP Pinar de San José (1) PhD, Centro de Investigación en Tecnologías Software y Sistemas Multimedia para la Sostenibilidad (CITSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (2)
E-mail	beadso@gmail.com noheliatg4@gmail.com martina.eckert@upm.es
Lugar	Madrid, España
Palabras claves	Parálisis Cerebral, Parálisis Braquial Obstétrica, Fisioterapia, Kinect, videojuegos terapéuticos, patología neuromuscular.

Resumen

El uso de videojuegos terapéuticos se ha convertido en una herramienta útil en la intervención de fisioterapia de niños y niñas con patología que afecta a la movilidad del miembro superior. Aunque pueden usarse videojuegos comerciales, es necesario contar con videojuegos diseñados específicamente para determinadas patologías que den respuesta a las necesidades específicas y permitan, además, el ajuste de los retos para adaptarse a las características concretas de cada individuo.

El Grupo de Aplicaciones Acústicas y Multimedia (GAMMA) ha diseñado un videojuego basado en captura de movimiento para personas con patología neuromuscular, ajustable a las necesidades del jugador. En colaboración con el Colegio de integración Público Pinar de San José, se está analizando la eficacia del juego como parte de la fisioterapia escolar. Participan niños y niñas con Parálisis Cerebral asimétrica y Parálisis Braquial Obstétrica, y se observa la relación entre el ajuste del videojuego, el tiempo de juego y la mejoría a nivel motor.

Los resultados revelan que la calidad de ajuste de dificultad influye directamente en el tiempo de juego, por lo que se proponen unos criterios de ajuste objetivos que podrían ser generalizables para el uso de otros videojuegos terapéuticos.

Abstract

The use of therapeutic video games has become a useful tool in the physiotherapy intervention of children with upper limb motor dysfunctions. Although commercial video games can be used, it is necessary to have video games designed specifically for certain pathologies that respond to specific needs and allow the adjustment of challenges to adapt to the specific characteristics of each individual.

The Group of Acoustic and Multimedia Applications (GAMMA) has designed a video game based on motion capture for children with neuromuscular pathology, adjustable to the needs of the player. In collaboration with the Pinar de San José Public Integration College, the effectiveness of the game as part of school physiotherapy is being analysed. Students with asymmetric Cerebral Palsy and Obstetric Brachial Palsy participate, and the relationship between the adjustment of the video game, the playing time and the improvement at the motor level is observed.

The results reveal that the quality of adjustment of the difficulty has a direct influence on the time that the child plays. Thus, objective adjustment criteria are proposed that could be generalizable for the use of other therapeutic video games.

Introducción

Desde hace años los videojuegos terapéuticos son considerados como una herramienta de utilidad clínica. Diferentes revisiones sistemáticas señalan que los dispositivos de captura de movimiento tienen efectos beneficiosos en la rehabilitación de los pacientes con trastornos neurológicos, resultando eficaces al mejorar habilidades como la función de las extremidades superiores, la coordinación de la mano, el equilibrio, la marcha y el control postural. Además se observan también beneficios en aspectos como la participación en la comunidad y mejoras en la función psicológica y cognitiva 1,2,3,4.

Una de las ventajas de los videojuegos es que ofrecen retroalimentación y recompensas inmediatas que estimulan el cerebro para que el usuario quiera seguir jugando. Gracias por tanto a la motivación que se genera al estar en un entorno desafiante, se aumenta el número de repeticiones con respecto a las que se realizan durante la terapia convencional. De esta forma se favorece la reorganización cortical, la neuroplasticidad, consiguiendo así mejoras en el rendimiento^{5,6}.

En cuanto al tipo de videojuegos, la mayor parte de estudios utilizan dispositivos comerciales que, en ocasiones, no dan respuesta a las necesidades de los pacientes. Estos videojuegos muchas veces requieren movimientos demasiado rápidos o precisos para los usuarios. Es importante por tanto generar videojuegos diseñados específicamente para poblaciones concretas que permitan ajustar parámetros de cara a conseguir entornos motivadores y desafiantes adecuados a las características individuales que eviten el aburrimiento o la frustración, ya sea porque es demasiado fácil o porque es demasiado difícil 1,4,7,8,9.

Los videojuegos han demostrado también ser intervenciones prometedoras tanto en el tratamiento de la Parálisis Cerebral (PC) como en el caso de la Parálisis Braquial Obstétrica (PBO) 10,11.

El Grupo de Aplicaciones Acústicas y Multimedia (GAMMA) de la Universidad Politécnica de Madrid, está desarrollando videojuegos terapéuticos para niños y niñas con diferentes tipos de discapacidad física. Estos videojuegos se basan en la captura de movimientos mediante una cámara Kinect de Microsoft. El movimiento del usuario se traslada a los personajes, de manera que el jugador se siente identificado con ellos. Esto aumenta la motivación y facilita la realización de los ejercicios integrados en los juegos. A través de la conexión con la plataforma médica Blexer-med 12, el terapeuta puede ajustar y configurar los parámetros de dificultad de los ejercicios para cada usuario individualmente. Un middleware transfiere los datos de configuración y los resultados entre los juegos y la plataforma web de forma que el terapeuta tiene puede monitorizar los avances del jugador y reajustar los parámetros en cada momento.

Uno de los juegos creados, y objeto del presente estudio, es “Phiby’s Adventures v1” 12, programado en el motor de juego Blender y para su uso con una Kinect X360. Una versión más avanzada del mismo está ya en desarrollo, creando una experiencia inmersiva con Unity3D y basándose en la cámara Kinect One, que aporta mayor precisión. Los resultados de este estudio son imprescindibles para conseguir un funcionamiento óptimo de la nueva versión.

El presente estudio se ha desarrollado en conjunto entre el GAMMA y el Colegio Público CEIP Pinar de San José de Madrid, donde están escolarizados alumnos y alumnas con y sin discapacidad motórica. El objetivo de esta colaboración es, por un lado, analizar la eficacia del videojuego en los alumnos con algún tipo de discapacidad motora y por otro, ayudar a mejorar el desarrollo de las futuras versiones y de la plataforma.

Descripción del proyecto

El videojuego narra la historia de un pequeño anfibio que debe buscar a su familia tras un accidente espacial. Para conseguirlo atraviesa un valle, donde se encuentra diferentes situaciones que tendrá que superar. Tendrá que atravesar ríos, trepar árboles o bucear a través

de lagos. También tendrá que cortar troncos para conseguir madera y así poder construir cabañas que le permitan descansar y guardar la partida para la siguiente sesión, de modo que el usuario podrá reanudar el juego a partir de ese punto. Con el objetivo de aumentar la interactividad y la toma de decisiones del niño, cada pantalla/sección del mapa está diseñado de forma que el niño puede elegir el camino a seguir y por tanto los obstáculos a los que se enfrentará. Antes del uso del juego se realiza un análisis de los rangos de movilidad de los brazos para calibrar el videojuego a las capacidades motrices del jugador. Antes de cada partida, el middleware recibe los niveles de exigencia de cada tipo de ejercicio tal como los ha configurado el fisioterapeuta según las necesidades de cada jugador.

Los cuatro minijuegos que contiene el juego son (ver Figura 1):

CORTAR MADERA:

Movimiento proximal del hombro. Durante el juego hay que elevar el brazo (se puede elegir entre el derecho y el izquierdo), mantenerlo hasta que aparece el brillo en el hacha, y bajar rápidamente el brazo para cortar el tronco. Se pueden modificar tanto el tiempo como número de troncos que cortar (= número de movimientos de brazo).

BUCEAR:

Control de tronco y estabilidad. Para alcanzar las piezas de plancton es necesario mover el tronco suavemente en la dirección adecuada. Se pueden modificar el tiempo y el número de piezas de plancton a conseguir.

REMAR:

Movimiento global simétrico de ambos brazos. Hay que mover los dos brazos, simulando el gesto de remar, hasta alcanzar la otra orilla remando, la velocidad del bote es mayor en función de la velocidad del movimiento de los brazos. Se pueden modificar el tiempo y la distancia a recorrer (= número de movimientos de brazos).

TREPAR:

Movimiento global alterno de brazos. Es necesario mover de manera alterna los brazos para alcanzar lo alto del árbol y conseguir ver el valle. Se pueden modificar el tiempo y la altura del árbol (= número de movimientos de brazos).



Figura 1: Ejercicios incluidos en el juego, de izquierda a derecha, de arriba abajo: "Bucear", "Cortar", "Remar" y "Tregar".

Propuesta de estudio inicial

De manera inicial se propone un estudio de la efectividad del videojuego en la función motora, por lo que se obtiene la autorización por parte del comité de ética de la Universidad Politécnica de Madrid y los representantes legales de los menores dieron su consentimiento informado por escrito.

En el proyecto se incluyen estudiantes del Colegio Pinar de San José que cumplen los siguientes requisitos: recibir atención de fisioterapia en el centro, tener entre 5 y 12 años, tener mayor afectación funcional de un miembro superior a causa de PC o PBO, ser capaz de entender y seguir el juego. Y se establece como criterio de exclusión: tener pobre control de tronco que impida realizar las actividades en sedestación libre.

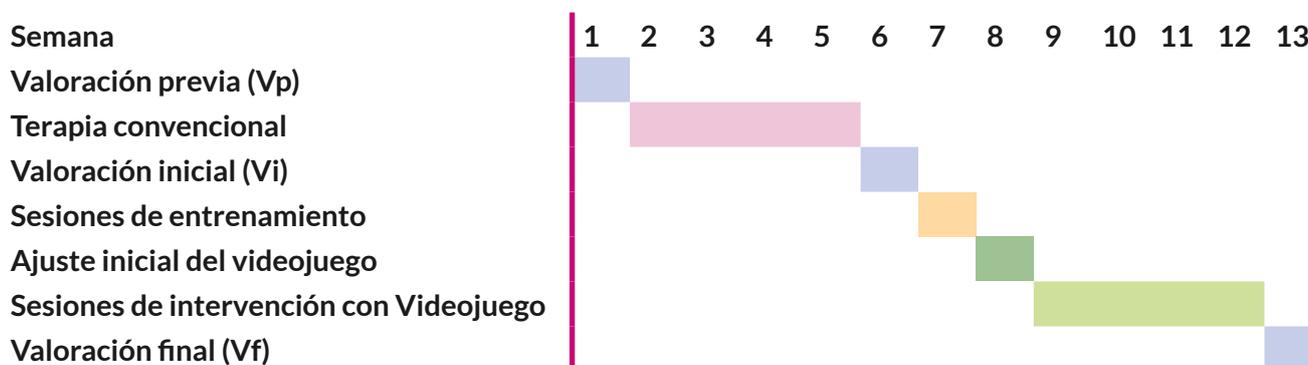
A los menores seleccionados se les pasaron las siguientes escalas funcionales: GMFCS 13, MACS 13,14 y MALLETT CASSIFICATION 15, 16, lo que permitió establecer agrupamientos en base a su nivel funcional: el grupo 1 y el grupo 2 de menor y mayor nivel funcional respectivamente (ver Tabla 1).

Tabla 1: Identificación de los participantes

ID	Grupo	Edad	Sexo	Diagnóstico	Extremidad más afectada	Clasificación de motricidad gruesa	Clasificación motricidad fina
PC5L1	1	5	F	PC	Izquierda	GMFCS IV	MACS III
PC6R1	1	6	M	PC	Derecha	GMFCS III	MACS III
PC10R1	1	10	M	PC	Derecha	GMFCS III	MACS III
PC10L2	2	10	M	PC	Izquierda	GMFCS II	MACS I
PC11R2	2	11	F	PC	Derecha	GMFCS II	MACS I
PBO8R3	2	8	F	PBO	Derecha		Mallet III

Por otro lado, de cara a analizar el beneficio motor, se realizaron valoraciones en tres momentos, una valoración previa (Vp), otra al inicio de la intervención (Vi) y una última al final de la intervención (Vf). Se usaron para estas valoraciones dos test: el BOX AND BLOCK TEST (BBT), que refleja el número de bloques que pueden trasladarse de un compartimento a otro en un minuto y el JEBSEN TAYLOR HAND FUNCTION TEST (JTHFT) que valora el tiempo que se tarda en realizar siete actividades cotidianas. Ambos test han demostrado ser válidos para comprobar la mejora de la destreza y la función de la mano en menores con PC tras intervenciones intensivas 17. El cronograma de la intervención se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2: Cronograma de la intervención



En las sesiones de entrenamiento se jugó con los parámetros de objetivos y tiempo que vienen prefijados en el videojuego. Se observa que, al igual que pasa con los videojuegos comerciales, los parámetros que presenta el juego “por defecto” no se ajustan a las características de los participantes. En ese momento las fisioterapeutas pudieron realizar un ajuste de los objetivos de cada minijuego. El ajuste se realiza de manera intuitiva en la plataforma Blexer-med, creada para el seguimiento del videojuego 12,18. Posteriormente, de manera puntual también se cambiaron durante las sesiones de intervención para ajustarse a las necesidades individuales, ya sean de carácter motor o de carácter emocional.

A lo largo de cuatro semanas, se utilizó el videojuego durante las sesiones de fisioterapia, realizando entre 2 y 3 sesiones semanales, con una media 9.8 sesiones por cada sujeto, y de duración entre 10 y 20 minutos (Tabla 6). El juego se realizó con supervisión del fisioterapeuta que instruyó al jugador y le motivó verbalmente. Todos los participantes consiguieron completar las cuatro semanas de intervención y posteriormente pasaron de las valoraciones finales (Vf).

Resultados

Tras las cuatro semanas de intervención se volvió a valorar y los resultados obtenidos se reflejan en la tabla 3 y tabla 4.

Tabla 3: Variación en la valoración JTHFT tras la terapia convencional y tras la terapia con videojuego. Los mejores resultados se obtienen con valores negativos altos que indican reducción del tiempo utilizado. Pacientes ordenados de mayor a menor beneficio tras la terapia con videojuego.

JTHFT			
Grupo	ID	Variación tras terapia convencional	Variación tras terapia con videojuego
1	PC10R1	-92	-162,8
1	PC6R1	-216,8	-87,4
2	PC10L2	-41,9	-49,1
2	PBO8R3	4,7	-28,5
1	PC5L1	53,5	-17,2
2	PC11R2	-7,5	-3

Tabla 4: Variación en la valoración BBT tras la terapia convencional y tras la terapia con videojuego. Los mejores resultados se obtienen con valores positivos altos que indican un aumento del número de bloques trasladados. Pacientes ordenados de mayor a menor beneficio tras la terapia con videojuego.

BBT			
Grupo	ID	Variación tras terapia convencional	Variación tras terapia con videojuego
2	PBO8R3	0	15
2	PC11R2	-1	13
2	PC10L2	2	5
1	PC6R1	1	1
1	PC10R1	5	-1
1	PC5L1	2	-3

Al analizar los resultados se observa que los participantes del grupo 2, con mayor nivel funcional, son los que obtienen mayor beneficio en la valoración BBT, mientras que los del grupo 1, con menor nivel funcional, son los que más mejoran en la valoración JTHFT. Destaca el participante PC5L1 que en ambas valoraciones obtiene resultados menores. Llama la atención también que es quien menos tiempo ha jugado (Tablas 5 y 6).

Tabla 5: Análisis de los resultados pre-post intervención de las valoraciones BBT y JTHFT por grupos en base a la clasificación funcional.

	Promedio Vp (SD)	Promedio Vi (SD)	Vi-Vp (SD)	Promedio Vf (SD)	Vf-Vi (SD)	Cohen's effect size d
BBT 1	7.67 (5.1)	10.33 (7)	2.66 (2.1)	9.3 (6)	-1.00 (2)	-0.16
BBT 2	35.33 (13)	35.67 (12.2)	0.33 (1.5)	46.7 (13.3)	11.00 (5.3)	0.87
JTHFT 1	727.40 (258.2)	628.90 (103)	85.11 (135.2)	539.80 (94.1)	89.10 (72.8)	0.9
JTHFT 2	143.20 (71.2)	128.30 (60.5)	14.88 (24.2)	101.40 (40.9)	26.90 (23.1)	0.5

Se analiza el valor de Cohen's Effect Size, para comprobar la validez de los resultados de mejora del grupo 2 en BBT y del grupo 1 en JTHFT. El tamaño del efecto mide la cantidad de cambios de una escala a cantidades consideradas clínicamente significativas. Según las pautas de Cohen: los resultados por debajo de 0,2 se consideran cambios no significativos; los resultados entre 0,2 y 0,49 se consideran cambios pequeños; los resultados entre 0,5 y 0,79 se consideran cambios moderados; y se consideran grandes cambios cuando los resultados son superiores a 0,8. Por lo tanto, los cambios mencionados que rondan un valor de $d = 0.9$ son cambios clínicamente significativos.

Por todo ello, nos parece viable y prometedor el uso del videojuego como herramienta terapéutica en el contexto escolar.

Por otro lado, al analizar los resultados encontramos útil saber el nivel de dificultad que cada participante experimenta en cada juego, por lo que es necesario pasar los datos absolutos a relativos. Se visualizan, para cada uno de los cuatro ejercicios, el porcentaje de tiempo usado con respecto al tiempo límite configurado, y el porcentaje de éxito con respecto al objetivo marcado (p.ej. los metros realizados, el número de troncos cortados o el número de plancton conseguidos) (Figura 2).

Esto nos permite ver si los valores configurados se ajustan bien al nivel de cada jugador. Encontramos situaciones en las que el juego era demasiado fácil, ya que consiguió siempre el objetivo en mucho menos tiempo que el establecido. En otras ocasiones sucedió lo contrario, cuando a pesar de agotar el 100% del tiempo máximo, no se consiguió el objetivo.

Consideramos un ajuste óptimo cuando se es capaz de conseguir el objetivo o llegar muy cerca, usando prácticamente todo el tiempo establecido. En este caso se presentaría un entorno desafiante pero posible.

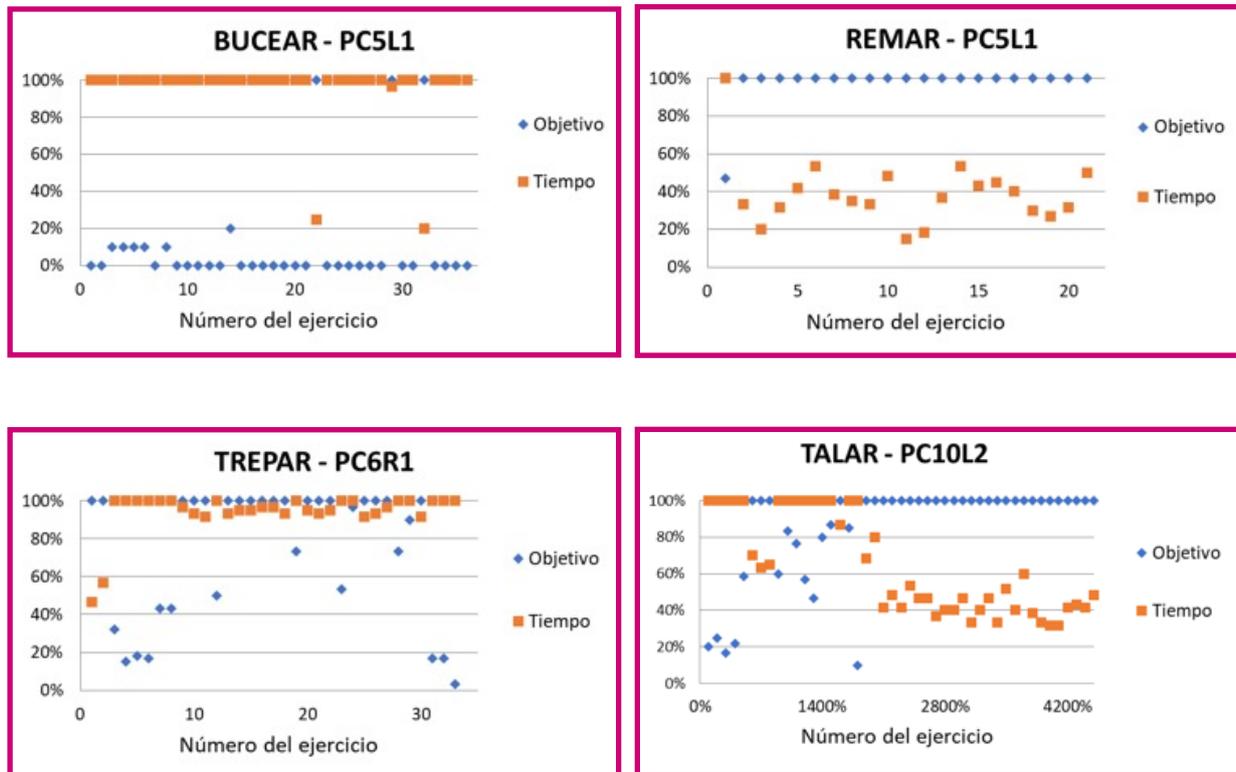


Figura 2: ejemplos de gráficas de ajuste

Las gráficas revelan que un ajuste intuitivo no es suficiente, y se deberían plantear criterios objetivos de ajuste que pudieran ayudar al terapeuta y en un futuro sugerirse de manera automática por el videojuego, p.ej. a través de pantallas de consulta que permitan al terapeuta confirmar o modificar los objetivos o el tiempo, o el juego podría ajustarse directamente de forma automática.

Juntando las observaciones realizadas durante el juego y los resultados de las evaluaciones, se identifican los siguientes posibles rangos de ajuste:

- Ajuste muy fácil: se usa menos del 30% del tiempo ofrecido (objetivo conseguido indiferente)
- Ajuste fácil: se usa entre el 30 y 70% del tiempo ofrecido (objetivo conseguido indiferente)
- Ajuste óptimo: se usa entre el 70-100% del tiempo y se consigue entre el 70-100% del objetivo marcado.

- Ajuste difícil: objetivo conseguido entre el 30 y 70% (tiempo indiferente)
- Ajuste muy difícil: objetivo conseguido por debajo del 30% (tiempo indiferente)

De esta forma, analizando la cantidad de tiempo que cada participante juega durante las sesiones de intervención (Tabla 6), se observa que la mayoría juega más del 75% del tiempo con un buen ajuste o un ajuste difícil. Únicamente el participante PC5L1 juega durante menos que un 30% del tiempo en estos rangos.

Tabla 6: Análisis tiempo de sesión de cada niño, tiempo total de juego y porcentaje de tiempo que los participantes juegan en los rangos de ajuste difícil y óptimo

ID	Sesiones de intervención			
	núm. sesiones intervención	% rango difícil + ajustado óptimo	t total de juego (min)	t juego / sesión (min)
PC5L1	8	30%	79.0	9.9
PBO8R3	10	64%	195.0	19.5
PC10L2	9	67%	189.0	21.0
PC11R2	11	68%	127.0	11.5
PC6R1	11	71%	151.0	13.7
PC10R1	10	73%	125.0	12.5
Promedio	9.8	62%	144.3	14.7

Al observar los cambios que se producen en las valoraciones funcionales, todos los participantes salvo PC5L1 obtienen mejoras. Debido a la muestra muy pequeña, no se puede comprobar que este resultado es estadísticamente significativo, pero confiamos en que exista una relación entre el beneficio motor, la calidad del ajuste durante el videojuego y el tiempo de juego y sería interesante estudiarlo en otras pruebas más amplias en número de participantes y tiempo de juego.

Al comparar las partidas jugadas con los parámetros por defecto y las partidas en las que se realizó un ajuste, se observa que, de manera intuitiva, se ha podido disminuir el tiempo de juego en rangos no adecuadamente ajustados. El porcentaje de partidas “muy fáciles” y “muy difíciles” disminuye, y el tiempo de juego en el rango de un ajuste óptimo aumenta. Pero al carecer de medidas objetivas durante el estudio, esto no sucede en todos los casos y no en la proporción esperada.

Por eso se considera importante que el acceso a los resultados se pueda producir de manera fácil, visual e instantánea, mediante gráficas y un sistema de aviso durante el juego, que permita un control visual de los porcentajes de tiempo utilizados y objetivos conseguidos. De esta manera se podría reajustar los parámetros de los ejercicios para aumentar el tiempo de juego

en la franja más adecuada que así evitar la frustración en los casos en los que el juego sea demasiado difícil o el aburrimiento en los casos en los que sea muy fácil.

Limitaciones

En algunas ocasiones, la Kinect tiene dificultad para captar a los niños y niñas más pequeños y se detectaron problemas puntuales en el manejo del avatar.

Es necesario investigar con grupos de población más grandes y analizar los cambios que aparecen a mayor tiempo de intervención.

Propuestas de mejora ya implantadas

Se han realizado modificaciones en el portal web para tener acceso rápido a los datos que indiquen el nivel de ajuste (ver Figura 3). Se ha añadido a la tabla de resultados los porcentajes de tiempo y objetivo conseguido en cada ejercicio. Para resaltar, se señalan en rojo si el ajuste es muy fácil o muy difícil y en verde si está en el ajuste óptimo. En cuanto haya 5 partidas jugadas en un ajuste muy fácil o muy difícil, la plataforma visualiza un aviso, como se muestra en la Figura 3.

Además se ha añadido una gráfica que visualiza los porcentajes de tiempo y del objetivo conseguido para las sesiones deseadas. De esta manera el control es más rápido y el terapeuta puede realizar modificaciones instantáneas para mejorar el ajuste a la situación individual del niño.

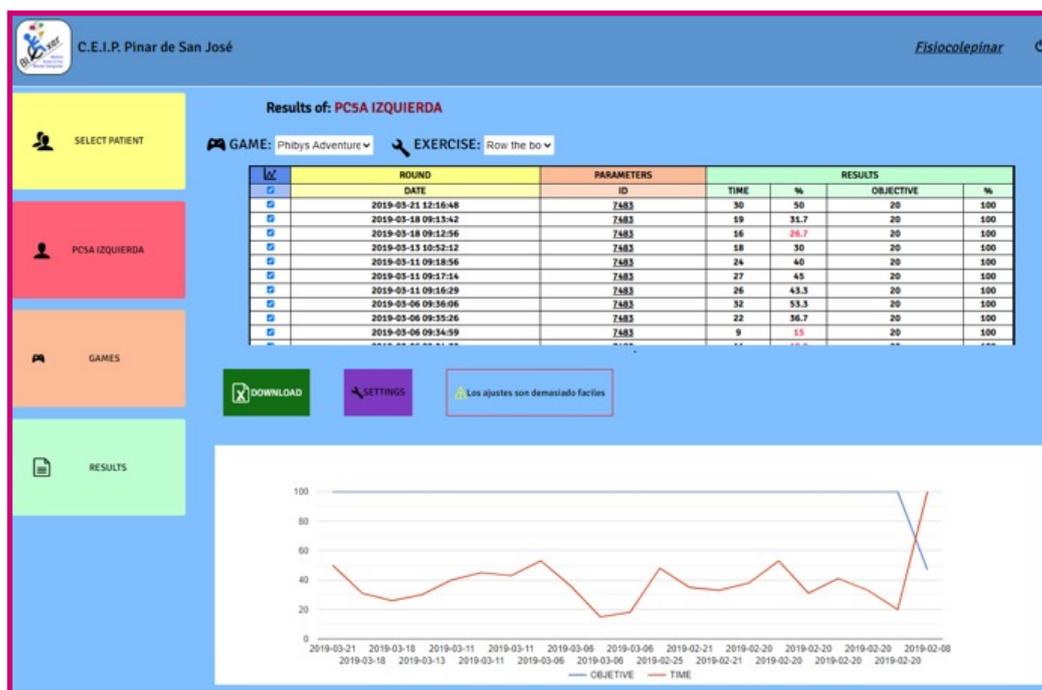


Figura 3: Ejemplo de visualización de resultados en el portal web Blexer-med.

Situación actual del proyecto

Actualmente estamos trabajando en comprobar la efectividad del ajuste en los parámetros propuestos para conseguir avances a nivel motor.

Además hemos añadido a la valoración el nivel de motivación intra-sesión de los participantes, así como el análisis de fatiga y dolor que perciben. A falta de analizar los resultados creemos que son optimistas y pueden aportar datos interesantes para seguir avanzando en el desarrollo de videojuegos terapéuticos. Es importante para futuros estudios valorar si los beneficios se mantienen a largo plazo.

A nivel de mecánica de juego, los participantes han aportado muchas ideas nuevas que se podrían incorporar en futuras versiones para atraer más al jugador. Por ejemplo, sería buena idea que el niño pudiera crear un avatar personalizable para sentirse más identificado, lo cual puede ayudar a mejorar la motivación. También proponen actividades de pesca, escalada, trepar por escaleras o añadir mascotas y coleccionables. Sobre todo echaban de menos más realimentación y “sentido” en el juego, lo cual nos confirma que una historia y un buen protagonista son los elementos esenciales para atraer al jugador.

Conclusiones

El uso de videojuegos se considera una intervención viable para realizar en el entorno escolar.

La calidad del ajuste de los parámetros de dificultad del juego tiene relación directa con el tiempo que se juega con gusto y por lo tanto con las mejoras en la función motora conseguidas. Por lo tanto es adecuado que el fisioterapeuta tenga acceso fácil e instantáneo a los resultados, para poder así reajustar los parámetros de dificultad y conseguir que el paciente trabaje el máximo tiempo posible dentro de la franja de un ajuste óptimo. Sin embargo consideramos también necesario validar en futuros estudios, con más individuos y durante más tiempo, los rangos de ajuste propuestos.

Bibliografía

- Johansen T, Strøm V, Simic J, Rike P-O. Effectiveness of training with motion-controlled commercial video games for hand and arm function in people with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020;52.
- Lopes S, Magalhães P, Pereira A, Martins J, Magalhães C, Chaleta E, et al. Games Used With Serious Purposes: A Systematic Review of Interventions in Patients With Cerebral Palsy. *Front. Psychol*. 2018;9: 1712.

- Massetti T, da Silva TD, Crocetta TB, Guarnieri R, de Freitas BL, Bianchi Lopes P, et al. The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. *Journal of Central Nervous System Disease*. 2018;10: 1179573518813541.7
- Chen Y, Fanchiang HD, Howard A. Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*. 2017;98(1): 63-77.
- Sevick M, Eklund E, Mensch A, Foreman M, Standeven J, Engsborg J. Using Free Internet Videogames in Upper Extremity Motor Training for Children with Cerebral Palsy. *Behavioral Sciences*. 2016;6(2): 10.
- Hung J-W, Chang Y-J, Chou C-X, Wu W-C, Howell S, Lu W-P. Developing a Suite of Motion-Controlled Games for Upper Extremity Training in Children with Cerebral Palsy: A Proof-of-Concept Study. *Games for Health Journal*. 2018;7(5): 327-334.
- Alarcón-Aldana AC, Callejas-Cuervo M, Bo APL. Upper Limb Physical Rehabilitation Using Serious Videogames and Motion Capture Systems: A Systematic Review. *Sensors*. 2020;20(21): 5989.
- Knippenberg E, Verbrugghe J, Lamers I, Palmaers S, Timmermans A, Spooren A. Markerless motion capture systems as training device in neurological rehabilitation: a systematic review of their use, application, target population and efficacy. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2017;14(1): 61.
- Staiano AE, Flynn R. Therapeutic Uses of Active Videogames: A Systematic Review. *Games for Health Journal*. 2014;3(6): 351-365.
- Novak I, Morgan C, Fahey M, Finch-Edmondson M, Galea C, Hines A, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. 2020;20(2): 3.
- Palomo-Carrión R, Sánchez R. Fisioterapia aplicada en la extremidad superior a niños de 0 a 10 años con parálisis braquial obstétrica: revisión sistemática. *RevNeurol*. 2020;71(01): 0001-0010.
- Eckert M et al., "The Blexer system – Adaptive full play therapeutic exergames with web-based supervision for people with motor dysfunctionalities," *EAI Endorsed Transactions on Serious Games*, vol. 5, no. 16, 2018.

- Paulson A, Vargus-Adams J. Overview of Four Functional Classification Systems Commonly Used in Cerebral Palsy. *Children*. 2017;4(4): 30.
- Eliasson A-C, Krumlinde-Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Ohrvall A-M, et al. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Dev Med Child Neurol*. 2006;48: 5.
- Bae DS, Waters PM, Zurakowski D. Reliability of Three Classification Systems Measuring Active Motion in Brachial Plexus Birth Palsy. *JBJS*. 2003;85(9): 1733-1738.
- Pondaag W, Malessy MJA. Outcome assessment for Brachial Plexus birth injury. Results from the iPluto world-wide consensus survey. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018;36(9): 2533-2541.
- Araneda R, Ebner-Karestinos D, Paradis J, Saussez G, Friel KM, Gordon AM, et al. Reliability and responsiveness of the Jebsen-Taylor Test of Hand Function and the Box and Block Test for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2019;61(10): 1182-1188.
- Eckert M, Gómez-Martinho I, Meneses J, and Martínez JF, "New Approaches to Exciting Exergame-Experiences for People with Motor Function Impairments," *Sensors*, vol. 17, no. 2, 2017.