

## Realidad virtual inmersiva y ejercicio terapéutico como herramienta de rehabilitación pediátrica en Enfermedad de Castleman multicéntrica idiopática-TAFRO: estudio de caso.

### Immersive virtual reality and therapeutic exercise as a pediatric rehabilitation tool in idiopathic multicentric Castleman Disease-TAFRO: case study.

\*Pablo Campo-Prieto, \*\*María Tallón García, \*Gustavo Rodríguez-Fuentes, \*José M<sup>a</sup> Cancela-Carral

\*Universidade de Vigo (España), \*\*Unidad de hemato-oncología pediátrica, Hospital Álvaro Cunqueiro de Vigo (España)

**Resumen.** Introducción. El ejercicio terapéutico ha mostrado ser útil como terapia complementaria en el manejo de procesos oncológicos y en patología crónica grave pediátrica, consiguiendo beneficios en diferentes dimensiones. Los videojuegos activos o exergames con realidad virtual inmersiva (RVI) podrían facilitar la práctica de actividad física regular de esta población en el ámbito domiciliario. Material y método. Un adolescente de 17 años superviviente de una enfermedad de Castleman multicéntrica idiopática-TAFRO participó en un programa de ejercicio con RVI en ámbito domiciliario durante 8 semanas. El objetivo principal fue evaluar la factibilidad del programa y los objetivos secundarios fueron evaluar cambios en dominios físicos y cognitivos. Resultados. La intervención fue factible y segura. Se cumplieron las sesiones programadas y no hubo efectos adversos a la exposición a RVI. La usabilidad fue elevada (95%) y las experiencias de juego y la satisfacción percibida con el programa fueron positivas. Con respecto a los dominios físicos y cognitivos, los resultados fueron de forma general sensiblemente mejores en la valoración post intervención, destacando mejoras por encima del 30% en la fuerza y funcionalidad de miembros inferiores, incluso bajo la interferencia de una tarea cognitiva. Conclusiones. Este estudio destaca una aproximación novedosa para lograr acercar la práctica regular de actividad física a través de exergames, mostrando potenciales beneficios en las capacidades físicas y funcionales del paciente y, sugiriendo, además, una mejora en su bienestar emocional a través de estrategias distractoras.

**Palabras clave:** realidad virtual; exergaming; Enfermedad de Castleman idiopática multicéntrica; pediatría; modalidades de fisioterapia; Síndrome de TAFRO; terapia de exposición con realidad virtual

**Abstract.** Background. Therapeutic exercise has shown to be useful as a complementary therapy in the management of oncological processes and in severe pediatric chronic pathology, achieving benefits in different dimensions. Active video games or exergames with immersive virtual reality (IVR) could facilitate the practice of regular physical activity in this population at home. Material and methods. A 17-year-old adolescent survivor of idiopathic multicentric Castleman disease-TAFRO participated in a home-based exercise program with IVR for 8 weeks. The primary objective was to evaluate the feasibility of the program and the secondary objectives were to evaluate changes in physical and cognitive domains. Results. The intervention was feasible and safe. The scheduled sessions were completed and there were no adverse effects from IVR exposure. Usability was high (95%) and game experiences and perceived satisfaction with the program were positive. Regarding to the physical and cognitive domains, the results were generally significantly better in the post-intervention assessment, highlighting improvements of over 30% in the strength and functionality of the lower limbs, even under the interference of a cognitive task. Conclusions. This study highlights a novel approach to bring the regular practice of physical activity closer through exergames, showing potential benefits in the patient's physical and functional abilities and also suggesting an improvement in their emotional well-being through distracting strategies.

**Keywords:** virtual reality; exergaming; Idiopathic multicentric Castleman disease; pediatric; physical therapy modalities; TAFRO syndrome; Virtual Reality Exposure Therapy

---

Fecha recepción: 26-02-24. Fecha de aceptación: 26-04-24

Gustavo Rodríguez-Fuentes

gfuentes@uvigo.gal

### Introducción

En los últimos años se ha observado un aumento en la incidencia de algunos procesos cancerosos malignos (la mayoría de origen hematológico), pero también de procesos sistémicos que, si bien no se pueden etiquetar con origen cancerígeno, su comportamiento se asemeja mucho a las patologías de este tipo y que afectan tanto a población general como a niños y adolescentes (Smith et al., 2010).

La mayor supervivencia en este colectivo lleva aparejado un deterioro en la calidad de vida, ya que hablamos de enfermedades crónicas con gran afectación del bienestar mental y con presencia de clínica asociada a los efectos secundarios de los fármacos: fatiga generalizada, fluctuaciones de peso, atrofia neuromuscular y baja tolerancia al ejercicio, entre otros (Graef et al., 2018). Todos estos síntomas se trasladan en una reducción de la actividad física diaria, contribuyendo a generar problemas vinculados a las actitudes sedentarias (Huang & Ness, 2011). Por este motivo, el papel

del fisioterapeuta cobra un especial interés, puesto que puede promover comportamientos activos y recomendar la mejor opción de ejercicio terapéutico dirigido a esta población para el mantenimiento y/o mejora de las capacidades físicas y funcionales durante todo el proceso. De hecho, los hallazgos de algunos estudios han mostrado que programas de fisioterapia basados en ejercicio terapéutico son factibles y seguros, sin efectos adversos y con resultados positivos en fatiga, fuerza o calidad de vida (Baumann et al., 2013). Otros estudios han mostrado una relación directa entre el aumento de la actividad física regular y una mejor calidad de vida (Demark-Wahnefried et al., 2005). Precisamente, lograr mantener un nivel de actividad física regular es una de las principales barreras en el uso del ejercicio en oncología y en patología crónica grave pediátrica, sumado a una necesidad de mejora en la evidencia disponible (Huang & Ness, 2011; Winter et al., 2010) o al hecho de añadir terapias complementarias que faciliten la incorporación de programas de ejercicio clínico (Ahmad

et al., 2020). La realidad virtual ha mostrado ser útil en el manejo de procesos dolorosos y de ansiedad en pacientes jóvenes durante el proceso de tratamiento de cáncer, como elemento distractor de la atención y contribuyendo a dar apoyo emocional (Czech et al., 2023).

Por otro lado, el uso de esta herramienta, en su formato de realidad virtual inmersiva (RVI), aquella que se lleva a cabo con la provisión de un *head-mounted display* (HMD), como terapia física para mejorar aspectos físicos y funcionales, ha sido utilizado con éxito en personas mayores o en patologías neurológicas como Parkinson o Esclerosis múltiple (Campo-Prieto, Cancela Carral, Machado de Oliveira, et al., 2021) Principalmente estos estudios presentan el uso de exergames (videojuegos activos) comerciales y han reportado su factibilidad y seguridad, destacando además que resulta un elemento altamente motivador para conseguir promocionar la actividad física y consolidar su práctica regular (Campo-Prieto, Cancela-Carral, & Rodríguez-Fuentes, 2022b). Incluso hay reportes prometedores de su uso en rehabilitación ortopédica (Combalia, Sanchez-Vives, & Donegan, 2024), en procesos dolorosos (Álvarez de la Campa Crespo, Donegan, Amestoy-Alonso, et al., 2023) o en personas con secuelas post ictus y con intervenciones llevadas a cabo en ámbito domiciliario (Erhardsson et al., 2020).

Por todo ello, nuestra hipótesis se basa en que el uso de un programa de ejercicio con RVI aplicado en ámbito domiciliario, podría facilitar el acceso a una práctica regular de actividad física, mejorando capacidades físicas y funcionales en niños y adolescentes que afrontan procesos como los mencionados e impactar de forma positiva en su bienestar emocional.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, no hay estudios en este campo. En base a nuestras experiencias previas, consideramos que un programa virtual inmersivo de ejercicio terapéutico puede ser factible y seguro en población pediátrica oncológica y/o con patología crónica grave y podría mejorar capacidades físicas y funcionales. Por este motivo, en este artículo se presenta un estudio de caso donde un superviviente de una Enfermedad de Castleman multicéntrica idiopática (ECMi) variante TAFRO, llevó a cabo un programa de ejercicio con RVI en ámbito domiciliario durante 8 semanas.

## Material y método

### Descripción del caso

El participante fue seleccionado por una pediatra del Hospital Álvaro Cunqueiro de Vigo, España y un fisioterapeuta clínico e investigador especializado en nuevas tecnologías y ejercicio. El participante tenía 17 años y presentaba una ECMi, variante TAFRO. La ECMi se caracteriza por presentar unos niveles elevados de IL-6 que da lugar a la aparición de síntomas sistémicos, hipergammaopatía policlonal, fiebre, astenia crónica severa, hiperinflamación, anemia y trombocitosis, entre otros síntomas. La variante TAFRO se desarrolla de forma más aguda habitualmente, y clínicamente predomina la astenia y la anasarca. El tratamiento inicialmente se

ha basado en el uso de corticoides a altas dosis u otros inmunosupresores como el micofenolato, que condicionan graves efectos secundarios. En los últimos años nuevos fármacos como el siltuximab, rituximab y tocilizumab han contribuido a la remisión clínica de estos pacientes permitiendo el ahorro en el uso de corticoides. Como antecedentes personales destaca una estenosis pulmonar severa con valvuloplastia a los 5 días de vida. Presenta actualmente estenosis valvular leve, insuficiencia pulmonar leve-moderada e insuficiencia aórtica leve. A los 12 años (2018) fue diagnosticado de Síndrome de activación macrofágica con presencia de fallo multiorgánico, microangiopatía trombótica, anasarca, pancitopenia, hipertensión arterial severa, proteinuria en rango nefrótico. Finalmente, no se estableció un diagnóstico causal. Desde el 2018 fue tratado con corticoides y micofenolato (por sospecha no confirmada de Síndrome de Evans). En 2023 es remitido a nuestra consulta por presentar adenomegalias con captación en rango patológico en PET y sospecha de síndrome linfoproliferativo. Tras la valoración del paciente se constata un cuadro clínico muy similar al del 2018, con deterioro progresivo y reaparición de toda la sintomatología mencionada. La biopsia ganglionar y de médula ósea confirma el diagnóstico patológico de ECMi, variante TAFRO. Con este diagnóstico se inicia tratamiento con corticoide a altas dosis, gammaglobulina inespecífica endovenosa, micofenolato y siltuximab. En control de los síntomas y las alteraciones analíticas se consigue tras 3 meses de tratamiento lo que permite descenso progresivo hasta la retirada de los corticoides. Pese a todo el tratamiento, no se consigue la remisión completa de los síntomas, persistiendo en todo momento la astenia, atrofia muscular y debilidad generalizada que le impiden realizar una vida normal.

### Intervención

El participante llevó a cabo una intervención con RVI de 8 semanas de duración en ámbito domiciliario. El programa incluyó sesiones de un *exergame* basado en boxeo adaptado. La variable principal a estudio fue la factibilidad del programa, registrando la adherencia a las sesiones, la seguridad y el número de eventos adversos. Las variables secundarias incluyeron la fuerza y funcionalidad de miembros superiores e inferiores, el riesgo de sufrir caídas, resistencia aeróbica y el tiempo de reacción. Se incluyó una valoración pre y otra post intervención.

### Preparación del participante

Se programó una reunión con el paciente y su madre para ofrecer información y explicaciones sobre el objetivo de la intervención y metodología planeada. Se le invitó a probar el equipo y diferentes *exergames* durante 20 min. Al término se le entregó consentimiento informado para que se lo llevase a casa y/o pudiera consultarlo con quien quisiera. A los 15 días y coincidiendo con una consulta médica, dio su consentimiento y lo entregó firmado.

### Hardware

El dispositivo elegido para llevar a cabo el estudio fue el

*Meta Quest 2* ([www.meta.com](http://www.meta.com) accessed on 12 de Julio 2023), compuesto por un HMD portátil y dos controladores (Figura 1).



Figura 1. Hardware usado en la intervención: Meta Quest 2.

Este dispositivo fue elegido por su carácter portátil que permite llevar a cabo intervenciones en cualquier lugar (incluyendo domicilios) y por la experiencia previa en el uso con éxito en otras investigaciones (Campo-Prieto, Cancela-Carral, & Rodríguez-Fuentes, 2022b). Solo se necesita un espacio reducido y una conexión a internet wifi (la ausencia de cables permite intervenciones más seguras minimizando el riesgo de caídas).

### Software

El software propuesto fue *Les Milles Body Combat* (disponible en la biblioteca de meta.com) (Figura 2). Este *exergame* está basado en una temática de boxeo y consigue que el participante realice una sesión de ejercicio multicomponente en un entorno completamente inmersivo. El participante, en bipedestación, debe responder a la presentación de estímulos inesperados con diferentes movimientos de los miembros superiores (*jab*, *cross* y *uppercut*) y de miembros inferiores (esquivos y sentadillas). Además, la posición de partida implica que un pie esté adelantado sobre el otro, disminuyendo la base de sustentación y provocando cierta inestabilidad que beneficia el trabajo de equilibrio. Otros aspectos del entreno incluyen la coordinación ojo-mano y la orientación visuoespacial. Además de la música que acompaña al juego, la voz de un narrador proporciona *feedback* al participante y le felicita en cada acierto. Existen diferentes niveles de dificultad y de tiempo de juego.

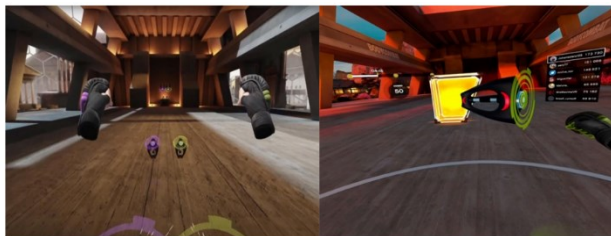


Figura 2. Pantallazos del software *Les Milles Body Combat*.

### Sesiones domiciliarias

Se animó al participante a completar 1 o 2 sesiones semanales en función de su capacidad, actuación y estado de

salud durante las 8 semanas que contó con el equipo. Se fijó un nivel inicial de principiante con una sesión de cerca de 4.30 min de duración. Se propuso elevar el nivel si se cumplía un mínimo de desempeño. De esta forma el software puede identificar cada sesión y su desempeño para sugerir seguir o aumentar el nivel de la próxima sesión.

Se recordó la necesidad de detener la sesión si sentía cualquier tipo de indisposición relacionado con mareo o malestar general. También se pidió al paciente registrar en un diario datos de cada sesión (fecha, duración, aspectos generales del *exergame*, nivel de esfuerzo percibido y realizado o posibles eventos adversos). Por último, se facilitó a sus padres un número de teléfono de contacto de los investigadores para cualquier eventual necesidad de soporte

### Valoraciones

Antes de las valoraciones iniciales se llevó a cabo una entrevista para conocer las características sociodemográficas del participante: varón, 17 años, 67,8 kg y 1,85 cm (IMC 19,81).

Se llevaron a cabo dos valoraciones pre y post intervención (18/7 – 12/9) de las siguientes variables a estudio:

### Variable principal

La variable principal a estudio fue la factibilidad del programa. Para su evaluación se registró la adherencia a las sesiones propuestas, la seguridad a través de la escala SSQ (*Simulator Sickness Questionnaire*) versión española (Campo-Prieto, Rodríguez-Fuentes, & Cancela Carral, 2021) y que evalúa la posible sintomatología relativa al *cybersickness* (Kennedy et al., 1993); la usabilidad del equipo a través de la escala SUS (*System Usability Scale*) (Brooke, 1995; Hedlefs Aguilar & Garza Villegas, 2016), el registro de los eventos adversos no relacionados con la exposición virtual, las experiencias personales tras el juego a través del *Game Experience Questionnaire* (GEQ-*post game*) (Ijsselsteijn & de Kort, 2013) y de un cuestionario de satisfacción *ad hoc*.

### Variables secundarias

Las variables secundarias incluyeron dominios físicos y cognitivos. Para valorar las capacidades físicas se evaluó la fuerza de miembros inferiores con el *Five times sit to stand test* (FTSST) (Goldberg et al., 2012), la funcionalidad de miembros inferiores y el riesgo de sufrir caídas con el *Timed up and go* (TUG) (Podsiadlo & Richardson, 1991) y la resistencia aeróbica evaluada con el *2 minutes step test* (Quinn et al., 2020; Rikli & Jones, 1999). Para valorar las capacidades cognitivas se midió el tiempo de reacción con el software de realidad virtual *Rezzil* y la interferencia de una tarea cognitiva sobre la funcionalidad con el TUG-cognitivo (se propuso una cuenta regresiva desde 54 restando de 3 en 3 y sin penalizar los errores). Todas las valoraciones se llevaron a cabo en una sala de consulta del hospital, fueron llevados a cabo por un fisioterapeuta con experiencia y, para las variables secundarias, se realizaron dos intentos, escogiendo el mejor de ellos. Para el FTSST y el *2 min step* solo se realizó uno debido a la elevada exigencia de la prueba y para no

contaminar la repetición en base a cansancio o fatiga previa.

Finalmente, señalar que, en cada sesión se medía la frecuencia cardíaca (con una pulsera *My Smart Band 4* y la aplicación *My Fit 4.0.14* de Xiaomi, Hiadian, Beijing), así como, tras cada sesión de tratamiento, se le preguntaba por el esfuerzo percibido, medido con la escala modificada de Borg de 0 a 10 (Borg, 1982).

## Resultados

Después de 8 semanas se programó un encuentro en el

hospital para una sesión de valoración, para la entrega de los diarios y para la devolución del equipo.

Con respecto a la factibilidad y seguridad del programa propuesto, se realizaron un total de 15 sesiones (se habían pedido un mínimo de 8 y un máximo de 16). En la Tabla 1 puede observarse las características de cada una de ellas y en la figura 3 la gráfica de puntuación para cada sesión. No se reportaron efectos adversos vinculados a la exposición virtual (sin síntomas en el SSQ) y la usabilidad fue considerada como muy buena (SUS = 95/100).

Tabla 1. Diario de sesiones: score, tiempo de juego, esfuerzo percibido y realizado y eventos adversos.

Sesión	Fecha	Score	Tiempo de juego	Borg (0-10)	Frecuencia cardiaca media y máxima	Eventos adversos
1	19/7	100K	4:20	7	110-127	
2	21/7	125K	4:20	6	105-125	Dolor de espalda
3	25/7	115K	4:20	6	107-125	Dolor de espalda
4	28/7	140K	5:35	7	109-120	Dolor de espalda
5*	6/8	165K	5:35	6	108-119	Dolor de espalda
6	15/8	173K	5:35	6	100-110	
7	16/8	---	(incompleto 5:35)	---	---	Enfermo con tos
8	17/8	---	(incompleto 5:35)	---	---	Enfermo con tos
9	23/8	197K	5:35	6	99-108	
10	26/8	226K	8:35	8	101-109	
11	27/8	---	(incompleto 8:35)	---	---	Enfermo con tos
12	30/8	179K	8:35	6	107-118	
13	31/8	247K	8:35	7	100-120	
14	5/9	----	(incompleto 8:35)	8	----	No se sentía con fuerza
15	8/9	264K	8:35	7	98-113	

\* En la semana 31/7 - 6/8 solo se realizó una sesión por estar de vacaciones.



Figura 3. Evolución del score en el exergame a lo largo de las sesiones

En la Tablas 2 y 3 se muestran, por un lado, las expe-

riencias personales medidas con el GEQ, destacando las experiencias positivas (2,33/4), y, por otro, el elevado nivel de satisfacción para con el programa virtual, destacando en el cuestionario *ad hoc* que repetiría la experiencia, la recomendaría y la consideraba útil para otras personas en su situación. También es destacable la opinión reflejada por sus progenitores.

Tabla 2. Marcadores para el Game Experience Questionnaire divididos por dimensiones.

Game Experience Questionnaire	Scores
Experiencias positivas	2.33/4
Experiencias negativas	0/4
Cansancio	1.5/4
Vuelta a la realidad	0/4

Tabla 3. Cuestionario de satisfacción *ad hoc*.

Preguntas	Respuestas
¿Cómo ha sido la experiencia?	Útil y entretenida
¿Qué te ha gustado más?	La interacción con los entornos virtuales (son bastante reales).
¿Ha habido algo que no te ha gustado?	En alguna ocasión el ajuste del equipo.
¿Repetirías la experiencia?	Sí
¿La recomendarías?	Sí
¿Consideras que puede ser útil para personas como tú?	Sí, porque te saca de la realidad y te permite hacer ejercicio sin darte cuenta. - Permite una pauta variable en función de mi estado de salud en cada momento.
Comentarios libres	- La vía me limitaba el hacer algunas sesiones, restringía mis movimientos por autoprotección. El 22 de agosto me la retiraron y noté mejoras en el movimiento de ese brazo.
Comentarios progenitores	En casa percibimos que el programa le ilusionó mucho, se lo contaba a todo el mundo y, en un momento en el que estaba bastante bajo de moral, le sacó de la rutina.

Con respecto a los dominios físicos y cognitivos, los resultados fueron, de forma general, sensiblemente mejores en la valoración postintervención, destacando mejoras por encima del 30% en la fuerza y funcionalidad de miembros

inferiores, incluso bajo la interferencia de una tarea cognitiva. Además, se realizaron cálculos del tamaño del efecto a través de la *d* de Cohen. Por convención, Cohen consideró que el tamaño del efecto, medido con la conocida como *d*

de Cohen, podría ser pequeño ( $\leq 0,2$ ), moderado ( $0,3-0,7$ ) o grande ( $\geq 0,8$ ), y que un valor de tamaño del efecto de  $0,5$  (aunque moderado) era clínicamente relevante (Cohen 1989). Así se observaron mejoras con relevancia clínica para la prueba FTSST (36,8%) y TUG-cognitivo (37,4%). El *2 min step test* (26,6%) y el *Hand Grip* en la mano dominante (14,2%) también mostraron mejoras con relevancia clínica en la resistencia aeróbica y la fuerza de prensión respectivamente. El total de los resultados se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4.  
Resultados en los dominios físicos y cognitivos antes y después de la intervención, porcentaje de mejora y d de Cohen

	PRE		POST		% Dif.	d Cohen
	1º	2º	1º	2º		
	intento	intento	intento	intento		
TUG	8.16	7.48	5.15	5.32	31.1	0.35
TUG cognitivo	11.22	9.74	7.24	6.10	37.4	0.93
Hand Grip derecha*	42.2	41.8	48.2	46.0	14.2	0.89
Hand Grip izquierda	37.0	34.2	35.2	37.6	1.6	0.46
FTSST	14.91	---	9.43	---	36.8	0.93
2 min step test	64	---	81	---	26.6	0.86
Tiempo de respuesta REZZIL	0.398	0.410	0.427	0.400	-0.5	0.76

\*mano dominante del participante; FTSST: Five times sit to stand test; TUG: Timed up and go;

## Discusión

Este estudio de caso evaluó la factibilidad y seguridad de un programa de ejercicio terapéutico llevado a cabo con un *exergame* de RVI en ámbito domiciliario durante 8 semanas. La adherencia a las sesiones fue muy buena, puesto que se pidió realizar 1 o 2 semanas semanales y, finalmente, se completaron un total de 15 sesiones. Como se pudo observar en los resultados, la capacidad de motivación fue elevada puesto que su práctica se llevó a cabo incluso cuando existía dolor (en las primeras sesiones) o cuando el participante se encontraba enfermo. Al igual que lo hallado en otros estudios, lo cautivadora de la experiencia parece lograr un grado de cumplimiento muy alto con el programa de ejercicio, en colectivos que *a priori* pueden presentar diferentes barreras en el acceso a la práctica de actividad física regular como personas mayores (Campo-Prieto, Cancela-Carral, & Rodríguez-Fuentes, 2022a) o enfermos neurológicos crónicos (Campo-Prieto, Rodríguez-Fuentes, & Cancela-Carral, 2021). También es destacable, que el participante decidió y consideró ir aumentando la duración e intensidad de la tarea, jugando más tiempo (casi el doble entre la sesión 1 y la sesión 15), mejorando su desempeño y realizando un ejercicio de nivel moderado a intenso desde el punto de vista cardiorespiratorio (escala de Borg 6-8/10) y que, por lo visto en otros trabajos actuales, también podría haber influido en parámetros fisiológicos (Rodríguez-Fuentes, Campo-Prieto, Souto, et al., 2024).

No se reportaron efectos adversos vinculados a la exposición inmersiva y tanto los valores de usabilidad, las experiencias personales y las respuestas del cuestionario de satisfacción mostraron que la propuesta fue adecuada (recomen-

dable a otras personas en su situación) pero también ajustada a los objetivos terapéuticos perseguidos (“te saca de la realidad y te permite realizar ejercicio sin darte cuenta” o “permite una pauta variable en función de mi estado de salud en cada momento”). Estos resultados van en línea con lo hallado en otros estudios que usaron programas de RVI con *exergames* comerciales en otras poblaciones (Campo-Prieto, Cancela-Carral, Alsina-Rey, et al., 2022; Erhardsson et al., 2020).

Con respecto a las variables secundarias, se evaluaron capacidades físicas y funcionales de miembros inferiores y superiores. Con respecto a los inferiores hubo una mejora sustancial entre el pre y el post en el desempeño de la prueba FTSST (36,8%) indicando aumento de fuerza en el tren inferior y mejoras en el TUG (31,1%) y TUG-cognitivo (37,4%) indicando mayor autonomía funcional, mejor equilibrio y disminución en el riesgo de sufrir caídas. Este aumento en las capacidades de los miembros inferiores generó también mejoras en el *2 min step test*, que indica además mejoras en la resistencia aeróbica. Curiosamente un *exergame* con temática de boxeo consigue mejorar aspectos ligados al tren inferior, debido al trabajo en bipedestación, con base de sustentación reducida o que requiere de esquivos y sentadillas.

Con respecto a los miembros superiores, se produjo un aumento de la fuerza de prensión (sobre todo en la mano dominante) aunque es importante tener en consideración que la vía puede dificultar ciertos movimientos. El paciente comentó que cuando se le retiraron (en la 4ª semana de intervención) se sintió más cómodo. En nuestras experiencias previas usando *exergames* similares, también se hallaron mejoras en estos aspectos (Campo-Prieto, Cancela-Carral, Alsina-Rey, et al., 2022; Campo-Prieto, Cancela-Carral, & Rodríguez-Fuentes, 2022a).

Para terminar y, con respecto a los dominios cognitivos, los tiempos de reacción fueron mantenidos (muy ligero empeoramiento) y el TUG-cognitivo mostró un mejor desempeño de dos tareas simultáneas y no relacionadas (motora y cognitiva). Esta disparidad, sugiere que se puedan incorporar otras pruebas más específicas para indagar en el impacto en dominios cognitivos.

Aunque no fue objetivo de investigación en nuestro estudio, parece ser que la intervención mejoró el dolor de espalda (reportado por el paciente en las sesiones 2-5). Esto podría tener que ver con estrategias de distracción del dolor a través de la realidad virtual, como han mostrado otros estudios (Matamala-Gomez et al., 2020), incluso con el *embodiment virtual* (Matamala-Gomez et al., 2022), aunque, desde nuestro punto de vista, la práctica del *exergame* seleccionado ha logrado, en vista de los resultados, un mejor acondicionamiento físico y un trabajo específico de miembros inferiores y de *core* contribuyendo a disminuir el dolor lumbar.

También aspectos ligados a la salud mental parecen haber sido influidos por la práctica del programa virtual, ya que, aunque no fueron evaluados de forma directa, los co-

mentarios de los progenitores apuntan a un impacto positivo en el bienestar emocional del paciente (“En casa percibimos que el programa le ilusionó mucho, se lo contaba a todo el mundo y, en un momento en el que estaba bastante bajo de moral, le sacó de la rutina”). Por lo tanto, sería recomendable incluir evaluaciones de dolor y de salud mental en futuros estudios con *exergames* con el objetivo de conocer los resultados en la salud integral de los pacientes.

Con todo lo expuesto, este estudio de caso es ilusionante, presenta resultados prometedores y parece ser de fácil implementación puesto que los dispositivos empleados están comercialmente disponibles y con un coste económico razonable.

De todas formas, y debido al diseño del estudio, los resultados no pueden ser generalizados a población con patología crónica grave pediátrica. Tampoco el tipo de síndrome mostrado es habitual en la práctica clínica, por lo que los hallazgos están restringidos al caso mostrado. Sin embargo, abre la puerta a futuras intervenciones que usen *exergames* inmersivos en el campo de la oncología pediátrica.

## Conclusiones

La incorporación de estrategias basadas en ejercicio terapéutico parece muy pertinente durante todo el proceso que envuelve al tratamiento y manejo de procesos oncológicos y en patología crónica grave pediátrica. Este estudio destaca una aproximación novedosa para lograr acercar la práctica regular de actividad física a través de *exergames*, mostrando potenciales beneficios en las capacidades físicas y funcionales del paciente y, sugiriendo, además, una mejora en su bienestar emocional a través de estrategias distractoras. Sin embargo, son necesarias futuras investigaciones con estudios de mayor calidad metodológica para confirmar los hallazgos mostrados en este estudio de caso.

## Referencias

- Ahmad, M., Bani Mohammad, E., & Anshasi, H. A. (2020). Virtual Reality Technology for Pain and Anxiety Management among Patients with Cancer: A Systematic Review. *Pain Management Nursing*, 21(6), 601-607. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2020.04.002>
- Álvarez de la Campa Crespo M, Donegan T, Amestoy-Alonso B, Just A, Combalía A, Sanchez-Vives MV. (2023). Virtual embodiment for improving range of motion in patients with movement-related shoulder pain: an experimental study. *J Orthop Surg Res*. 18(1):729. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04158-w>.
- Baumann, F. T., Bloch, W., & Beulertz, J. (2013). Clinical exercise interventions in pediatric oncology: A systematic review. *Pediatric Research*, 74(4), 366-374. <https://doi.org/10.1038/pr.2013.123>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4-7.
- Campo-Prieto, P., Cancela Carral, J. M., Machado de Oliveira, I., & Rodríguez-Fuentes, G. (2021). Realidad Virtual Inmersiva en personas mayores: estudio de casos (Immersive Virtual Reality in older people: a case study). *Retos*, 39, 1001-1005. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78195>
- Campo-Prieto, P., Cancela-Carral, J. M., Alsina-Rey, B., & Rodríguez-Fuentes, G. (2022). Immersive Virtual Reality as a Novel Physical Therapy Approach for Nonagenarians: Usability and Effects on Balance Outcomes of a Game-Based Exercise Program. *Journal of Clinical Medicine*, 11(13), 3911. <https://doi.org/10.3390/jcm11133911>
- Campo-Prieto, P., Cancela-Carral, J. M., & Rodríguez-Fuentes, G. (2022a). Feasibility and Effects of an Immersive Virtual Reality Exergame Program on Physical Functions in Institutionalized Older Adults: A Randomized Clinical Trial. *Sensors*, 22(18), 6742. <https://doi.org/10.3390/s22186742>
- Campo-Prieto, P., Cancela-Carral, J. M., & Rodríguez-Fuentes, G. (2022b). Wearable Immersive Virtual Reality Device for Promoting Physical Activity in Parkinson's Disease Patients. *Sensors*, 22(9), 3302. <https://doi.org/10.3390/s22093302>
- Campo-Prieto, P., Rodríguez-Fuentes, G., & Cancela Carral, J. M. (2021). Traducción y adaptación transcultural al español del Simulator Sickness Questionnaire (Translation and cross-cultural adaptation to Spanish of the Simulator Sickness Questionnaire). *Retos*, 43, 503-509. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.87605>
- Campo-Prieto, P., Rodríguez-Fuentes, G., & Cancela-Carral, J. M. (2021). Immersive Virtual Reality Exergame Promotes the Practice of Physical Activity in Older People: An Opportunity during COVID-19. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(9), 52. <https://doi.org/10.3390/mti5090052>
- Combalia A, Sanchez-Vives MV, Donegan T. (2024). Immersive virtual reality in orthopaedics a narrative review. *Int Orthop*. 48(1):21-30. <https://doi.org/10.1007/s00264-023-05911-w>
- Cohen J. (1989). Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences. *Acad Press*. 37-42
- Czech, O., Rutkowski, S., Kowaluk, A., Kiper, P., & Malicka, I. (2023). Virtual reality in chemotherapy support for the treatment of physical functions, fear, and quality of life in pediatric cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 11, 1039720. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1039720>
- Demark-Wahnefried, W., Werner, C., Clipp, E. C., Guill, A. B., Bonner, M., Jones, L. W., & Rosoff, P. M. (2005). Survivors of childhood cancer and their guardians: Current health behaviors and receptivity to Health Promotion Programs. *Cancer*, 103(10), 2171-2180. <https://doi.org/10.1002/cncr.21009>

- Erhardsson, M., Alt Murphy, M., & Sunnerhagen, K. S. (2020). Commercial head-mounted display virtual reality for upper extremity rehabilitation in chronic stroke: A single-case design study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *17*, 154. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00788-x>
- Goldberg, A., Chavis, M., Watkins, J., & Wilson, T. (2012). The five-times-sit-to-stand test: Validity, reliability and detectable change in older females. *Aging Clinical and Experimental Research*, *24*(4), 339-344. <https://doi.org/10.1007/BF03325265>
- Graef, D. M., Crabtree, V. M., Srivastava, D. K., Li, C., Pritchard, M., Hinds, P. S., & Mandrell, B. (2018). Sleep and mood during hospitalization for high-dose chemotherapy and hematopoietic rescue in pediatric medulloblastoma. *Psycho-Oncology*, *27*(7), 1847-1853. <https://doi.org/10.1002/pon.4737>
- Hedlefs Aguilar, M. I., & Garza Villegas, A. A. (2016). Análisis comparativo de la Escala de Usabilidad del Sistema (EUS) en dos versiones. *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, *5*(10), 44. <https://doi.org/10.23913/reci.v5i10.48>
- Huang, T.-T., & Ness, K. K. (2011). Exercise Interventions in Children with Cancer: A Review. *International Journal of Pediatrics*, *2011*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2011/461512>
- Ijsselsteijn, W. A., & de Kort, Y. A. W. (2013). *The Game Experience Questionnaire*. Technische Universiteit Eindhoven.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, *3*(3), 203-220. [https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303\\_3](https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3)
- Matamala-Gomez, M., Nierula, B., Donegan, T., Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2020). Manipulating the Perceived Shape and Color of a Virtual Limb Can Modulate Pain Responses. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(2), 291. <https://doi.org/10.3390/jcm9020291>
- Matamala-Gomez, M., Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2022). Impact of virtual embodiment and exercises on functional ability and range of motion in orthopedic rehabilitation. *Scientific Reports*, *12*(1), 5046. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08917-3>
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, *39*(2), 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Quinn, S. E., Crandell, C. E., Blake, M. E., Bontrager, A. M., Dempsey, A. G., Lewis, D. J., Hamm, J. T., Flynn, J. M., Smith, G. S., & Wingard, C. J. (2020). The Correlative Strength of Objective Physical Assessment Against the ECOG Performance Status Assessment in Individuals Diagnosed With Cancer. *Physical Therapy*, *100*(3), 416-428. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz192>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Functional Fitness Normative Scores for Community-Residing Older Adults, Ages 60-94. *Journal of Aging and Physical Activity*, *7*(2), 162-181. <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.162>
- Rodríguez-Fuentes, G., Campo-Prieto, P., Souto, X. C., & Cancela Carral, J. M. (2024). Realidad virtual inmersiva y su influencia en parámetros fisiológicos de personas sanas (Immersive virtual reality and its influence on physiological parameters in healthy people). *Retos*, *51*, 615-625. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101164>
- Smith, M. A., Seibel, N. L., Altekruise, S. F., Ries, L. A. G., Melbert, D. L., O'Leary, M., Smith, F. O., & Reaman, G. H. (2010). Outcomes for Children and Adolescents With Cancer: Challenges for the Twenty-First Century. *Journal of Clinical Oncology*, *28*(15), 2625-2634. <https://doi.org/10.1200/JCO.2009.27.0421>
- Winter, C., Müller, C., Hoffmann, C., Boos, J., & Rosenbaum, D. (2010). Physical activity and childhood cancer. *Pediatric Blood & Cancer*, *54*(4), 501-510. <https://doi.org/10.1002/pbc.22271>

#### Datos de los autores/as:

Pablo Campo-Prieto	<a href="mailto:pcampo@uvigo.es">pcampo@uvigo.es</a>	Autor/a
Maria Tallón García	<a href="mailto:maria.tallon.garcia@hotmail.com">maria.tallon.garcia@hotmail.com</a>	Autor/a
Gustavo Rodríguez-Fuentes	<a href="mailto:gfuentes@uvigo.gal">gfuentes@uvigo.gal</a>	Autor/a
Jose M <sup>a</sup> Cancela-Carral	<a href="mailto:chemacc@uvigo.gal">chemacc@uvigo.gal</a>	Autor/a