

REVISIÓN SISTEMÁTICA

Effect of immersive virtual reality as a therapeutic strategy in university students with neck pain

Efecto de la realidad virtual inmersiva como estrategia terapéutica en estudiantes universitarios con dolor cervical

Paola Gabriela Ortiz Villalba¹  , Josselyn Gabriela Bonilla Ayala¹  , Melany Katherine Defaz Rea¹  , Jeannette Mercedes Acosta Nuñez²  , Fabricio Alejandro Vásquez de la Bandera Cabezas³  , Alexander Josué Monge Roque⁴  , Mateo Josué Mayorga Zaldaña⁴  , María Belén Eugenio Arias⁴  , Víctor Santiago Manzano Villafuerte⁴  , Christopher Hilario Acosta Nuñez⁵  

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad De Ciencias De La Salud, Carrera de Fisioterapia. Ambato, Ecuador.

²Universidad Técnica de Ambato, Dirección de Investigación y Desarrollo, Carrera de Enfermería. Ambato, Ecuador.

³Universidad Técnica de Ambato, Facultad De Ciencias De La Salud, Carrera de Psicología Clínica. Ambato, Ecuador.

⁴Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Carrera de Telecomunicaciones. Ambato, Ecuador.

⁵Universidad Técnica de Ambato, Facultad De Ciencias De La Salud, Carrera de Medicina. Universidad Técnica de Ambato.

Citar como: Ortiz Villalba PG, Bonilla Ayala JG, Defaz Rea MK, Acosta Nuñez JM, Vásquez de la Bandera Cabezas FA, Monge Roque AJ, et al. Effect of immersive virtual reality as a therapeutic strategy in university students with neck pain. Metaverse Basic and Applied Research. 2025; 4:195. <https://doi.org/10.56294/mr2025195>

Enviado: 20-08-2024

Revisado: 15-02-2025

Aceptado: 06-08-2025

Publicado: 07-08-2025

Editor: PhD. Dra. Yailen Martínez Jiménez 

Autor para la correspondencia: Jeannette Mercedes Acosta Nuñez 

ABSTRACT

Introduction: immersive virtual reality as been shown to have analgesic effects by facilitating attentional distraction and altering pain perception. Its implementation in therapeutic settings could result in significant functional improvements, particularly for college students suffering from neck pain.

Objective: the purpose of this study is to evaluate the impact of immersive virtual reality as a therapeutic strategy for pain management and cervical range of motion among university students through a systematic review with meta-analysis.

Method: a systematic review was conducted following the PRISMA guidelines, exploring the PubMed and ScienceDirect. Research published in the last five years that applied interventions using virtual reality in young adults with neck pain was included. Methodological quality was assessed using the PEDro scale. In addition, a meta-analysis was performed on three selected studies that reported information related to cervical range of motion, using standardized effect size and a random effects model.

Results: the meta-analysis revealed a significant improvement in cervical ROM after virtual reality-based interventions, especially during rotational movements. The combined effect size was moderate to large (SMD: 0,70-2,47), showing statistically significant results in all studies analyzed. Overall, the methodological quality was considered good (PEDro ≥ 6).

Conclusions: Immersive virtual reality appears to be an effective tool for improving cervical range of motion among students with clinically relevant neck pain; therefore, its integration into university rehabilitation programs is suggested, as well as further clinical research using larger samples.

Keywords: Immersive Virtual Reality; Virtual Reality; Neck Pain; Pain; Range of Motion.

RESUMEN

Introducción: la realidad virtual inmersiva ha demostrado tener efectos analgésicos al facilitar la distracción

atencional y alterar la percepción del dolor. Su implementación en entornos terapéuticos podría resultar en mejoras funcionales significativas, particularmente para estudiantes universitarios que sufren de dolor cervical.

Objetivo: estudio tiene como propósito evaluar el impacto de la realidad virtual inmersiva como una estrategia terapéutica para el manejo del dolor y el rango de movimiento cervical entre estudiantes universitarios, a través de una revisión sistemática con metaanálisis.

Método: se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA, explorando las bases de datos PubMed y ScienceDirect. Se incluyeron investigaciones publicadas en los últimos cinco años que aplicaron intervenciones utilizando realidad virtual en adultos jóvenes con dolor cervical. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro. Además, se realizó un metaanálisis sobre tres estudios seleccionados que reportaron información relativa al rango de movimiento cervical (ROM), empleando tamaño del efecto estandarizado y un modelo de efectos aleatorios.

Resultados: el metaanálisis reveló una mejora significativa en el ROM cervical tras realizarse intervenciones basadas en realidad virtual, especialmente durante movimientos rotacionales. El tamaño combinado del efecto fue moderado a grande (SMD: 0,70-2,47), mostrando resultados estadísticamente significativos en todos los estudios analizados. En términos generales, la calidad metodológica fue considerada buena (PEDro ≥ 6).

Conclusiones: La realidad virtual inmersiva se presenta como una herramienta efectiva para mejorar el rango de movimiento cervical entre estudiantes con dolores necks importantes clínicamente relevantes; por lo tanto, se sugiere su integración dentro de programas rehabilitadores universitarios, así como fomentar más investigaciones clínicas utilizando muestras más amplias.

Palabras clave: Realidad Virtual Inmersiva; RV; Dolor de Cuello; Dolor; Rangos de Movimiento.

INTRODUCCIÓN

El dolor cervical es una de las causas más frecuentes de consulta en fisioterapia y rehabilitación; y constituye un problema de salud pública por su elevada prevalencia, persistencia y repercusión funcional. Se estima que hasta un 70 % de las personas experimentarán dolor cervical al menos una vez en su vida, con una tasa de recurrencia dentro del primer año posterior al episodio agudo.⁽¹⁾ En el caso de los estudiantes universitarios, el dolor cervical se ha convertido en un fenómeno cada vez más reportado, asociado al uso prolongado de dispositivos tecnológicos, malas posturas, inactividad física y factores psicoemocionales derivados de la carga académica.^(2,3)

Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP), el dolor se define como “una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada, o similar a la asociada, con daño tisular real o potencial”.^(2,4) En el caso del dolor cervical, la disfunción no se limita únicamente a la esfera física, sino que puede comprometer la calidad de vida, el desempeño académico, la regulación emocional y la participación social del estudiante. Estudios recientes han evidenciado que un 39 % y 42 % de los universitarios presenta alteraciones en la movilidad cervical, con predominio en mujeres y estudiantes de ciencias de la salud.^(4,5)

Los tratamientos convencionales incluyen ejercicios terapéuticos, terapia manual, técnicas de neurodinamia, estimulación eléctrica o ultrasonido, entre otros. No obstante, muchos pacientes jóvenes abandonan la terapia debido a la baja motivación, el tiempo limitado, la monotonía de las rutinas o la ausencia de retroalimentación.^(6,7) Esto plantea la necesidad de incorporar estrategias innovadoras que favorezcan la adherencia terapéutica y optimicen los resultados funcionales.

En este escenario, la realidad virtual inmersiva (RVI) ha emergido como una herramienta tecnológica disruptiva, capaz de transformar la experiencia del paciente durante la rehabilitación. La RVI permite al usuario sumergirse en entornos tridimensionales diseñados para promover el movimiento terapéutico de forma lúdica, motivadora y sensorialmente estimulante.⁽⁸⁾ Mediante la estimulación de sistemas visuales, propioceptivos y vestibulares, esta tecnología hace más que distraer la atención del dolor (efecto analgésico), sino que facilita la neuroplasticidad funcional y el reaprendizaje motor.⁽⁹⁾

Además, la RVI puede personalizarse para abordar tareas específicas del rango de movimiento cervical, lo que la convierte en una estrategia particularmente útil para mejorar la rotación, flexo-extensión e inclinación lateral del cuello, variables esenciales en la funcionalidad de las vértebras cervicales. A pesar del creciente interés en esta tecnología, la evidencia científica sobre su eficacia específica en poblaciones jóvenes universitarias con dolor cervical aún es escasa, dispersa o metodológicamente heterogénea.^(10,11)

El propósito de este estudio es llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura, acompañada por un metaanálisis exploratorio, con el fin de analizar el impacto de la realidad virtual inmersiva en el rango de movimiento cervical entre estudiantes universitarios que experimentan dolor cervical. Este trabajo busca reunir la evidencia científica existente y sugerir nuevas direcciones para su aplicación clínica en los campos de la fisioterapia y la rehabilitación en entornos universitarios.

MÉTODO

Diseño del estudio

Se llevó a cabo una revisión sistemática con un metaanálisis exploratorio, siguiendo las pautas de PRISMA (Elementos Preferidos para Informes de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis). El propósito fue compilar la evidencia existente sobre el impacto de la realidad virtual inmersiva en el rango de movimiento cervical entre estudiantes universitarios que presentan dolor cervical.⁽¹²⁾

Criterios de inclusión y exclusión

Se utilizaron los criterios PICOS para establecer qué estudios eran elegibles:

P (Población): Estudiantes universitarios (edad ≥ 18 años) diagnosticados clínicamente con dolor cervical agudo o crónico. I (Intervención): Implementación de realidad virtual inmersiva, ya sea como tratamiento principal o adicional a terapias convencionales. C (Comparador): Grupos control que recibieron terapia convencional, placebo o no recibieron ningún tratamiento.⁽¹³⁾ O (Resultados): Variaciones en el rango de movimiento cervical (rotación, flexo-extensión e inclinación lateral), intensidad del dolor, kinesiofobia y funcionalidad. S (Diseño): Ensayos clínicos aleatorizados, estudios cuasi-experimentales o pilotos con evaluación pre-post.^(14,15)

Se excluyeron artículos sin acceso completo al texto, duplicados, revisiones narrativas, editoriales y aquellos relacionados con validaciones instrumentales que no involucraban realidad virtual inmersiva.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed y ScienceDirect, abarcando publicaciones en inglés y español desde 2019 hasta 2024. Se emplearon los siguientes términos MeSH junto a operadores booleanos en PubMed: “Immersive Virtual Reality”[All Fields] OR “Virtual Reality”[MeSH Terms] OR “Virtual Reality”[All Fields] y ScienceDirect (“Immersive Virtual Reality” OR “Virtual Reality”) AND (“Neck Pain”) AND (“Range of Motion”).

Además, se complementó esta búsqueda mediante un análisis manual referencial basado en los estudios seleccionados. La gestión bibliográfica, así como la elección final fueron llevadas a cabo utilizando la plataforma Rayyan QCRI.

Proceso de selección

Dos revisores realizaron evaluaciones independientes sobre títulos, resúmenes y textos completos; cualquier discrepancia fue resuelta por consenso. El diagrama PRISMA ilustra el flujo durante la selección documental. Finalmente se incorporaron siete investigaciones para revisión cualitativa además tres más para metaanálisis.

Evaluación metodológica

La calidad metodológica pertinente fue analizada usando la escala PEDro; se consideró adecuada aquella investigación cuyo puntaje fuera igual o superior a seis. Esta escala examina aspectos tales como aleatorización, enmascaramiento, comparabilidad entre grupos, seguimiento adecuado, y análisis por intención al tratar.

Extracción de datos

De cada estudio seleccionado fueron registrados estos datos relevantes: autor, año, país, diseño investigativo, características demográficas, método específico usado, en duración de intervención, tipo de movimientos cervicales estudiados, resultados cuantitativos (mediana, desviación estándar) y estadísticas.

Análisis estadístico

Un metaanálisis exploratorio fue ejecutado considerando únicamente aquellos tres trabajos cuyos resultados permitieran comparaciones respecto al rango de movilidad, cervico-especialmente rotación y flexo-extensión. Se realizó un metaanálisis exploratorio considerando únicamente aquellos tres estudios cuyos resultados permitieron comparaciones cuantitativas del rango de movimiento cervical, específicamente en los movimientos de rotación y flexo-extensión. Para estimar el efecto del tratamiento, se calculó el tamaño del efecto estandarizado (SMD) utilizando la fórmula de Cohen's d, aplicada en contextos de comparación entre grupos independientes (inter-grupos). No se incluyeron estudios con diseños intra-sujeto (crossover).

En los casos en que no se reportaron directamente las medias y desviaciones estándar (SD), se estimaron estos valores a partir de estadísticos t o valores p, de acuerdo con los métodos propuestos en el Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. No se requirió conversión desde error estándar (SE) a SD, ya que todos los cálculos se estandarizaron en SD reales o estimadas. La correlación entre medidas pareadas no fue necesaria, dado que los estudios incluidos no utilizaron diseños de medidas repetidas. Un modelo de efectos aleatorios resultaba idóneo dada la escasa cantidad total de ensayos y la heterogeneidad esperable.

dispositivos protocolos VR. Análisis efectuado Python 3.11, haciendo uso librerías científicas calcular SMD graficar forest plot. También compilamos tabla entrada compatible RevMan5.4 asegurando replicabilidad posterior.

El metaanálisis incluyó tres estudios que reportaron datos cuantitativos comparables sobre rango de movimiento cervical, específicamente en rotación y flexo-extensión. Se calcularon los tamaños del efecto estandarizado (SMD de Cohen) y sus respectivos intervalos de confianza del 95 %, aplicando un modelo estadístico de efectos aleatorios,⁽¹⁶⁾ debido a la heterogeneidad metodológica y clínica entre los estudios. Los cálculos se realizaron con herramientas estadísticas de Python 3.11,⁽¹⁷⁾ utilizando bibliotecas científicas para el análisis manual. Adicionalmente, se preparó una tabla de entrada compatible con el software RevMan 5.4, para asegurar la replicabilidad del análisis y la generación del gráfico forest plot.⁽¹⁸⁾

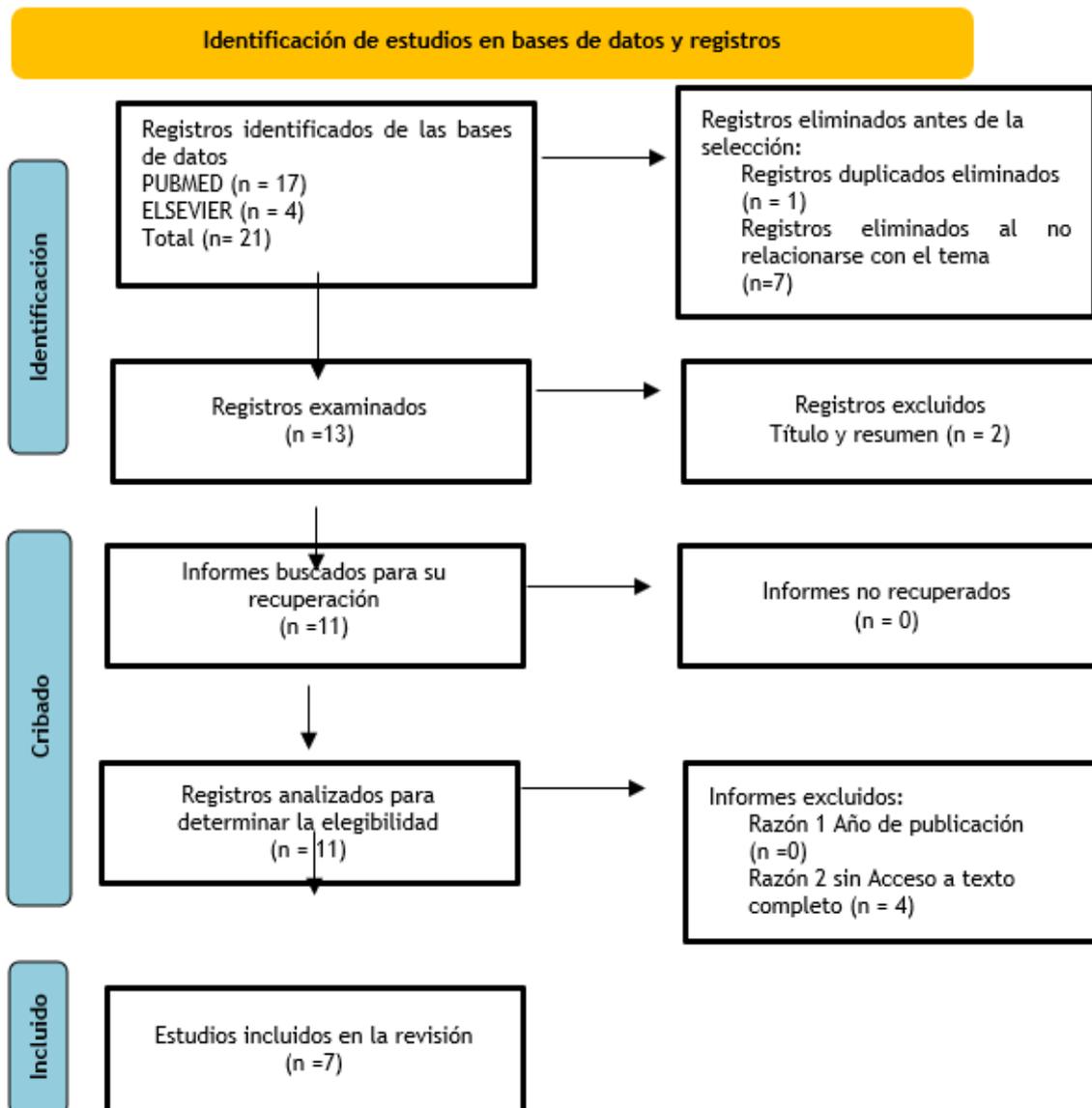


Figura 1. PRISMA 2020 diagrama de flujo para la selección de investigaciones en nuevas revisiones sistemáticas

En base al diagrama PRISMA, se recolectó un total de 21 artículos posiblemente elegibles, de los cuales se excluye 1 estudio duplicado y 7 al no presentar nexo con la temática, quedando 13 manuscritos, de los mismos tras revisar el título y resumen se seleccionan 11 informes potencialmente significativos, a partir de dicho registro de exclusión se reclasifica las investigaciones en cuanto a los años de publicación a razón de que se necesita evidencia actualizada publicada dentro de los últimos 5 años y estudios a los cuales no se obtuvo un acceso completo para mayor análisis. Tras dichos procesos de selección se analizan completamente los textos incluidos, obtenido así un total de 7 artículos que cumplían con los criterios de inclusión previamente establecidos y que aportan información esencial a la investigación.

Evaluación de la calidad metodológica

Se evalúa la calidad metodológica de los ensayos clínicos mediante los lineamientos establecidos en la Escala PEDRo (Physiotherapy Evidence Database) la cual a través de 11 ítems valora la fiabilidad metodológica de las investigaciones contempladas, el primer ítem no es considerado en la puntuación ya que evalúa la calidad externa de las investigaciones.⁽¹⁵⁾ Tras el análisis de los 7 artículos, se obtuvo un promedio de 6,4, detallados de la siguiente manera, 1 artículo asignado con la puntuación 9 (excelente), 1 investigación con puntuación de 8 (buena), 2 con un total de puntos 7 (buena), 1 artículo con un puntaje de 6 (bueno), otro artículo con un total de 5 (regular) y 1 artículo con una calificación de 3 puntos (deficiente).

Autor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Cetin et al. ⁽¹⁹⁾	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Kragting et al. ⁽²⁰⁾	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Gavish et al. ⁽²¹⁾	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
Santos et al. ⁽²²⁾	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	5
Tejera et al. ⁽²³⁾	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8
Emedoli et al. ⁽²⁴⁾	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Nusser et al. ⁽²⁵⁾	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6

RESULTADOS

Así pues, los estudios analizados evidencian el impacto en cuanto a la implementación de la RV como método de disminución de dolor por ejemplo en investigaciones de Nusser et al.⁽²⁵⁾ y Emedoli et al.⁽²⁴⁾ registran valores significativos en la reducción de la intensidad del dolor ($p < 0,001$), asimismo Morales evidencia una disminución de esta sintomatología hasta 1 y 3 meses después de la aplicación de RV ($p < 0,01$), por el contrario, Cetin et al.⁽¹⁹⁾ únicamente registra efectos pequeños y moderados en cuanto a la reducción del dolor ($d=0,44$) entre los grupos RV y movilización cervical.

De la misma forma, los estudios analizados presentan resultados en cuanto al CROM específicamente Kragting et al.⁽²⁰⁾ y Emedoli et al.⁽²⁴⁾ con un gran efecto en el rango máximo rotaciones ($p < 0,001$, $d = 1,24$); ($p = 0,040$), Nusser et al.⁽²⁵⁾ en particular en rotación y en flexo-extensión, también Kragting et al.⁽¹⁷⁾ demuestra un efecto leve-moderado en el rango máximo de flexo-extensión ($p = 0,018$), asimismo como Cetin et al.⁽²⁵⁾, con el mismo impacto en la flexión lateral izquierda y derecha entre la RV y CM ($d = 0,54$ y $0,53$) y no evidenció una diferencia significativa del ROM entre los grupos de intervención ($p > 0,005$). Autores como Santos et al.⁽²²⁾, Tejera et al.⁽²³⁾ y Emedoli et al.⁽²⁴⁾ al aplicar la estrategia de RV obtuvieron una mejora del CROM en todas sus direcciones con normalidad en todos los movimientos ($p > 0,05$), además Gavish et al.⁽²¹⁾ mediante el uso del software VRPhysio y examinadores certificados garantizan la aplicación de la terapia RV + movimientos cervicales como aptos para la rehabilitación.

En relación al rango de movimiento cervical (ROM), los estudios han reportado principalmente avances en la rotación cervical y en flexo-extensión, los cuales fueron evaluados a través de inclinómetros, sensores de movimiento o aplicaciones especializadas. Para el metaanálisis se eligieron tres investigaciones con datos comparables: Kragting et al.⁽²⁰⁾, Emedoli et al.⁽²⁴⁾ y Nusser et al.⁽²⁵⁾. Se calcularon los tamaños del efecto estandarizado (SMD de Cohen) utilizando un modelo de efectos aleatorios debido a la heterogeneidad clínica observada tanto en los tipos de movimientos medidos como en los protocolos utilizados para las intervenciones.

Los resultados del metaanálisis indican un efecto positivo consistente asociado con el uso de realidad virtual inmersiva sobre el rango de movimiento cervical. El estudio realizado por Kragting et al. mostró un tamaño del efecto muy grande para la rotación cervical (SMD = 2,47; IC 95 %: 1,76-3,18), mientras que Emedoli et al.⁽²⁴⁾ encontraron un efecto moderado relacionado con la rotación craneocervical (SMD = 0,68; IC 95 %: 0,04-1,32). Por otro lado, Nusser et al.⁽²⁵⁾ reportaron una mejora significativa en flexo-extensión cervical (SMD = 0,70; IC 95 %: 0,03-1,37). Todos estos intervalos de confiabilidad excluyen el valor nulo, lo cual sugiere que los efectos observados son estadísticamente significativos.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la realidad virtual inmersiva genera mejoras clínicamente relevantes en movilidad cervical, especialmente durante tareas relacionadas con la rotación, lo cual podría tener importantes implicaciones funcionales para rehabilitar a estudiantes que padecen dolor cervical. La figura 1 ilustra el gráfico forest plot mostrando tamaños individuales del efecto, así como sus respectivos intervalos confidenciales, mientras que la tabla 1 resume las características metodológicas correspondientes a cada uno de los dos estudios incluidos.

Tabla 2. Resultados					
Autor/año	Tipo	Población	Intervención	Resultados	
Cetin et al. ⁽¹⁹⁾	Ensayo aleatorizado ciego simple	clínico n= 41 (GRV= 15; GC= 13; GEJERCICIO= 13)	10 sesiones, 2 o 3 veces por semana durante 4 semanas. Grupo con ejercicio tradicional durante 20 min con 10 repeticiones de cada ejercicio. Respiración diafragmática (10 repeticiones) Estiramientos de músculos pectorales, trapecios y escalenos. Ejercicios de educación postural + fortalecimiento (add de hombros y descenso escapular + flexión craneo-cervical + rot de hombros) GRV: RV + ejercicio tradicional durante 20 min cada sesión. RV: Dispositivo Oculus Go + app Ocean Rift con mecanismo de seguir y atrapar criaturas marinas GCM: Terapeuta aplicó CM (Tracción cervical manual + técnica puente + deslizamiento lateral + movilización con rotación y tracción, todos utilizando la técnica Cyriax) + ejercicio tradicional, durante 20 minutos con 10 repeticiones y 1 minuto de descanso entre cada técnica.	Los valores de JPSE en los movimientos de cuello no fueron significativos en ningún grupo de intervención (p>0,005). GRV y GCM evidenciaron valores irrelevantes con JPSE-flexión 0,01, JPSE extensión 0,02, JPSE rotación derecha 0,12 e izquierda con 0,16. Además entre LLF y RLF existe una diferencia moderada de 0,54 y 0,53. En cuanto a los valores de VAS registran un efecto pequeño y moderado de 0,44 comparado entre GRV y GCM. Asimismo, los valores de NDI no fueron estadísticamente significativos, así como en los valores de GPE (p>0,005); sin embargo, en los resultados SF-36 existió una mejora significativa en el Grupo CM con 21,15.	
Kragting et al. ⁽²⁰⁾	Estudio experimental con diseño cruzado	n= 54 (RV EFT=27; RV IFT= 27)	Intervención: Sedestación + Visor de RV + cinturón de fijación de hombros (evita movimientos de tronco) + auriculares con cancelación de ruido. Estrategias utilizadas: RV EFT: Proyección de dos entornos forestales, buscaron aves ocultas durante 90 s con descansos de 2 minutos. RV IFT: en primera instancia en un entorno oscuro, pcte realiza rotación máxima de cuello hacia la derecha e izquierda, flexo-extensión máxima de cuello. Movimientos realizados durante 90s repitiendo 3 veces cada movimiento con descansos de 2 minutos (durante el descanso cerraban los ojos y se mantenían con las gafas de RV)	El rango de rotación con VR EFT (media= 162,1°, IC= 95 %) fue mayor en comparación con el rango de RV IFT (media=135,6°, IC=95°) registrando una diferencia significativa de 27,4° (P<0,001, t(53)= 9,07) y un gran efecto (d= 1,24). Por el contrario, el rango máximo de flexo-extensión con RV EFT (media= 100,4°, IC= 95 %) fue menor a que la intervención con RV IFT (media= 108,6°, IC= 95 %), identificándose una diferencia significativa de 8,2° (P=0,018, t(53)= -2,45) con un efecto de leve a moderado. En cuanto a las pruebas r de Person no se identifican aspectos significativos entre los valores de rangos de movimiento (RV EFT y RV IFT) y el miedo al movimiento relacionado con el rango de movimiento tampoco evidenció resultados significativos (p ≥ 0,197), por lo tanto, las diferencias en el rendimiento de RV IFT y EFT no se explican por las diferencias en el miedo al movimiento.	
Gavish al. ⁽²¹⁾	Ensayo prospectivo de una sola visita	clínico n= 20	Sesiones grabadas, uso de gafas de RV + XRHealth, resultados evaluados mediante software VRPhysio. Movimientos realizados: Flexión, extensión, rotaciones y combinaciones, en total 8 movimientos repetidos 2 veces, aleatoriamente y cada uno con velocidad de 25 s.	Resultado principal: movimientos evaluados por 4 fisioterapeutas certificados + software VRPhysio arroja que el 80 % de los movimientos son aptos para rehabilitación cervical. Prueba exacta bilateral alcanza una significancia real de 0,0414 (p<0,001).	

Santos al. ⁽²²⁾	et	Estudio de desarrollo y fiabilidad	n= 30 (18 y 65 años)	Instrumento: 1 HTC Vive Pro Eye + 1 Vive Tracker + 2 HTC Vive Controllers + 2 estaciones de base Lighthouse + Rastreador de movimiento de espalda fijado con arnés (medir compensaciones de tronco, en vértebra T4) App de RV: motor de juego Unity 3D + OpenVR + framework Steam, con dos interfaces: el entorno de RV que mira el usuario mediante el HMD y el sistema reflejado en el ordenador del examinador.	Prueba Shapiro-Wilk demuestra normalidad en todos los movimientos CROM ($P > 0,05$). De todos los movimientos se registra más compensación en la flexión lateral (variación de $10,61^\circ$ en Evaluador A y $10,78^\circ$ en Evaluador B) Análisis de fiabilidad del intraevaluador en la medición sin compensación oscila entre CCI= 0,86 y 0,96; con compensación CCI= 0,79 y 0,96 y Evaluador A registra valores más bajos de flexión. Fiabilidad del interevaluador de CROM: valores sin compensación entre CCI= 0,81 y 0,97 y con compensación CCI= 0,82 y 0,97. El SEM Y MDC fue menor en las medidas con corrección de compensación comparado con las medidas sin corrección. Como instrumento para evaluar CROM, la aplicación de RV registró una DE=11 con puntuación total de 86.
Tejera al. ⁽²³⁾	et	Ensayo clínico aleatorizado Simple ciego	n= 44 (GRV= 22; GC= 22)	8 sesiones, 2 veces a la semana durante 4 semanas. GRV= Gafas VR Vox Play + Teléfono LG Q6 Primera etapa (Fulldive VR): Visualizar imágenes, nombrarlas y cambiar realizando una flexión lateral de cuello. Al finalizar descansaron 1 min. Segunda etapa (VR Ocean Aquarium 3D + Sonidos de mar): Búsqueda e identificación de animales marinos mediante los movimientos de cuello (Fl, ext, rot) + estímulos auditivos del sonido del mar. En las primeras intervenciones al algún movimiento primero los participantes hacían una flexión cráneo-cervical, después el fisioterapeuta con sus manos controlaba la contracción muscular superficial, gradualmente se retiró la ayuda del examinador para promover la correcta posición cráneo-cervical y la contracción muscular profunda. Dosificación: 3 series de 10 repeticiones, descansos de 30 s entre ejercicios. GC= Ejercicio tradicional En sedestación apoyados a la pared + pelota, realizaron una flexión cervical + flexión cráneo-cervical mantenida En sedestación, extensión cervical + flexión cráneo-cervical Flexión cráneo-cervical + rotaciones + inclinaciones Dosificación: Igual a intervención RV.	Intensidad de dolor (VAS) GRV= Reducción significativa del dolor después de la intervención ($p = 0,01$; $d = 0,121$), al primer mes de tratamiento ($p < 0,01$, $d = 1,12$) y al tercer mes de monitoreo ($p < 0,01$, $d = 1,44$) GC= Disminución significativa del dolor después de la intervención ($p < 0,01$, $d = 0,82$), al mes ($p < 0,01$, $d = 1,53$) y a los tres meses ($p < 0,01$, $d = 1,44$) Rango de movimiento (ANOVA) Diferencias estadísticamente significativas en la rotación a lo largo del tiempo ($F = 4,23$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,09$), sin embargo no existieron efectos significativos en: relación grupo-tiempo ($F = 0,49$, $p = 0,63$, $\eta^2 = 0,01$), factor tiempo en los movimientos de flexo-extensión y flexión lateral (F/E ROM $F = 0,32$, $p = 0,71$, $\eta^2 < 0,01$; flexión lateral $F = 0,86$, $p = 0,46$, $\eta^2 = 0,02$), en la relación tiempo-grupo (F/E ROM $F = 0,03$, $p = 0,99$, $\eta^2 < 0,01$; flexión lateral $F = 1,65$, $p = 0,18$, $\eta^2 = 0,04$) No se evidenciaron diferencias significativas en el análisis post hoc entre los grupos de intervención en sus medidas iniciales y el seguimiento de evolución de la rotación. Kinesiofobia al dolor (ANOVA): diferencias estadísticamente relevantes en la relación grupo-tiempo ($F = 3,89$, $p = 0,01$, $\eta^2 = 0,08$) y a lo largo del tiempo ($F = 16,40$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,28$) El análisis post hoc reveló diferencias significativas únicamente en el GRV: entre inicio y evolución de 3 meses ($p = 0,020$, $d = 0,67$), antes y primer mes ($p = 0,001$, $d = -0,90$), antes y después del tercer mes ($p = 0,001$, $d = -1,42$). Ansiedad (ANOVA): no evidenció diferencias importantes en la relación grupo-tiempo ($F = 0,64$, $p = 0,58$, $\eta^2 = 0,01$), no obstante, si a lo largo del tiempo ($F = 24,18$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,37$).

Emedoli al. ⁽²⁴⁾	et Ensayo controlado aleatorizado	n= 50 (GRV= 21; GC= 19)	<p>12 sesiones 2 veces a la semana durante 6 semanas. Sesión 45 min (15 min terapia manual + GRV (30 min RV / GC (30 min ejercicios)</p> <p>GC= 15 min terapia manual + 30 min de ejercicios</p> <p>Ejercicios simples (flexo-extensión cráneo-cervical + flexiones laterales + rotaciones) + ejercicios con movimientos multiplanares + ejercicios de control motor (dibujar figuras geométricas, letras o números en el aire con movimientos en los tres planos, la velocidad iba cambiando según el terapeuta) GRV= 15 min terapia manual + 30 min terapia sensoriomotor con RV + 2 sensores UMI (frente y manubrio del esternón) + ejercicios del GC</p>	<p>Mediante el análisis post hoc se evidenció efecto moderado-grande en el GRV: después del tratamiento ($p < 0,01$, $d = 0,54$), 1 mes de evolución ($p < 0,01$, $d = 0,70$), 3 meses de evolución ($p < 0,01$, $d = 0,82$). Además, un efecto moderado en el GC: postratamiento ($p < 0,01$, $d = 0,82$), 1 mes ($p < 0,01$, $d = 0,72$) y 3 meses ($p < 0,01$, $d = 0,75$).</p> <p>Resultados postratamiento</p> <p>El GRV reveló valores significativos en cuanto a NDI ($p < 0,001$), NPDS ($p < 0,001$), NRS ($p < 0,001$), TSK ($p = 0,018$) y efectos en CROM máximo de flexo-extensión ($p = 0,009$), inclinación ($p < 0,001$), rotación craneocervical ($p = 0,039$).</p> <p>En la comparación entre grupos, las variables NDI, NPDS, NRS, TSK no reportaron valores significativos, es decir que ambos tratamientos presentaron resultados con la misma magnitud. Sin embargo, los resultados cinemáticos documentaron hallazgos notables en las rotaciones cráneo-cervicales de la intervención con RV ($p = 0,021$).</p>
Nusser al. ⁽²⁵⁾	et Ensayo controlado aleatorizado	piloto n= 51 (GC= 20; GSM= 18; GVR= 17)	<p>GC= Rehabilitación tradicional (Ejercicios para cuello, movilizaciones, fortalecimiento, gimnasia, hidroterapia, técnica escuela de espalda.</p> <p>GSM= Rehabilitación tradicional + 30 min ejercicios de habilidades (carrera de obstáculos, saltar la cuerda, encestar balones), equilibrio (bipedestación con ojos cerrados, ejercicios monopodales), juegos (lanzar y atrapar, malabares, curling) y modalidades en pareja (ping-pong, badminton). Duración: 4 sesiones con 120 min en total.</p> <p>GRV= Rehabilitación tradicional + 20 min entrenamiento sensoriomotor para cuello + RV (casco + monitor + 5DT HMD 800-26 2D). Debían mover la cabeza siguiendo trayectorias orbitales de un globo terráqueo y mantener un círculo blanco lo más cerca del globo, en la proyección virtual era la orientación de la cabeza. Duración: 120 min de intervención</p>	<p>Dolor</p> <p>GRV evidenció reducción de dolor en cabeza y cuello tanto en reposo como en movimiento; en el análisis entre grupos, el GRV obtuvo grandes efectos de disminución de dolor en cefaleas en reposos frente al GC ($p = 0,008$) y en movimiento ($p = 0,023$).</p> <p>Rango de movimiento cervical</p> <p>GRV demostró mejoría en todos los movimientos más significativos en flexo-extensión y rotación izquierda. En el análisis entre grupos el GRV reveló efectos intermedios y grandes en cuanto a la flexión y extensión frente al GC ($p = 0,041$) ($p = 0,007$) y frente al GSM en extensión ($p = 0,031$).</p>

Nota: n: Número de participantes; RV: Realidad virtual; CM: Movilización cervical; GRV: Grupo Realidad virtual; GCM: Grupo Movilización cervical; min: Minutos; JPSE: Error de detección de la posición articular; LLF: Flexión Lateral Izquierda; RFL: Flexión Lateral Derecha; VAS; Escala Analógica del Dolor; NDI: Índice de Discapacidad del Cuello; GPE: Efecto Global Percibido; SF-36: Short form-36; pcte: Paciente; RV EFT: Realidad virtual con tarea de enfoque externo; RV IFT: Realidad Virtual con tarea de enfoque interno; s: segundos; CROM: Rango de movimiento cervical; SEM: Error estándar de medición; MDC: Cambio mínimo detectable; GRV: Grupo realidad virtual; GC: Grupo control; DE Desviación estándar; ANOVA: Análisis de varianza simple; minuto; NDI: Índice de Discapacidad del Cuello; NPDS: Escala de dolor de cuello y discapacidad; NRS: Escala de calificación numérica; TSK: Escala de Tampa de Kinesiofobia; GSM; Grupo sensoriomotor.

Tabla 3. Resultados del Metaanálisis				
Estudio	Movimiento	SMD	IC 95 %	Interpretación
Kragting et al. ⁽²⁰⁾	Rotación cervical	2,47	[1,76, 3,18]	Efecto muy grande
Emedoli et al. ⁽²⁴⁾	Rotación craneocervical	0,68	[0,04, 1,32]	Efecto moderado
Nusser et al. ⁽²⁵⁾	Flexo-extensión	0,70	[0,03, 1,37]	Efecto moderado

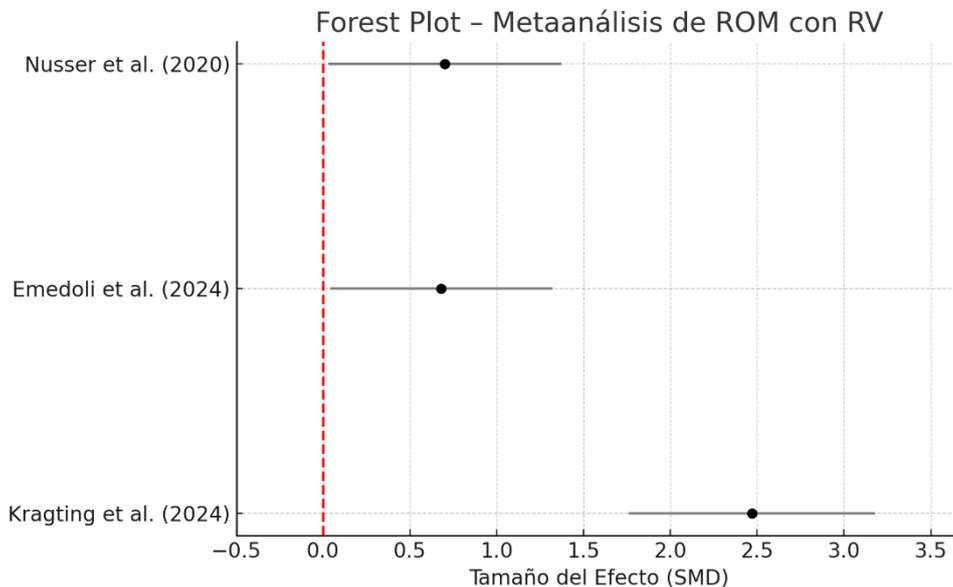


Figura 1. Forest plot

DISCUSIÓN

La realidad virtual se considera como la distracción que actúa como principal mecanismo analgésico debido a que la sensación dolorosa es una combinación multifactorial neurofisiológica generada en el cerebro frente a distintos estímulos, puede verse modificada según la percepción de cada individuo, la cual por su enfoque del procesamiento del dolor y desviación de la atención de sensaciones poco agradables producen una respuesta más enlentecida de las señales dolorosas actuando así directa e indirectamente en las señales y percepciones dolorosas.⁽²³⁾

Según, Tejera et al.⁽²³⁾ y Cioeta et al.⁽²⁶⁾, manifiestan que se registra una reducción significativa del dolor tras implementación de RV efectuadas por el mecanismo distractor atencional, en estudios de neuroimagen se ha evidencia una reducción de la actividad metabólica de las zonas cerebrales vinculadas con el dolor durante intervenciones con RV;^(27,28) otros estudios que corroboran la atenuación del dolor son Gray et al.⁽²⁹⁾ y Pandrangui et al.⁽³⁰⁾ los cuales establecen que se registraron valores altamente significativos en cuanto a la disminución del dolor tras la aplicación de intervenciones con entornos virtuales durante procedimientos ambulatorios (desbridamiento y endoscopia nasal) y postoperatorios (cabeza y cuello).

Por otro lado, en el estudio desarrollado por Cetin et al.⁽¹⁹⁾, el factor dolor evidenció efectos leves y moderados en cuanto a su reducción, valores similares obtenidos por Slatman et al.⁽³¹⁾, donde justifica la efectividad limitada debido a altas expectativas de la población, intervención exclusivamente digital o que la duración/dosificación de la intervención no fue la suficiente, la dosis sugerida en dicho estudio fue de 200 minutos para toda la intervención, en la investigación de Cetin et al.⁽¹⁹⁾, se puede asociar su limitado resultado debido a que dicha investigación tiene por propósito primordial valorar la usabilidad de la RV y no con tanto énfasis en demás variables.⁽³¹⁾

Asimismo, en la proyección de los entornos virtuales mientras más inmersión e interacción brinden los recursos de RV mayor grado analgésico demostrarán, esto debido a que la inclusión de mejoras al usar RV (uso de cascos con mayor campo visual, monitoreo ocular, controles, sonido y animación inmersiva) generan un mayor mecanismo atencional a la actividad desarrollada, distracción de las sensaciones dolorosas y mayor eficacia del tratamiento, a su vez la inclusión de más recursos inmersivos no evidencia efectos secundarios.^(29,32)

Cetin et al.⁽¹⁹⁾ y Tejera⁽²³⁾, presentan valores estadísticamente significativos en cuanto a la disminución del dolor siendo posible asociarlo a la implementación de complementos como auriculares específicos, estímulos auditivos del sonido del mar y el uso de la app VR Ocean Aquarium 3D, de manera similar la inclusión de implementos externos como VR avatar interactivo con cibermano interactiva inmersiva,⁽³²⁾ asimismo Pandrangui⁽³⁰⁾, que presentó mejores resultados al usar RV con sonido y animación inmersiva en comparación con la intervención 2D.

El sentirse parte de la ilusión visual provoca en las personas más diversión y participación al percibir las actividades como placenteras, atractivas e innovadoras, desviando su atención del dolor, mejorando su motivación y reduciendo estados negativos como ansiedad y estrés.^(33,34) El emplear esta estrategia de terapia también puede estar direccionada cuando se ha aplicado un tratamiento tradicional sin embargo existe molestia o inconformidad por parte del individuo para la ejecución del programa, por lo cual se incorporará así el entrenamiento con RV para la adherencia de programas de ejercicios mientras se usa tecnología inmersiva.

Además, los abordajes con RV incluidos en la presente investigación han demostrado efectos beneficiosos en cuanto a la mejora del ROM, se registran resultados favorables en los movimientos cervicales activos en todas las direcciones, presentando gran impacto en rangos máximos de rotación y con menor efecto en flexo-extensión. Este progreso obtenido es consecuencia de la modulación visual que brinda la RV debido a que mejora los grados de rangos de movimiento, con mayores resultados en rotación, a causa de que la proyección de imágenes producen la activación de la vía piramidal, la cual generará un reclutamiento muscular y posterior a ello desencadenará movimientos con mayor amplitud (ROM más intenso), también según Harvie y Kragting la retroalimentación visual discreta o sutil brindará seguridad en la ejecución de movimientos y transformará un movimiento con dolor a uno sin él y con mayor rango de amplitud.⁽³⁵⁾

El metaanálisis llevado a cabo en esta revisión sistemática ofrece datos cuantitativos sobre la efectividad de la realidad virtual inmersiva (RVI) para aumentar el rango de movimiento cervical (ROM) entre estudiantes universitarios que experimentan dolor cervical. Los tres estudios analizados reportaron resultados estadísticamente significativos, con tamaños del efecto variando desde moderados hasta muy grandes, lo cual subraya el potencial terapéutico de esta tecnología en intervenciones rehabilitadoras dirigidas a poblaciones jóvenes.

El estudio realizado por Kragting⁽²⁰⁾, mostró un tamaño del efecto considerablemente grande ($SMD = 2,47$), evidenciando una diferencia notable en la rotación cervical a favor del grupo que utilizó RVI junto con tareas de proyección externa. Este hallazgo sugiere que los entornos inmersivos no solo promueven una participación activa por parte del paciente, sino que también facilitan patrones motores más amplios y funcionales mediante un enfoque atencional externo, alineado con principios fundamentales de control motor y neuroplasticidad.

Por otro lado, las investigaciones llevadas a cabo por Emedoli⁽²⁴⁾ y Nusser⁽²⁵⁾, demostraron efectos moderados tanto en la rotación craneocervical como en flexo-extensión respectivamente. Estos resultados apoyan el uso complementario de RVI combinado con métodos tradicionales tales como ejercicios orientados al control motor o terapia manual; esto refuerza la idea de que integrar tecnologías inmersivas dentro del tratamiento convencional puede generar sinergias beneficiosas para facilitar una recuperación funcional efectiva.^(24,25)

A pesar de los efectos positivos observados en todos los estudios incluidos, es crucial reconocer la heterogeneidad clínica y metodológica existente entre ellos —en términos tanto de dispositivos utilizados como respecto a las dosis aplicadas, tipos específicos de tareas virtuales y variables evaluativas. Sin embargo, el modelo estadístico empleado permitió manejar esta variabilidad e indicó una tendencia general favorable hacia el uso efectivo de RVI.

Si bien los tres estudios presentaron resultados positivos, es crucial señalar la diversidad clínica y metodológica que existe entre ellos. Esta variabilidad abarca no solo los diferentes tipos de dispositivos empleados, sino también las dosis administradas, el tipo de tareas virtuales implementadas y las variables específicas observadas como resultado. Sin embargo, el uso de un modelo estadístico de efectos aleatorios permitió manejar esta heterogeneidad y corroborar una tendencia general favorable hacia la utilización de RVI.

En conjunto, los hallazgos del metaanálisis apoyan la hipótesis que sostiene que la realidad virtual inmersiva representa una herramienta efectiva para mejorar el rango de movimiento cervical en estudiantes con dolores en el cuello; su aplicación podría ser incorporada dentro de programas de rehabilitación en universitarios. Además, se destaca que la rotación cervical parece ser el movimiento más susceptible al entrenamiento inmersivo, posiblemente debido a su relación con actividades visuales y orientaciones en entornos virtuales.

No obstante, lo anterior, es fundamental considerar ciertas limitaciones: el escaso número de estudios incluidos en este metaanálisis restringe la posibilidad de generalizar ampliamente sus conclusiones; además, falta seguimiento a largo plazo para comprender mejor cómo se mantienen estos efectos. Se recomienda llevar a cabo futuros ensayos clínicos con diseños sólidos, muestras más amplias y evaluaciones funcionales estandarizadas para fortalecer aún más las evidencias científicas relacionadas con esta intervención novedosa, además la revisión no se amplió en otras bases de datos.

CONCLUSIONES

La evidencia preliminar de la revisión sistemática presentada, complementada con un metaanálisis exploratorio, demuestra que la realidad virtual inmersiva (RVI) es una estrategia terapéutica efectiva para mejorar el rango de movimiento cervical (ROM) en estudiantes universitarios que sufren dolor cervical. Los estudios evaluados mostraron tamaños del efecto que variaban entre moderados y muy grandes, especialmente en los movimientos de rotación. Esto sugiere que las experiencias inmersivas pueden facilitar una recuperación funcional significativa dentro de esta población.

El uso de RVI presenta ventajas notables frente a métodos tradicionales al integrar elementos como la interacción multisensorial, motivación lúdica y atención externa. Estas características no solo mejoran la adherencia al tratamiento, sino que también estimulan procesos relacionados con la neuroplasticidad. Esta cuestión es particularmente importante en entornos académicos donde factores como el estrés estudiantil, posturas inadecuadas y baja continuidad en tratamientos convencionales dificultan efectivamente la rehabilitación del dolor cervical.

A pesar de que los resultados del metaanálisis son coherentes, se debe tener precaución al interpretarlos debido a la escasa cantidad de estudios analizados y a las diferencias observadas en los protocolos utilizados. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo ensayos clínicos aleatorizados con muestras más amplias, así como desarrollar entornos virtuales personalizados validados clínicamente para estandarizar su aplicación dentro del ámbito fisioterapéutico universitario.

En conclusión, este estudio proporciona evidencia sustancial para apoyar la incorporación de realidad virtual inmersiva en programas destinados a rehabilitar el dolor cervical entre estudiantes; representando así una alternativa innovadora, segura para mejorar tanto movilidad como funcionalidad cervical en jóvenes poblaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato por el apoyo otorgado para la ejecución del proyecto de investigación titulado “Realidad Virtual y Neuromodulación en Estudiantes Universitarios”, aprobado mediante Resolución Nro. UTA-CONIN-2025-0145-R del Consejo de Investigación e Innovación.

Este estudio se enmarca en la convocatoria para la aprobación y financiamiento de proyectos de investigación I+D+i 2024, exclusiva para docentes contratados por la DIDE, y ha sido posible gracias a la confianza institucional depositada en el equipo investigador, así como al respaldo técnico y académico brindado durante todas las fases del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chechet EA, Parfenov VA. Management of patients with neck pain. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2016;8(1):4-8. <https://nnp.ima-press.net/nnp/article/view/575>
2. Tabeeva GR. Neck pain: a clinical analysis of causes and therapy priorities. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2019;11(25):69-75. <https://nnp.ima-press.net/nnp/article/view/1123>
3. Cohen SP. Epidemiology, diagnosis, and treatment of neck pain. *Mayo Clin Proc*. 2015 Feb;90(2):284-99.
4. Aringer M. Remission Possible: New Era of SLE Treatment with Biologics Involvement. *Journal of Clinical Rheumatology and Immunology*. 2024 Jan;24(supp01):9-9.
5. Hammer HB. Pain in Inflammatory and Degenerative Joint Diseases. *J Rheumatol Res*. 2024. <https://doi.org/10.1142/S2661341724740109>
6. Kratter C. Therapeutic management of the painful nerve: a narrative review of common rehabilitation interventions. *Plast Aesthet Res*. 2024;11:1. <https://www.oaepublish.com/articles/2347-9264.2023.78>
7. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*. 2020;161(9):1976-82. https://journals.lww.com/pain/fulltext/2020/09000/the_revised_international_association_for_the.6.aspx
8. Styazhkina EM, Otvetchikova DI, Marchenkova LA. Virtual reality in the rehabilitation of motor disorders in diseases and injuries of the musculoskeletal system. *Fizioterapevt (Physiotherapist)*. 2024 Nov;(5):101-9.
9. Bhise S, Rathi M, Dabadghav R, Atre J. Use of virtual reality in physical rehabilitation: A narrative review. *Curr Med Res Pract*. 2024;14(3):122-7. https://journals.lww.com/cmre/fulltext/2024/14030/use_of_virtual_reality_in_physical_rehabilitation_.6.aspx
10. Cohen SP, Hooten WM. Advances in the diagnosis and management of neck pain. *BMJ*. 2017;358:j3221.
11. Guo Q, Zhang L, Gui C, Chen G, Chen Y, Tan H, et al. Virtual Reality Intervention for Patients with Neck Pain: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Med Internet Res*. 2023;25:e38256. <https://www.jmir.org/2023/1/e38256>

12. Opara M, Kozinc Ž. Virtual reality training for management of chronic neck pain: a systematic review with meta-analysis. *Eur J Physiother.* 2024;26(3):135-47. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21679169.2023.2215831>

13. Sánchez López JD, Cambil Martín J, Luque Martínez F. Belmont report. A theoretical and practical reviewed. *J Healthc Qual Res.* 2021;36(3):179-80.

14. Sampieri R, Collado C, Lucio P. *Metodología de la investigación.* Edición McGraw-Hill. 1996.

15. Zúñiga PIV, Cedeño RJC, Palacios IAM. Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar.* 2023;7(4):9723-62. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658/11620>

16. Steinsaltz D, Dahl A, Wachter KW. Statistical properties of simple random-effects models for genetic heritability. *Electron J Stat.* 2018;12(1):321-56.

17. Araújo A, Nathália I, Vieira U, Nayara J, Da Silva F, Pereira De Faria S, et al. tick: a Python Library for Statistical Learning, with an emphasis on Hawkes Processes and Time-Dependent Models. *Journal of Machine Learning Research.* 2018;18(214):1-5. <http://jmlr.org/papers/v18/17-381.html>

18. Sarkar S, Baidya DK. Meta analysis interpretation of forest plots: A wood for the trees. *Indian J Anaesth.* 2025;69(1):147-52. https://journals.lww.com/ijaweb/fulltext/2025/01000/meta_analysis___interpretation_of_forest_plots__a.18.aspx

19. Cetin H, Aydogdu S, Onal B, Dulger E, Bilgin S, Oge HK, et al. Immersive virtual reality versus cervical mobilization: The effects on joint position sense and pain for chronic neck pain - a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2025 Sep;29(5):101228. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S141335525000577>

20. Kragting M, Voogt L, Coppieters MW, Pool-Goudzwaard AL. Visual feedback manipulation in virtual reality to influence pain-free range of motion. Are people with non-specific neck pain who are fearful of movement more susceptible? *PLoS One.* 2023 Jul;18(7):e0287858. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37406021/>

21. Gavish L, Weissberger O, Barzilay Y. Gamification of Cervical Spine Physiotherapy by Virtual Reality Software: Is This Real Rehabilitation? *Games Health J.* 2023 Dec;12(6):468-71. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37486726/>

22. Santos-Paz JA, Sánchez-Picot Á, Rojo A, Martín-Pintado-Zugasti A, Otero A, Garcia-Carmona R. A novel virtual reality application for autonomous assessment of cervical range of motion: development and reliability study. *PeerJ.* 2022 Sep;10:e13990. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36124134/>

23. Tejera DM, Beltran-Alacreu H, Cano-De-la-cuerda R, Hernández JVL, Martín-Pintado-zugasti A, Calvo-Lobo C, et al. Effects of virtual reality versus exercise on pain, functional, somatosensory and psychosocial outcomes in patients with non-specific chronic neck pain: A randomized clinical trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(16):5950. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32824394/>

24. Emedoli D, Alemanno F, Iannaccone S, Houdayer E, Castellazzi P, Zangrillo F, et al. Sensory-motor training with virtual reality as a complementary intervention to manual therapy for persistent non-specific neck pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2024;60(4):680-90. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38922315/>

25. Nusser M, Kramer M, Knapp S, Krischak G. Effects of virtual reality-based neck-specific sensorimotor training in patients with chronic neck pain: A randomized controlled pilot trial. *J Rehabil Med.* 2021 Feb;53(2):jrm00156. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33369684/>

26. Cioeta M, Pournajaf S, Goffredo M, Giovannico G, Franceschini M. Improving Adherence to a Home Rehabilitation Plan for Chronic Neck Pain through Immersive Virtual Reality: A Case Report. *J Clin Med.* 2023 Mar;12(5):1747. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36902713/>

27. Hoffman HG, Seibel EJ, Richards TL, Furness TA, Patterson DR, Sharar SR. Virtual Reality Helmet Display Quality Influences the Magnitude of Virtual Reality Analgesia. *J Pain*. 2006;7(11):843-50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17074626/>
28. Beck DB, Ferrada MA, Sikora KA, Ombrello AK, Collins JC, Pei W, et al. Somatic Mutations in UBA1 and Severe Adult-Onset Autoinflammatory Disease. *N Engl J Med*. 2020 Oct;383(27):2628-38. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33108101>
29. Gray ML, Goldrich DY, McKee S, Schaberg M, Del Signore A, Govindaraj S, et al. Virtual Reality as Distraction Analgesia for Office-Based Procedures: A Randomized Crossover-Controlled Trial. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2021 Mar;164(3):580-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32746734/>
30. Pandrangi VC, Shah SN, Bruening JD, Wax MK, Clayburgh D, Andersen PE, et al. Effect of Virtual Reality on Pain Management and Opioid Use among Hospitalized Patients after Head and Neck Surgery: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022;148(8):724-30. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35679057/>
31. Slatman S, Heesink L, Achterkamp R, Broeks J, Lemans B, de Oliveira NM, et al. Cluster-Randomised Controlled Trial of At-Home Virtual Reality for People With Chronic Musculoskeletal Pain on the Waiting List. *Eur J Pain*. 2025;29(6):1077-92. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40616335/>
32. Hoffman HG. Interacting with virtual objects via embodied avatar hands reduces pain intensity and diverts attention. *Sci Rep*. 2021;11(1):10672. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8140079/>
33. Luc A, Lambricht N, Aujoulat I, Detrembleur C, Pitance L. Experiences of People with Persistent Nonspecific Neck Pain Who Used Immersive Virtual Reality Serious Games in the Home Setting: A Qualitative Study. *Phys Ther*. 2025;105(4):pzae020. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39388230/>
34. Zizolfi B, Foreste V, Trinchillo MG, Borrelli D, Gallo A, De Angelis MC, et al. The impact of virtual reality technology in the era of See & Treat hysteroscopy: a randomised controlled trial. *Facts Views Vis Obgyn*. 2025;17(2):115-22. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40546021/>
35. Harvie DS, Smith RT, Moseley GL, Meulders A, Michiels B, Sterling M. Illusion-enhanced Virtual Reality Exercise for Neck Pain: A Replicated Single Case Series. *Clin J Pain*. 2020;36(2):101-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31714324/>

FINANCIACIÓN

Este estudio ha sido financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), en el marco de la convocatoria interna para la aprobación y ejecución de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) del año 2024. El proyecto titulado “Realidad Virtual y Neuromodulación en Estudiantes Universitarios” fue aprobado mediante la Resolución Nro. UTA-CONIN-2025-0145-R y cuenta con el respaldo académico y económico institucional para su desarrollo durante el período establecido.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Melany Katherine Defaz Rea, Paola Gabriela Ortiz Villalba, Alexander Josué Monge Roque.

Curación de datos: Melany Katherine Defaz Rea, Josselyn Gabriela Bonilla Ayala, Mayorga Zaldaña Mateo Josué.

Análisis formal: Melany Katherine Defaz Rea, Jeannette Mercedes Acosta Nuñez, María Belén Eugenio Arias.

Investigación: Melany Katherine Defaz Rea, Paola Gabriela Ortiz Villalba, Josselyn Gabriela Bonilla Ayala, Víctor Santiago Manzano Villafuerte.

Metodología: Melany Katherine Defaz Rea, Paola Gabriela Ortiz Villalba, Jeannette Mercedes Acosta Nuñez, Christopher Hilario Acosta Nuñez.

Administración del proyecto: Jeannette Mercedes Acosta Nuñez.

Software: Jeannette Mercedes Acosta Nuñez, Fabricio Alejandro Vásquez de la Bandera Cabezas.

Supervisión: Paola Gabriela Ortiz Villalba, Josselyn Gabriela Bonilla Ayala.

Redacción - Melany Katherine Defaz Rea, Paola Gabriela Ortiz Villalba, Josselyn Gabriela Bonilla Ayala, Jeannette Mercedes Acosta Nuñez, Fabricio Alejandro Vásquez de la Bandera Cabezas.