

# EFICACIA DE UN TRATAMIENTO COMBINADO DE TERAPIA MANUAL CON REALIDAD MIXTA EN VARIABLES MOTORAS Y EN LA MODULACIÓN DEL DOLOR EN SUJETOS CON DOLOR CRÓNICO CERVICAL. ENSAYO CLÍNICO PILOTO

Irene Díaz-Rivas, PT<sup>1</sup>; Lisandro González-Campodónico, PT<sup>1</sup>; Marta Carlota Díaz-Sáez, MSc<sup>1,2</sup>; Miriam Garrigós-Pedron, PhD<sup>1</sup>; Josué Fernández-Carnero, PhD<sup>3,4,5</sup>; Hector Beltran-Alacreu, PhD<sup>2,6</sup>

1. Departamento de Fisioterapia, Facultad de Ciencias de la Salud. Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España
2. CranioSPain Research Group, Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle, Universidad Autónoma de Madrid, España.
3. Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional Rehabilitación y Medicina Física. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.
4. Unidad de Fisioterapia, Instituto de Investigación Hospital La Paz, IdiPAZ, Madrid, España.
5. Grupo Multidisciplinar de Investigación y Tratamiento del Dolor. Grupo de Excelencia Investigadora URJC-Banco de Santander, Madrid, Spain.
6. Grupo de Investigación en Fisioterapia de Toledo (GIFTO), Facultad de Fisioterapia y Enfermería, Universidad de Castilla-La Mancha, España

## Correspondencia:

Hector Beltran-Alacreu, PT, PhD.  
Grupo de Investigación en Fisioterapia de (GIFTO), Facultad de Fisioterapia y Enfermería, Universidad de Castilla-La Mancha, España  
Teléfono: (+34) 925 268 800  
E-mail: hector.beltran@uclm.es

## Conflicto de Intereses:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Este proyecto no ha sido presentado en ningún evento científico

## Financiación:

Este proyecto recibió financiación por valor 14.927€. El proyecto fue aprobado por el CSEU La Salle, con número de registro SPISAL033. Los autores certifican que no tienen participación financiera en ninguna organización que tenga un interés financiero directo en el tema o en los materiales tratados en el artículo.

## Comité de Ética:

1101201900519.

## DOI:

<https://doi.org/10.37382/jomts.v2i2.37>

## Recepción del Manuscrito:

3-Septiembre-2020

## Aceptación del Manuscrito:

4-Diciembre-2020

## Licensed under:

CC BY-NC-SA 4.0



[www.jomts.com](http://www.jomts.com)

## RESUMEN

**Introducción:** El dolor crónico de cuello puede generar una disminución en la fuerza resistencia de los músculos flexores cervicales profundos, así como un déficit de control motor. Además, algunos factores psicosociales y cambios neuroplásticos también pueden tener un papel importante en el dolor musculoesquelético crónico. En los últimos años, la realidad virtual se ha utilizado en rehabilitación clínica, logrando mejoras en el dolor, en el rango articular y en la discapacidad.

**Metodología:** Estudio piloto, analítico y experimental con simple ciego del evaluador en el cual participaron 14 sujetos con dolor cervical crónico inespecífico. Ambos grupos recibieron un tratamiento de 8 sesiones durante 4 semanas. Al grupo experimental (n=7) se le realizó un protocolo de terapia manual combinado con realidad virtual mixta como método de ejercicio mientras que al grupo control (n=7) se le llevó a cabo el protocolo de terapia manual y ejercicios convencionales. Se realizó una evaluación al inicio y al final de este. Las variables evaluadas fueron: resistencia (TRFC), propiocepción (JPE), dolor, satisfacción, umbrales térmicos, discapacidad y kinesiofobia.

**Resultados:** Los resultados fueron estadísticamente significativos en las variables motoras para ambos grupos. En el grupo experimental se encontraron mejoras en la resistencia de los flexores profundos ( $p=0,030$ ,  $d=-1,01$ ) y la propiocepción para el movimiento de extensión ( $p=0,005$ ;  $d=1,66$ ). Este grupo mostró altos niveles de satisfacción con el tratamiento. En el grupo control, se encontraron cambios significativos en la resistencia de los flexores profundos ( $p=0,008$ ,  $d=-1,08$ ), el dolor ( $p=0,002$ ;  $d=3,10$ ), la discapacidad ( $p=0,002$ ;  $d=1,96$ ) y los umbrales térmicos calientes en el codo y la pierna izquierdos ( $p=0,02$ ;  $p=0,04$ , respectivamente). En ningún grupo se encontraron diferencias significativas en la kinesiofobia.

**Conclusión:** El uso de realidad mixta puede ser útil para obtener mejoras en variables motoras y de satisfacción con la terapia en sujetos con dolor cervical crónico. Se necesitan futuros estudios que incluyan un tamaño muestral adecuado y periodo de seguimiento.

**Palabras clave:** Dolor de Cuello, Dolor Crónico, Tecnología, Realidad Mixta, Propiocepción.

## INTRODUCCIÓN

El Dolor de cuello (DC) es el segundo trastorno musculoesquelético más frecuente (Domingues et al., 2018). Se estima que su prevalencia anual para la población general puede llegar a ser del 50% (Haldeman et al., 2010). Se ha observado un aumento en la prevalencia de DC entre los años 2008/2009 y 2011/2012 en la población española (Palacios-Ceña et al., 2015) y también que, por lo general, es más alta en mujeres, en los países de ingresos altos y en las áreas urbanas (Hoy et al., 2010). Este genera un importante impacto sobre la función y la calidad de vida (Haldeman et al., 2010; Hoy et al., 2015), siendo un problema de salud que afecta a diferentes esferas, tanto a nivel individual como social y económico, en el que la resolución completa de los síntomas es inusual (Haldeman et al., 2010). Otros factores relacionados son la edad avanzada, altas demandas laborales y tener antecedentes de dolor lumbar o padecerlo (Blanpied et al., 2017).

Diferentes estudios indican que sujetos con DC pueden presentar alteraciones de coordinación en la sinergia entre la actividad de la musculatura cervical flexora profunda y la superficial, así como una disminución de la actividad de esta musculatura profunda, acompañada de fatigabilidad y una activación tardía de la misma, lo cual puede dar lugar a una capacidad disminuida en el control de los músculos flexores y extensores profundos (Falla et al., 2012; Meisingset et al., 2018). Las alteraciones en el movimiento cervical y de control motor aparecen con más frecuencia en pacientes con dolor de cuello que en sujetos sanos (Falla et al., 2012; Meisingset et al., 2018). Además, diferentes factores psicosociales, como conductas de miedo-evitación, catastrofismo, hipervigilancia o «estrés psicosocial», y cambios neuroplásticos mal adaptativos, pueden tener un importante papel en el dolor musculoesquelético persistente (Buscemi et al., 2017), teniendo como posible manifestación clínica cambios en los umbrales de detección térmicos o mecánicos (Malmström et al., 2016). La terapia manual combinada con ejercicio ha sido uno de los tratamientos más utilizados en los últimos años para tratar el DC (Blanpied et al., 2017).

En los últimos años, la realidad virtual (RV) ha sido una de las herramientas tecnológicas más usada e investigada en la rehabilitación clínica, presentando cada vez sistemas más asequibles que pueden ser usados tanto en entornos clínicos como domésticos (Thomas et al., 2016). La RV fue definida por Henderson et al., (2007) como un entorno interactivo y multisensorial que ocurre en tiempo real (Henderson et al., 2007). Por otra parte, la realidad aumentada (RA) fue definida por Milgram et al. (1994) como “una forma de realidad virtual donde el dispositivo situado en la cabeza del participante es transparente, lo que permite una visión clara del mundo real” (Wu et al., 2013). A diferencia de la RV, en la RA no se reemplaza el mundo real por uno virtual, por lo que el participante nunca pierde el contacto con el mundo real, pero puede interactuar con información o elementos virtuales. Se considera, por tanto, un complemento de la realidad: interactivo a tiempo real y registrado en 3D.

Recientemente aparece un nuevo concepto de realidad artificial: la realidad mixta (RM), la cual pretende combinar características de ambos tipos de tecnología, tanto de RV como de RA, de manera que permite al usuario ver el mundo real que lo rodea junto con objetos virtuales realistas con los que puede interactuar (Brigham, 2017). La diferencia entre la RM y la RA es que la primera permite al usuario experimentar profundidad y perspectiva (Brigham, 2017).

La RM presenta tres características principales: combinación de la realidad y el mundo artificial, interacción en tiempo real y concordancia precisa (Hu et al., 2019). Un ejemplo de dispositivo que ha sido etiquetado como RM es el dispositivo *Microsoft HoloLens*, el cual permite al usuario interactuar con su entorno utilizando hologramas al tiempo que interactúa con sus sentidos, ofreciendo así una experiencia inmersiva. Dentro de la fisioterapia, RA y RV son utilizadas sobre todo en neurorrehabilitación, habiendo demostrado su eficacia, generando, entre otros, mejoras en el rendimiento motor (Perez-Marcos et al., 2017). Respecto al tratamiento del dolor, existe evidencia creciente en los últimos años que sugiere el uso de la

RV como un método de manejo del dolor, sin embargo, la evidencia a día de hoy es limitada y contradictoria para los diferentes tipos de dolor (Mallari et al., 2019). También se considera importante orientar el movimiento a una tarea concreta, para que así se produzca el fenómeno de distracción a la atención de señales nociceptivas, lo cual se logra de manera más sencilla con los dispositivos de RV (Sarig Bahat et al., 2013). Si bien la RV ha sido más estudiada en diferentes procesos de rehabilitación, la RM no lo ha sido en el campo de la rehabilitación y el dolor.

Por este motivo, el principal objetivo del presente estudio es observar los efectos generados por un protocolo de terapia manual combinado con realidad virtual mixta comparado con terapia manual y ejercicios convencionales en la resistencia de los flexores cervicales y el control motor cervical de sujetos con dolor cervical crónico inespecífico. Además, se busca evaluar cambios en los umbrales térmicos, la kinesiofobia, la intensidad del dolor y la discapacidad en ambos tipos de abordaje. Por último, al tratarse de un estudio piloto, obtener estimaciones iniciales para la obtención del tamaño de la muestra en un futuro ensayo clínico.

## MÉTODOS

Se trata de un ensayo clínico piloto. El protocolo del ensayo se escribió acorde a la guía metodológica CONSORT, empleando su extensión para estudios piloto (Eldridge et al., 2016).

Este estudio se llevó a cabo bajo la aprobación del comité de ética de la Universidad Rey Juan Carlos (Madrid, España) y fue registrado <https://clinicaltrials.gov/> con número de registro NCT03903380. El estudio tuvo lugar en el Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle desde abril de 2019 hasta noviembre de 2019.

El equipo investigador estuvo formado por fisioterapeutas. Los dos encargados de aplicar el tratamiento eran alumnos de Máster con menos de un año de experiencia clínica. Se trata de un estudio con ciego simple del evaluador, en el que el grupo de tratamiento al que había sido asignado a cada

paciente no fue conocido por el evaluador hasta el final del estudio.

### Selección de pacientes

Mediante flyers en el propio centro donde se llevaba a cabo el estudio, información boca a boca, emails a los trabajadores y familiares, se intentó captar la muestra para pasar los criterios de inclusión y exclusión del estudio.

Por un lado, como criterios de inclusión se tuvo en cuenta que los participantes cumplieren con los siguientes requisitos: sexo masculino o femenino, edad comprendida entre los 18-65 años, tener DC persistente durante los últimos 3 meses o más o DC intermitente durante 6 meses o más, y presentar una puntuación superior a los 5 puntos o al 10% en el cuestionario índice de discapacidad cervical (IDC).

Por otro lado, los participantes no podían presentar ninguno de los siguientes criterios de exclusión: haber tenido latigazo o fracturas cervicales de menos de 10 años de evolución, presentar patología vestibular, radiculopatía, alteraciones neurovasculares, epilepsia u otras condiciones neurológicas, enfermedades sistémicas, trastornos cardiovasculares o respiratorias que afectasen al rendimiento físico, cirugía ocular de Lasik o estar embarazada.

### VARIABLES EVALUADAS

#### - Resistencia de los flexores cervicales

Como variable principal se emplea el test de resistencia de los flexores cervicales (TRFC) para valorar la resistencia de los músculos flexores profundos cervicales. Para realizar la prueba, el sujeto se sitúa en decúbito supino con sus manos descansando sobre el abdomen. Desde esta posición, se pide al paciente que realice un movimiento de retracción máxima con su barbilla (posición de doble mentón). Una vez situado, se indica al paciente que eleve su cabeza y cuello hasta una altura de 2,5 cm aproximadamente. El test se detiene si se produce alguno de los siguientes sucesos: pérdida del doble mentón, apoyo de la cabeza del paciente en los dedos del terapeuta durante más de 1 segundo, pérdida de contacto con los dedos del terapeuta o incapacidad para continuar con el test (Domenech et al., 2011).

Esta prueba mostró un moderado fiabilidad para el dolor de cuello (correlación intraclase, 0,67) con  $24,1 \pm 12,8$  segs (Harris et al., 2005). Además, el mínimo El cambio detectable para esta prueba es de 17,8 segundos (Harris et al., 2005).

#### - Propiocepción cervical

Mediante el Cervical Joint Position Error Test (JPE) se valoró la propiocepción a nivel cervical y el error en la sensación de posición articular. La sensación de posición articular es la habilidad para reproducir y percibir posiciones o rangos de movimiento de una articulación previamente predeterminados. En esta prueba, por tanto, se evalúa la precisión de un individuo que se encuentra con los ojos tapados para recolocar su cabeza en una posición previamente prestablecida (posición neutra habitualmente) después de un movimiento cervical (de Vries et al., 2015). Se utilizó un protocolo fiable en la medición (Strimpakos et al., 2006).

#### - Intensidad de dolor

Se utilizó la Escala Visual Analógica (EVA): se trata de una escala de 100 milímetros (mm), en la cual el paciente debe hacer una marca para indicar la intensidad de su dolor, siendo su valor mínimo 0, que representa la ausencia de dolor y el valor máximo es 10, representando el peor dolor. Es fácilmente reproducible ya que tiene buena correlación con otras escalas descriptivas, y a su vez buena sensibilidad y confiabilidad (Jensen et al., 1999). El cambio clínicamente relevante es de 30 mm (Lee et al., 2003).

#### - Umbrales térmicos

Thermotest Qsens: evalúa cuantitativamente los umbrales térmicos como el calor, el frío y la sensación de dolor por calor o frío. Proporcionan un perfil somato-sensorial comprensivo. Se ha observado que, en pacientes con trastornos sensoriales de diferentes etiologías, las pruebas sensoriales cuantitativas son un valioso instrumento de diagnóstico con una buena confiabilidad interobservador y test-retest (Geber et al., 2011). La evaluación de los umbrales de dolor térmico se realizó con el dispositivo Medoc Q-sense, empleando

el protocolo de límites para la detección de los umbrales de dolor ante estímulos calientes y fríos. El termodo ( $9 \text{ cm}^2$ ) se situó sobre las regiones a evaluar y se fijó con un velcro. Se valoraron los umbrales térmicos en la región lateral del codo (C5), 2 cm distal al epicóndilo derecho e izquierdo y en el 1/3 proximal de la tibia (L4), 2 cm lateral y 1 proximal a la tuberosidad tibial, también de forma bilateral. Para la realización del test, la temperatura ( $T^a$ ) de inicio se estableció en  $32^\circ\text{C}$ , con una ratio de cambio de  $T^a$  de  $1^\circ\text{C}$  por segundo. Los pacientes debían detener el incremento o el descenso de la  $T^a$  en el momento que detectaran el estímulo como doloroso (Dapunt et al., 2018), si los participantes no detenían el test de forma voluntaria, el dispositivo lo hacía automáticamente al alcanzar  $50^\circ\text{C}$  para los estímulos calientes y a los  $20^\circ\text{C}$  para los fríos. La unidad de medida es en grados centígrados ( $^\circ\text{C}$ ).

#### - Miedo al movimiento

El miedo relacionado con el dolor musculoesquelético fue evaluado con la Escala de Tampa para Kinesiofobia (TSK-11). Está compuesta por 11 afirmaciones, en las que el paciente tendrá que puntuar del 1 al 4, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 4 totalmente de acuerdo. Cuanto mayor puntuación mayor será el miedo al dolor relacionado con el movimiento. Presenta una confiabilidad test-retest alta (Weermeijer and Meulders, 2018).

#### - Discapacidad cervical

Se utilizó el Índice de Discapacidad Cervical (IDC). Consta de 10 secciones, con seis opciones cada una. El sujeto señala una sola opción por sección, siendo la puntuación mínima un 0 y la máxima un 5. De esta manera, la puntuación más baja posible sería un 0/50 y la máxima un 50/50. Los valores son directamente proporcionales a la discapacidad, por lo que, a mayor puntuación, mayor discapacidad. (Alfonso Andrade Ortega et al., 2008; MacDermid et al., 2009).

### Procedimiento

Para la realización de este estudio, de forma inicial se reclutó la muestra de participantes, aquellos que cumplieron los criterios de inclusión y dieron su

consentimiento verbal y por escrito. En la valoración inicial se recogieron algunos datos demográficos que comprendían información sobre la edad, IMC y antecedentes personales. Después se cumplimentaron los cuestionarios referentes a las variables medidas en el estudio. Una vez recogida dicha información y realizada la evaluación previa al tratamiento, se procedió a realizar la intervención. Tras finalizar la última sesión de tratamiento, se realizó una última evaluación que incluía las mismas variables que la evaluación inicial.

## Intervención

Respecto a la intervención que se llevó a cabo, ambos grupos realizaron un total de 8 sesiones. Las 3 primeras correspondían a la aplicación de terapia manual ortopédica (TMO) y desde la 4ª sesión, junto con una última sesión de TMO, se introdujo el protocolo de ejercicios correspondiente a cada grupo, según tolerancia. Una vez finalizadas todas las sesiones de la intervención, se explicó a los participantes de ambos grupos ejercicios y pautas para que mantuvieran la región cervical en movimiento; los cuales se basaron en movimientos fisiológicos cervicales y estiramientos de la musculatura extensora cervical. El protocolo de intervención para cada grupo es el siguiente:

### - Grupo control

La intervención constó de dos partes, una primera en la que se llevó a cabo un tratamiento de TMO y una segunda parte en la que se realizaron ejercicios convencionales para el tratamiento de DC.

El protocolo empleado para la aplicación de terapia manual se basó en el propuesto por Beltrán-Alacreu et al. (2015). Este protocolo consistió en el empleo de movilizaciones pasivas específicas a nivel de las facetas articulares, movilización global de la columna cervical y manipulación de alta velocidad en la región dorsal. Se llevaron a cabo 4 sesiones de TMO, distribuidas en 2 sesiones semanales, entre las cuales debía haber un periodo de descanso de, al menos, 48 horas (Beltrán-Alacreu et al., 2015). Cada sesión de TMO tiene una duración aproximada de 30 minutos. A partir de la 4ª sesión, se incluyó la realización de ejercicios según tolerancia, que

consistieron en ejercicios de estabilización de la región cervical y auto-movilizaciones neurales, que se realizaban 2 veces por semana durante un periodo de 3 semanas. Estos ejercicios están dirigidos a fortalecer y mejorar la resistencia de los flexores y extensores profundos cervicales (Beltrán-Alacreu et al., 2015).

Un fisioterapeuta se encargó de enseñar y supervisar la realización de dichos ejercicios. Además, se explicó a los participantes que todos los ejercicios debían realizarse sin dolor y que, en caso de padecerlo, deberían cesar la actividad, de tal forma que en los pacientes que no disminuyese el dolor 2 puntos en la escala EVA o que presentasen molestias o dolor, no realizarían el protocolo de ejercicios o se

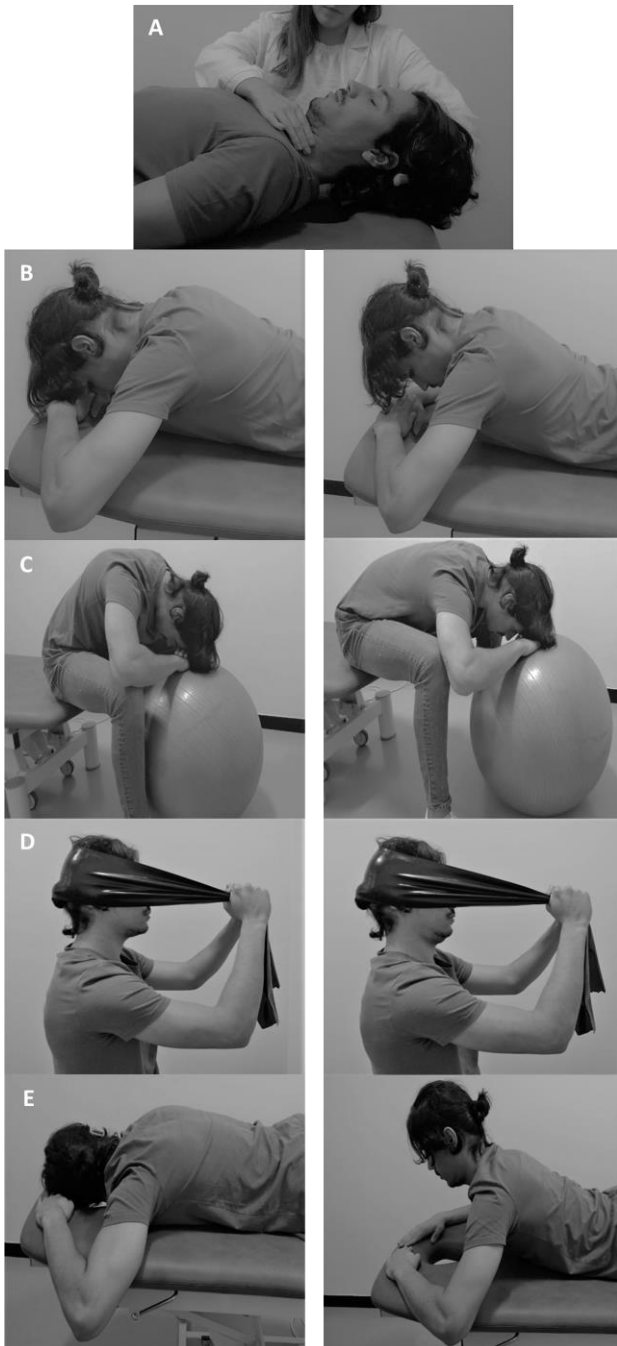
Figura 1. Protocolo de terapia manual ortopédica.



A: tracción oscilatoria (4 series de 15 repeticiones a 1 Hz); B: tracción craneocervical mantenida (4 series de 4 repeticiones, 10 segundos); C: movilización en flexión de cervicales superiores (4 series de 10 repeticiones de forma bilateral a ½-1 Hz); D: deslizamientos laterales (3 series de 10 repeticiones de forma bilateral); E: movilización antero-posterior cervical (4 series de 10 repeticiones de forma bilateral a ½-1 Hz); F: deslizamientos laterales sobre C1-C2 y C2-C3 (3 series de 10 repeticiones de forma bilateral a ½-1 Hz); G: manipulación torácica de alto impulso (máximo 2 manipulaciones); H: retracción cervical (4 series de 10 repeticiones).

pautarían los mismos en función de su tolerancia. El protocolo de TMO y ejercicios aparece descrito en la **Figura 1 y 2**.

**Figura 2.** Ejercicios convencionales para dolor cervical.



A: contracciones isométricas de los flexores profundos del cuello (5 series de 8-10 segs); B: contracciones isométricas de los extensores de cuello (5 series de 8-10 segs); C: automovilización neural con balón de ejercicios (fitball) (mantenimiento del estiramiento 10 - 12 segs, 5 veces); D: contracciones isotónicas de cabeza (3-4 series de 8-10 repeticiones); E: extensión en esfinge (5 series de 8-10 segs).

### - Grupo experimental

La intervención constó de dos partes, una primera en la que se llevó a cabo un tratamiento de TMO y una segunda parte en la que se empleó la RM como método de ejercicio. El mismo protocolo de terapia manual fue empleado en ambos grupos.

De igual manera que en el grupo 1, a partir de la 4ª sesión, se introdujo la RM como método de ejercicio. Para este grupo se empleó el dispositivo “Microsoft HoloLens Development Edition”, el cual es un equipo holográfico que permite interactuar con hologramas de alta definición en su entorno. La aplicación que se utilizó fue el software “Roboraid”, esta app es un shooter, el cual requiere el movimiento cervical para mover el puntero y poder jugar. En este “shooter” o juego de disparos en primera persona de realidad mixta, el usuario tiene que defender la habitación de una invasión de robots. A medida que estos robots atraviesan los muros de la habitación, el jugador debe mover su cabeza para evitar el fuego enemigo y eliminar a los invasores. Se emplean la mirada y gestos para apuntar a los enemigos, así como para esquivar sus ataques de fuego, que se acercan al jugador. Para eliminarlos, el jugador debe pulsar el botón del mando con la mano tras haber apuntado con su mirada, véase **Figuras 3 y 4**. Existen 3 niveles en el juego, y el “endless mode”. Los sujetos completaron el nivel 1 durante 2 primeras sesiones, y aquellos que superaron este nivel, en las siguientes sesiones continuaron con los niveles 2, y 3. Aquellos participantes que superaron el nivel 3 satisfactoriamente continuaron con el “endless mode”.

**Figura 3.** Gafas de realidad mixta Microsoft HoloLens Development Edition.



### Análisis estadístico de los datos y presentación de la información

El análisis de los datos se hizo con la versión 25.0 del programa estadístico SPSS para Windows (SPSS

Inc., Chicago, IL) a un nivel de  $\alpha$  de 0,05 para todas las pruebas. Se comprobó la normalidad de las variables de los 2 grupos de estudio mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se obtuvo una distribución normal de las variables en la prueba de Shapiro-wilk ( $P > 0,05$ ), excepto en las variables del thermostest ( $P < 0,05$ ). Las variables con distribución normal se expresan a través de la media ( $\pm$ desviación típica).

**Figura 4.** Desempeño del juego.



A: representación del uso de las gafas de RM durante el desempeño del juego; B: imágenes que ven los sujetos durante en el juego RoboraidTM.

Para comparar las variables cualitativas se utilizó la prueba estadística del chi-cuadrado y se presentan como un valor absoluto y el porcentaje de la frecuencia relativa [n (%)].

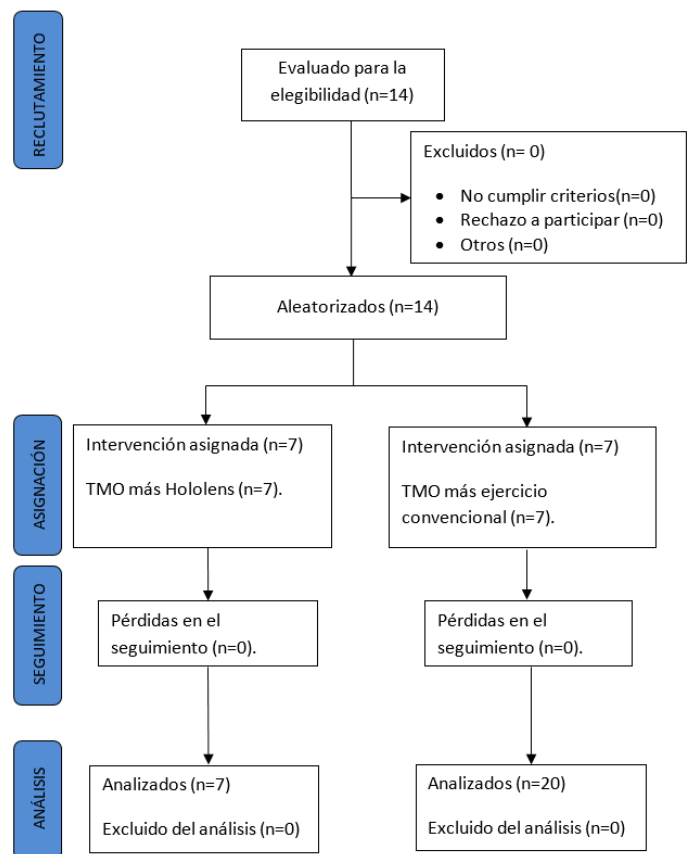
Se utilizó la prueba T de Student para muestras independientes y dependientes para todas las variables que cumplieron normalidad entre ambos grupos. La prueba de Levene mostró que se asumieron varianzas iguales para todas las variables salvo para el JPE post-tratamiento para el movimiento de extensión.

Como medida para analizar el tamaño del efecto se utilizó la  $d$  de Cohen. Según el método de Cohen, el efecto se consideró pequeño (0,2 a 0,49), medio (0,5 a 0,79) y grande ( $> 0,89$ ). Las variables que no cumplieron una distribución normal quedan representadas como mediana (1er y 3er cuartil). Las variables continuas no paramétricas fueron analizadas con la prueba U de Mann-Whitney para 2 muestras independientes y con la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Todas las pruebas estadísticas fueron interpretadas con un nivel de significancia del 5% ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Se reclutó una muestra total de 14 sujetos para la realización de este estudio piloto. 7 (50%) fueron asignados al grupo control y 7 (50%) al grupo experimental. En la **Figura 5** aparece representado un diagrama de flujo del protocolo del estudio en el cual no se obtuvieron pérdidas. La edad media de los participantes fue de 41 ( $\pm 15,89$ ) años para el grupo control y de 32 ( $\pm 11,32$ ) años para el grupo experimental, sin que existieran diferencias estadísticamente significativas en la distribución de la

**Figura 5.** Diagrama de flujo Consort.



edad entre ambos grupos ( $P = 0,23$ ). La media del IMC en el grupo control fue de 25,67 ( $\pm 2,84$ )  $\text{kg/m}^2$  y de 22,21 ( $\pm 3,65$ )  $\text{kg/m}^2$  en el grupo experimental.

Para el TRFC en el grupo control, se observan diferencias significativas únicamente en el pre-post para el TRFC ( $P = 0,01$ ). Sin embargo, en el grupo experimental, se observan diferencias significativas en el pre-post para el TRFC ( $P = 0,03$ ) y el movimiento de extensión ( $P = 0,01$ ) en el JPE. Para la

EVA en el grupo control, se encontraron diferencias significativas en el pre-post ( $P < 0,01$ ) pero no en el grupo experimental ( $P > 0,05$ ). Ninguno de los grupos, obtuvo diferencias significativas en el pre-post para la TSK-11 ( $P > 0,05$ ). Para el IDC el grupo control, obtuvo diferencias estadísticamente significativas en el pre-post ( $P < 0,01$ ). Sin embargo, el grupo experimental, no obtuvo diferencias significativas en el pre-post para dicha variable ( $P > 0,05$ ). La prueba de muestras independientes mostró diferencias estadísticamente significativas en el tiempo pre-intervención en el IDC ( $P > 0,05$ ). Los resultados se encuentran recogidos en la **Tabla 1**.

En cuanto a los umbrales térmicos el grupo control obtuvo diferencias significativas en el pre-post de estímulos calientes en el codo izquierdo ( $P = 0,02$ ). Sin embargo, en el grupo experimental, se observan diferencias significativas en el pre-post de la prueba de estímulos fríos en la pierna izquierda ( $P = 0,04$ ). La prueba de muestras independientes no mostró diferencias estadísticamente significativas para las variables somatosensoriales ( $P > 0,05$ ). Los resultados se encuentran recogidos en la **Tabla 2**.

Se calcula un tamaño muestral con el programa G\*Power 3. En base al tamaño del efecto ( $d$ ) obtenido del TRFP como variable principal del grupo experimental en este estudio. Para un tamaño del efecto  $d = 1,01$ , un error alfa  $\alpha = 0,05$  y un poder estadístico de 0,95 se obtiene un tamaño de la muestra de 22 sujetos en dos grupos. 44 sujetos añadiendo un 15% de pérdidas serían en total 50 sujetos (25 por grupo).

## DISCUSIÓN

Este estudio es el primero en aplicar la RM como método de tratamiento en el DCC. Se han observado mejoras en la resistencia y el control motor con el uso de RM. Del mismo modo, varios estudios han desarrollado investigaciones que emplean dispositivos de realidad artificial e investigan su relación con diferentes variables motoras, pero en patología neurológica. Los resultados de dichos estudios muestran mejoras en diferentes tareas motoras con la aplicación de RV, así como en tareas de equilibrio, marcha y propiocepción del miembro

superior (Kim et al., 2013; Perez-Marcos et al., 2017; Chen et al., 2018).

El presente estudio muestra resultados positivos para TRFC combinando la TMO y los ejercicios cervicales convencionales, lo cual concuerda con la literatura actual. Múltiples investigaciones han encontrado mejoras en la fuerza, la resistencia y la propiocepción cervical con protocolos de ejercicios cervicales convencionales (Gross et al., 2015; Blanpied et al., 2017; Blomgren et al., 2018). Sin embargo, se desconoce la existencia de estudios que involucren RV y evalúen los cambios en la variable resistencia de la musculatura de la región cervical. Sólo un artículo parece haber evaluado el uso de la RV como método de tratamiento en patología musculoesquelética (inestabilidad crónica de tobillo) encontrando mejoras en la fuerza para los movimientos del tobillo. No obstante, las mejoras fueron menores a las producidas con el tratamiento habitual (Kim et al., 2019). Los resultados obtenidos en el TRFC para ambos grupos se encuentran dentro de los valores normativos reportados por Olsen et al, quienes establecieron tiempos de 25 y 20 segundos para hombres y mujeres, respectivamente (Olson et al., 2006). Encontramos que el tamaño del efecto en las comparaciones pre-post test para ambos grupos fue muy grande ( $d = > 1$ ). Por lo tanto, cabe destacar que la intervención sobre el grupo experimental generó cambios en el TRFC, lo que podría sugerir que la intervención a través del movimiento cervical y la estabilización cráneo-cervical que se genera durante el desempeño del juego RoboraidTM con las gafas de RM combinado con la TM, puede ser eficaz para mejorar la resistencia de la musculatura flexora cervical.

Respecto al JPE, los valores obtenidos post intervención tanto en el grupo experimental como en el grupo control se encuentran dentro de los parámetros normativos para población asintomática para todos los movimientos según Alahmari et al., (2017a). Además, es importante mencionar que la intervención en el grupo experimental obtuvo un gran tamaño del efecto para el movimiento de extensión ( $d = 1,66$ ) mientras que el tamaño del efecto en el grupo control fue de pequeño a medio ( $d = 0,12 - 0,52$ ). Los resultados obtenidos se encuentran en



**Tabla 1.** Resultados T- student. Descriptivos y estadísticos de las variables con distribución normal.

Variable	Grupo	Media ( $\pm$ SD)			Muestras emparejadas P valor	IC (95%) (Inferior, Superior)	Tamaño Efecto d de Cohen
		Pre-intervención	Post-intervención	Post-intervención			
IDC (0-50)	Control (n= 7)	14,14 ( $\pm$ 3,89)	6,00 ( $\pm$ 4,40)	0,002*	(4,47; 11,82)	1,96	
	Experimental (n= 7)	8,57 ( $\pm$ 4,28)	6,00 ( $\pm$ 2,08)	0,185	(-1,63; 6,77)	0,76	
	P muestras independientes	0,03*	1,00				
EVA (0-100mm)	Control (n= 7)	37,44 ( $\pm$ 6,22)	14,00 ( $\pm$ 8,68)	0,002*	(13,00; 33,88)	3,10	
	Experimental (n= 7)	33,80 ( $\pm$ 27,79)	18,46 ( $\pm$ 11,34)	0,122	(-5,49; 36,17)	0,72	
	P muestras independientes	0,74	0,43				
TSK (11-44)	Control (n= 7)	20,14 ( $\pm$ 7,00)	18,00 ( $\pm$ 7,94)	0,307	(-2,56; 6,84)	0,29	
	Experimental (n= 7)	21,57 ( $\pm$ 4,79)	21,14 ( $\pm$ 5,87)	0,763	(-2,90; 3,76)	0,08	
	P muestras independientes	0,66	0,42				
TRFC (segundos)	Control (n= 7)	15,82 ( $\pm$ 7,76)	26,79 ( $\pm$ 12,05)	0,008*	(-17,91; - 4,03)	-1,08	
	Experimental (n= 7)	17,64 ( $\pm$ 6,08)	26,17 ( $\pm$ 10,17)	0,03*	(-15,91; -1,14)	-1,01	
	P muestras independientes	0,388	0,874				
JPE_Flex (°)	Control (n= 7)	3,85 ( $\pm$ 1,41)	4,04 ( $\pm$ 1,75)	0,619	(-1,08; 0,70)	0,12	
	Experimental (n= 7)	2,94 ( $\pm$ 1,22)	2,74 ( $\pm$ 0,82)	0,736	(-1,21; 1,62)	0,19	
	P muestras independientes	0,22	0,10				
JPE_Ext (°)	Control (n= 7)	4,76 ( $\pm$ 2,50)	3,64 ( $\pm$ 1,76)	0,254	(-1,05; 3,29)	0,52	
	Experimental (n= 7)	4,35 ( $\pm$ 1,20)	2,72 ( $\pm$ 0,70)	0,005*	(0,71; 2,55)	1,66	
	P muestras independientes	0,71	0,22				
JPE_RD (°)	Control (n= 7)	5,49 ( $\pm$ 2,76)	3,75 ( $\pm$ 1,86)	0,241	(-1,54; 5,04)	0,74	
	Experimental (n= 7)	4,46 ( $\pm$ 1,78)	3,60 ( $\pm$ 1,21)	0,121	(-0,31; 2,04)	0,57	
	P muestras independientes	0,42	0,86				
JPE_RI (°)	Control (n= 7)	5,46 ( $\pm$ 1,44)	4,79 ( $\pm$ 2,60)	0,559	(-1,97; 3,0)	0,32	
	Experimental (n= 7)	4,13 ( $\pm$ 1,51)	3,75 ( $\pm$ 1,31)	0,440	(-0,76; 1,54)	0,27	
	P muestras independientes	0,12	0,37				

IDC: Índice discapacidad cervical. EVA: Escala Visual Análogo. TSK 11: Escala Tampa para Kinesiofobia, versión española TRFC: Test de resistencia de flexores cervicales. JPE\_Flex: Joint position error para movimiento de flexión. JPE\_Ext: joint position error para el movimiento de extensión. JPE\_RD: Joint position error para movimiento de rotación derecha. JPE\_RI: Joint position error para movimiento de rotación izquierda. IC: intervalo de confianza \* = estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ).

concordancia con un estudio realizado por Sarig et al. en el que observaron que el entrenamiento cervical mediante RV generó mejoras en la precisión de los movimientos cervicales (2018), de igual manera, el grupo que no utilizó la RV también consiguió mejoras en la precisión de movimiento (Sarig Bahat et al., 2018).

causantes de la diferencia en los resultados obtenidos, pues las pruebas de comparaciones de muestras independientes no arrojaron diferencias estadísticamente significativas para dichas variables. La diferencia en los resultados podría deberse al tipo de ejercicio que realizó cada grupo, puesto que ha sido descrito que programas de rehabilitación

**Tabla 2.** Resultados descriptivos y estadísticos de la variable umbrales térmicos.

Variable	Grupo	Mediana (1 <sup>er</sup> – 3 <sup>er</sup> cuartil) en °C		Prueba de Wilcoxon
		Pre-intervención	Post-intervención	(P valor)
Estímulos calientes codo derecho (C5) en °C	Control (n=7)	42,53 (36,93 – 47,83)	38,80 (35,25 – 45,70)	0,13
	Experimental (n=7)	44,61 (41,41 – 46,59)	45,11 (38,58 – 46,77)	0,50
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,81	0,11	
Estímulos fríos codo derecho (C5) en °C	Control (n=7)	21,24 (19,97 – 26,01)	23,51 (19,98 – 26,05)	0,15
	Experimental (n=7)	24,92 (19,98 – 26,06)	25,33 (19,97 – 26,78)	0,75
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,18	0,75	
Estímulos calientes codo izquierdo (C5) en °C	Control (n=7)	44,61 (40,68 – 45,66)	39,95 (35,15 – 44,86)	0,02*
	Experimental (n=7)	43,59 (42,46 – 46,31)	43,25 (42,64 – 47,44)	0,09
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,95	0,11	
Estímulos fríos codo izquierdo (C5) en °C	Control (n=7)	20,96 (19,98 – 28,41)	26,15 (21,96 – 27,12)	0,74
	Experimental (n=7)	20,60 (19,98 – 27,81)	21,41 (19,97 – 28,06)	0,74
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,90	0,41	
Estímulos calientes pierna derecha (L4) en °C	Control (n=7)	42,69 (41,34 – 46,86)	43,55 (38,82 – 47,22)	0,87
	Experimental (n=7)	45,22 (43,92 – 46,97)	45,57 (43,01 – 46,31)	0,55
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,23	0,66	
Estímulos fríos pierna derecha (L4) en °C	Control (n=7)	21,34 (19,97 – 28,17)	25,81 (24,39 – 26,91)	0,40
	Experimental (n=7)	25,14 (19,97 – 26,80)	20,93 (19,98 – 22,73)	0,24
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,80	0,10	
Estímulos calientes pierna izquierda (L4) en °C	Control (n=7)	43,91 (37,81 – 47,82)	44,40 (38,57 – 45,00)	0,74
	Experimental (n=7)	44,58 (42,71 – 46,2)	45,33 (43,22 – 45,97)	0,93
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,66	0,14	
Estímulos fríos pierna izquierda (L4) en °C	Control (n=7)	25,16 (20,99 – 27,54)	23,06 (21,28 – 26,21)	0,87
	Experimental (n=7)	22,54 (19,97 – 28,99)	21,56 (19,97 – 26,14)	0,04*
	<b>U de Mann-Whitney (p valor)</b>	0,95	0,44	

\* = estadísticamente significativo (p < 0,05).

Alahmari et al. observaron que existía correlación entre la edad y el JPE en sujetos asintomáticos, de manera que a mayor edad existía un mayor JPE (Alahmari et al., 2017b). Sin embargo, autores del mismo grupo observaron, en un estudio posterior, que en sujetos con DCC no existían diferencias significativas entre sujetos <60 años o >60 años en el JPE (Alahmari et al., 2017a). En este estudio, la edad y la intensidad del dolor no parecen haber sido

cervical propioceptivos se correlacionan con mejores resultados en el JPE respecto a programas basados en ejercicios de control motor (Blomgren et al., 2018).

En este estudio la aplicación de RM se realizó como método de ejercicio y no únicamente como método de distracción, con el fin de producir una reducción del dolor y discapacidad. Los mecanismos fisiológicos subyacentes hipotetizados para la reducción del dolor con la RM son, a parte del

mecanismo de distracción y la consecuente disminución de las señales nociceptivas entrantes; la modulación endógena del dolor generada por el ejercicio. Tal y como apoya la literatura, el ejercicio favorece la liberación de opioides endógenos a nivel periférico, espinal o central, dando lugar a una hipoalgesia inducida por el ejercicio (Koltyń et al., 2014; Polaski et al., 2019). Sin embargo, no se obtuvieron mejoras significativas para el dolor en el grupo experimental y el tamaño del efecto fue medio ( $d=0,72$ ).

En el caso de la discapacidad, ambos grupos obtuvieron una puntuación similar en el IDC tras el tratamiento, pero a diferencia del grupo control, no hubo diferencias significativas en las comparaciones pre-post y el tamaño del efecto para el grupo experimental fue medio ( $d=0,76$ ). Esto podría deberse a la diferencia existente en la evaluación inicial entre grupos, puesto que existían diferencias estadísticamente significativas para las comparaciones entre grupos en la evaluación inicial en la variable discapacidad. Del mismo modo, de nuevo debe tenerse en cuenta la escasa experiencia de los evaluadores a la hora de ejecutar la TMO. En contraste con los resultados obtenidos, en un reciente estudio de Rezai et al. observó mejoras en la discapacidad en pacientes con dolor cervical tras la aplicación de RV mediante un juego controlado por el movimiento de la cabeza. Además, dicha mejora se observó después del tratamiento, y cinco semanas después del mismo (Rezaei et al., 2018). En concordancia con estos autores, Sarig et al. también obtuvieron resultados favorables con la aplicación de RV en las variables discapacidad y dolor (Sarig Bahat et al., 2018). La disparidad entre los resultados obtenidos y los expuestos por otros autores que emplearon dispositivos de realidad artificial en el manejo de la discapacidad y DC pueden venir dadas las diferencias en los dispositivos empleados, ya que estos utilizan dispositivos de RV inmersiva, mientras que la RM genera hologramas con los que se interactúa en tiempo real en el mundo físico (Brigham, 2017).

En relación con la kinesiophobia, no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos en ninguno de los grupos del estudio. Además, ambos abordajes

muestran un tamaño del efecto muy pequeño para esta variable en la comparación pre-post test. Se cree que la RV puede reducir el miedo asociado al movimiento al aumentar la retroalimentación visual del movimiento, pero la literatura es controvertida (Wittkopf et al., 2019). Un reciente estudio que integra el uso de RV en un programa de fisioterapia para el tratamiento del dolor lumbar crónico inespecífico observó cambios estadísticamente significativos en la kinesiophobia, con tamaños del efecto grandes en la comparación pre-post test (Yilmaz Yelvar et al., 2017). En contraposición, Sarig et al. no encontraron cambios en la kinesiophobia tras la aplicación de RV como método de tratamiento en sujetos con DC (Sarig Bahat et al., 2018).

Ha sido descrito que pacientes con DCC presentan alteraciones en los umbrales de dolor por estímulos fríos comparado con sujetos asintomáticos (Rebbeck et al., 2015). Otros autores, reportan resultados similares en otras condiciones de dolor crónico, observando un incremento generalizado en la sensibilidad a estímulos fríos en pacientes con dolor (Raak and Wallin, 2006; Malmström et al., 2016). Dapunt et al. encontraron que en sujetos con dolor musculoesquelético crónico la aplicación de un tratamiento multimodal para el dolor, que incluía terapia psicológica y terapia física, obtuvo un incremento en la sensibilidad al dolor causado por estímulos fríos (Dapunt et al., 2018). Nuestros resultados no se ven acordes con el trabajo mencionado anteriormente, pues sólo se aprecian cambios significativos para la prueba de detección del umbral de dolor por estímulos calientes en el codo izquierdo en el grupo control, y para el test de detección del umbral de dolor por estímulos fríos en la pierna izquierda en el grupo experimental.

### Implicaciones clínicas

Este estudio, desde nuestro conocimiento, es el primero en aplicar la realidad mixta como método de ejercicio en pacientes con DCC. Los resultados obtenidos abren una puerta a la realización de futuros proyectos que empleen la RM como una nueva forma de manejo del DCC basado a través de la mejora de las variables motoras. No se consiguió obtener mejoras en IDC y en la EVA por lo que futuros

estudios deberán contener muestras de mayor tamaño y distribución homogénea, con el fin de valorar si los resultados que se obtuvieron estuvieron sujetos a estos factores o si, por el contrario, no se ven modificados por el uso de dispositivos de RM en este tipo de población.

## Limitaciones

Este estudio cuenta con múltiples limitaciones. Entre las principales limitaciones se encuentra el pequeño tamaño muestral (n=14), lo cual impide que los resultados obtenidos sean extrapolables a otros estudios o poblaciones. Si bien el diseño del estudio no tiene esta finalidad al ser un proyecto piloto, y hemos obtenido un cálculo del tamaño de la muestra para un futuro ensayo clínico, las limitaciones por el tamaño muestral han de ser tenidas en cuenta igualmente. Otra de las limitaciones, es el desconocimiento de si las diferencias significativas encontradas en las variables del estudio a corto plazo se mantendrán en el largo plazo, pues el estudio carece de seguimiento. Determinados factores psicosociales como el catastrofismo, estrés, ansiedad y depresión no fueron evaluados, de forma que la presencia de estos en algunos sujetos también pudo haber influido en los resultados del estudio. Por cuestiones metodológicas, fue imposible aplicar un método de cegamiento a pacientes y terapeutas que brindan el tratamiento para establecer un doble-ciego. Aunque el simple ciego pudo ser favorable para disminuir la probabilidad de sesgo en la evaluación post-intervención, así como la posible influencia de actitudes/expectativas positivas o negativas a los pacientes, en relación a la intervención (Letelier S et al., 2004).

## CONCLUSIÓN

La aplicación de un protocolo de terapia manual ortopédica combinada con ejercicio mediante realidad mixta no mostró diferencias significativas comparado con terapia manual y ejercicios convencionales en la resistencia de los flexores cervicales y el control motor cervical de sujetos con dolor cervical crónico inespecífico. El grupo con realidad mixta obtuvo mejoras significativas post-

tratamiento en variables motoras de fuerza resistencia y control motor cervicales, con un tamaño del efecto de largo a moderado, respectivamente.

Actualmente, la introducción de la realidad mixta no supone una mejora a lo convencional, futuros estudios con un tamaño de muestra calculado con este estudio deberán estudiar el potencial de esta tecnología en rehabilitación.

## FRASES DESTACADAS

- La realidad mixta (RM) no supone una mejora clínica al ejercicio convencional en dolor de cuello.
- La RM se presenta como alternativa ya que hay pacientes que les parece más lúdico que lo convencional.
- La RM se presenta como una alternativa segura para utilizar con los pacientes con dolor de cuello inespecífico.

## REFERENCIAS

- Andrews RM, Browne AL, Wood F, Schug SA. Predictors of patient satisfaction with pain management and improvement 3 months after burn injury. *J Burn Care Res.* 2012;33(3):442–52 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BCR.0b013e31823359ee>.
- Browne AL, Andrews R, Schug SA, Wood F. Persistent pain outcomes and patient satisfaction with pain management after burn injury. *Clin J Pain.* 2011;27(2):136–45 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181f7f9bb>.
- Alahmari KA, Reddy RS, Silvian P, Ahmad I, Nagaraj V, Mahtab M. Influence of chronic neck pain on cervical joint position error (JPE): Comparison between young and elderly subjects. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017a;30(6):1265–71 DOI: <http://dx.doi.org/10.3233/BMR-169630>.
- Alahmari KA, Reddy RS, Silvian PS, Ahmad I, Kakaraparthi VN, Alam MM. Association of age on cervical joint position error. *J Adv Res. J Adv Res;* 2017b;8(3):201–7 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2017.01.001>.
- Alfonso Andrade Ortega J, Damián Delgado Martínez A, Almécija Ruiz R. Validación de una versión española del Índice de Discapacidad Cervical. *Med Clin (Barc).* Elsevier; 2008;130(3):85–9 DOI: <http://dx.doi.org/10.1157/13115352>.
- Beltran-Alacreu H, López-de-Uralde-Villanueva I, Fernández-

- Carnero J, La Touche R. Manual Therapy, Therapeutic Patient Education, and Therapeutic Exercise, an Effective Multimodal Treatment of Nonspecific Chronic Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015;94(10 Suppl 1):887–97 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/PHM.0000000000000293>.
- Blanpied PR, Gross AR, Elliott JM, Devaney LL, Clewley D, Walton DM, Sparks C, Robertson EK. Neck Pain: Revision 2017. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2017;47(7):A1–83 DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2017.0302>.
- Blomgren J, Strandell E, Jull G, Vikman I, Røijezon U. Effects of deep cervical flexor training on impaired physiological functions associated with chronic neck pain: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):415 DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12891-018-2324-z>.
- Brigham TJ. Reality Check: Basics of Augmented, Virtual, and Mixed Reality. *Med Ref Serv Q.* 2017;36(2):171–8 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02763869.2017.1293987>.
- Buscemi V, Chang W-J, Liston MB, McAuley JH, Schabrun S. The role of psychosocial stress in the development of chronic musculoskeletal pain disorders: protocol for a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev. Syst Rev;* 2017;6(1):224 DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-017-0618-0>.
- 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. *Phys Ther. Phys Ther;* 2018;98(1):63–77 DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/pzx107>.
- Dapunt U, Gantz S, Zhuk A, Gather K, Wang H, Schiltewolf M. Quantitative sensory testing in physically active individuals and patients who underwent multidisciplinary pain therapy in the longitudinal course. *J Pain Res. J Pain Res;* 2018;11:2323–30 DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/JPR.S173000>.
- Domenech MA, Sizer PS, Dedrick GS, McGalliard MK, Brismee J-M. The deep neck flexor endurance test: normative data scores in healthy adults. *PM R. PM R;* 2011;3(2):105–10 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.023>.
- Domingues L, Cruz EB, Pimentel-Santos FM, Ramiro S, Donato H, Manica SR, Hayden JA, Buchbinder R, Branco JC. Prognostic factors for recovery and non-recovery in patients with non-specific neck pain: a protocol for a systematic literature review. *BMJ Open. BMJ Open;* 2018;8(11):e023356 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2018-023356>.
- Eldridge SM, Chan CL, Campbell MJ, Bond CM, Hopewell S, Thabane L, Lancaster GA, PAFS consensus group. CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *BMJ. BMJ;* 2016;355:i5239 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.i5239>.
- Falla D, O'Leary S, Farina D, Jull G. The change in deep cervical flexor activity after training is associated with the degree of pain reduction in patients with chronic neck pain. *Clin J Pain. Clin J Pain;* 2012;28(7):628–34 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/AJP.0b013e31823e9378>.
- Fernández-de-las-Peñas C, Hernández-Barrera V, Alonso-Blanco C, Palacios-Ceña D, Carrasco-Garrido P, Jiménez-Sánchez S, Jiménez-García R. Prevalence of neck and low back pain in community-dwelling adults in Spain: a population-based national study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(3):E213–9 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181d952c2>.
- Geber C, Klein T, Azad S, Birklein F, Gierthmühlen J, Hüge V, Lauchart M, Nitzsche D, Stengel M, Valet M, Baron R, Maier C, Tölle T, Treede R-D. Test-retest and interobserver reliability of quantitative sensory testing according to the protocol of the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): a multi-centre study. *Pain. Pain;* 2011;152(3):548–56 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pain.2010.11.013>.
- Gross A, Kay TM, Paquin J-P, Blanchette S, Lalonde P, Christie T, Dupont G, Graham N, Burnie SJ, Gellay G, Goldsmith CH, Forget M, Hoving JL, Brønfort G, Santaguida PL, Cervical Overview Group. Exercises for mechanical neck disorders. *Cochrane database Syst Rev. Cochrane Database Syst Rev;* 2015;1:CD004250 DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD004250.pub5>.
- Haldeman S, Carroll L, Cassidy JD. Findings from the bone and joint decade 2000 to 2010 task force on neck pain and its associated disorders. *J Occup Environ Med.* 2010;52(4):424–7 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181d44f3b>.
- Harris KD, Heer DM, Roy TC, Santos DM, Whitman JM, Wainner RS. Reliability of a Measurement of Neck Flexor Muscle Endurance. *Phys Ther.* 2005;85(12):1349–55 DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ptj/85.12.1349>.
- Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Top Stroke Rehabil. Top Stroke Rehabil;* 2007;14(2):52–61 DOI: <http://dx.doi.org/10.1310/tsr1402-52>.
- Hoy DG, Protani M, De R, Buchbinder R. The epidemiology of neck pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2010;24(6):783–92 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.berh.2011.01.019>.
- Hoy DG, Smith E, Cross M, Sanchez-Riera L, Blyth FM, Buchbinder R, Woolf AD, Driscoll T, Brooks P, March LM. Reflecting on the global burden of musculoskeletal conditions: lessons learnt from the global burden of disease 2010 study and the next steps forward. *Ann Rheum Dis. Ann Rheum Dis;* 2015;74(1):4–7 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/annrheumdis-2014-205393>.
- Hu H-Z, Feng X-B, Shao Z-W, Xie M, Xu S, Wu X-H, Ye Z-W. Application and Prospect of Mixed Reality Technology in Medical Field. *Curr Med Sci. Curr Med Sci;* 2019;39(1):1–6 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11596-019-1992-8>.
- Jensen MP, Turner JA, Romano JM, Fisher LD. Comparative reliability and validity of chronic pain intensity measures. *Pain.* 1999;83(2):157–62.
- Kim K, Choi B, Lim W. The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized

- controlled trial. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2019;14(3):276–80 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17483107.2018.1429501>.
- Kim SI, In-Ho Song, Sangwoo Cho, In Young Kim, Jeonghun Ku, Youn Joo Kang, Dong Pyo Jang. Proprioception rehabilitation training system for stroke patients using virtual reality technology. 2013 35th Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. IEEE; 2013. p. 4621–4 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/EMBC.2013.6610577>.
- Koltyn KF, Brellenthin AG, Cook DB, Sehgal N, Hillard C. Mechanisms of Exercise-Induced Hypoalgesia. *J Pain*. 2014;15(12):1294–304 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpain.2014.09.006>.
- Lee JS, Hobden E, Stiell IG, Wells GA. Clinically important change in the visual analog scale after adequate pain control. *Acad Emerg Med*. 2003;10(10):1128–30.
- Letelier S LM, Manríquez M JJ, Claro GoA JC. El ciego en los ensayos clínicos ¿importa? *Rev Med Chil*. 2004;132(9) DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872004000900016>.
- MacDermid JC, Walton DM, Avery S, Blanchard A, Etruw E, McAlpine C, Goldsmith CH. Measurement properties of the neck disability index: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(5):400–17 DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2009.2930>.
- Mallari B, Spaeth EK, Goh H, Boyd BS. Virtual reality as an analgesic for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. *J Pain Res*. *J Pain Res*; 2019;12:2053–85 DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/JPR.S200498>.
- Malmström E-M, Stjerna J, Högestätt ED, Westergren H. Quantitative sensory testing of temperature thresholds: Possible biomarkers for persistent pain? *J Rehabil Med*. *J Rehabil Med*; 2016;48(1):43–7 DOI: <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-2024>.
- Meisingset I, Stensdotter AK, Woodhouse A, Vasseljen O. Predictors for global perceived effect after physiotherapy in patients with neck pain: an observational study. *Physiotherapy*. *Physiotherapy*; 2018;104(4):400–7 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2017.01.007>.
- Olson LE, Millar AL, Dunker J, Hicks J, Glanz D. Reliability of a clinical test for deep cervical flexor endurance. *J Manipulative Physiol Ther*. *J Manipulative Physiol Ther*; 2006;29(2):134–8 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2005.12.009>.
- Palacios-Ceña D, Alonso-Blanco C, Hernández-Barrera V, Carrasco-Garrido P, Jiménez-García R, Fernández-de-las-Peñas C. Prevalence of neck and low back pain in community-dwelling adults in Spain: an updated population-based national study (2009/10–2011/12). *Eur Spine J*. 2015;24(3):482–92 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-014-3567-5>.
- Pelletier R, Higgins J, Bourbonnais D. Is neuroplasticity in the central nervous system the missing link to our understanding of chronic musculoskeletal disorders? *BMC Musculoskelet Disord*. *BMC Musculoskelet Disord*; 2015;16:25 DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12891-015-0480-y>.
- Perez-Marcos D, Chevalley O, Schmidlin T, Garipelli G, Serino A, Vuadens P, Tadi T, Blanke O, Millán JDR. Increasing upper limb training intensity in chronic stroke using embodied virtual reality: A pilot study. *J Neuroeng Rehabil*. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*; 2017;14(1):1–14 DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-017-0328-9>.
- Polaski AM, Phelps AL, Kostek MC, Szucs KA, Kolber BJ. Exercise-induced hypoalgesia: A meta-analysis of exercise dosing for the treatment of chronic pain. Regnaud J-P, editor. *PLoS One*. *PLoS One*; 2019;14(1):e0210418 DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0210418>.
- Raak R, Wallin M. Thermal thresholds and catastrophizing in individuals with chronic pain after whiplash injury. *Biol Res Nurs*. *Biol Res Nurs*; 2006;8(2):138–46 DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1099800406291078>.
- Rebbeck T, Moloney N, Azoory R, Hübscher M, Waller R, Gibbons R, Beales D. Clinical Ratings of Pain Sensitivity Correlate With Quantitative Measures in People With Chronic Neck Pain and Healthy Controls: Cross-Sectional Study. *Phys Ther*. *Phys Ther*; 2015;95(11):1536–46 DOI: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20140352>.
- Rezaei I, Razeghi M, Ebrahimi S, Kayedi S, Rezaeian Zadeh A. A Novel Virtual Reality Technique (Cervigame®) Compared to Conventional Proprioceptive Training to Treat Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *J Biomed Phys Eng*. *J Biomed Phys Eng*; 2018;9(3):355–66 DOI: <http://dx.doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.556>.
- Sarig Bahat H, Croft K, Carter C, Hoddinott A, Sprecher E, Treleven J. Remote kinematic training for patients with chronic neck pain: a randomised controlled trial. *Eur Spine J*. *Eur Spine J*; 2018;27(6):1309–23 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-017-5323-0>.
- Sarig Bahat H, Weiss PLT, Sprecher E, Krasovsky A, Laufer Y. Do neck kinematics correlate with pain intensity, neck disability or with fear of motion? *Man Ther*. 2013; DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2013.10.006>.
- Strimpakos N, Sakellari V, Gioftsos G, Kapreli E, Oldham J. Cervical joint position sense: an intra- and inter-examiner reliability study. *Gait Posture*. 2006;23(1):22–31 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.11.019>.
- Thomas JS, France CR, Leitkam ST, Applegate ME, Pidcoe PE, Walkowski S. Effects of Real-World Versus Virtual Environments on Joint Excursions in Full-Body Reaching Tasks. *IEEE J Transl Eng Heal Med*. *IEEE J Transl Eng Health Med*; 2016;4:2100608 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JTEHM.2016.2623787>.
- de Vries J, Ischebeck BK, Voogt LP, van der Geest JN, Janssen M, Frens MA, Kleinrensink GJ. Joint position sense error in people with neck pain: A systematic review. *Man Ther*. *Man Ther*; 2015;20(6):736–44 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.math.2015.04.015>.
- Weermeijer JD, Meulders A. Clinimetrics: Tampa Scale for Kinesiophobia. *J Physiother*. *J Physiother*; 2018;64(2):126

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2018.01.001>.

- Wittkopf PG, Lloyd DM, Coe O, Yacoobali S, Billington J. The effect of interactive virtual reality on pain perception: a systematic review of clinical studies. *Disabil Rehabil*. *Disabil Rehabil*; 2019;1–12 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09638288.2019.1610803>.
- Wu H-K, Lee SW-Y, Chang H-Y, Liang J-C. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Comput Educ*. Pergamon; 2013;62:41–9 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2012.10.024>.
- Yılmaz Yelvar GD, Çırak Y, Dalkılıç M, Parlak Demir Y, Guner Z, Boydak A. Is physiotherapy integrated virtual walking effective on pain, function, and kinesiophobia in patients with non-specific low-back pain? Randomised controlled trial. *Eur Spine J*. *Eur Spine J*; 2017;26(2):538–45 DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-016-4892-7>.