



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE FISIOTERAPIA

Realidad virtual en lesiones medulares

Trabajo de titulación para optar al título de Licenciadas en Fisioterapia

Autores:

Lozada Ulloa, Adamaris Lizeth

Tixi Guaraca, Joselin Lisbeth

Tutor:

Mgs. Johannes Alejandro Hernández Amaguaya

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARACIÓN DE AUTORIA


Nosotras, **Adamaris Lizeth Lozada Ulloa**, con cédula de ciudadanía con número **1501150096** y **Joselin Lisbeth Tixi Guaraca**, con cédula de ciudadanía con número **1726348350**, autores del trabajo de investigación titulado “**Realidad virtual en lesiones medulares**”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, octubre, 2024.



Lozada Ulloa, Adamaris Lizeth
CI. 1501150096



Tixi Guaraca, Joselin Lisbeth
C.I 1726348350

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Mgs. Johannes Alejandro Hernández Amaguaya** catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado **“Realidad virtual en lesiones medulares”**, bajo la autoría de las estudiantes **Adamaris Lizeth Lozada Ulloa y Joselin Lisbeth Tixi Guaraca**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 10 días del mes de octubre de 2024.



Mgs. Johannes Alejandro Hernández Amaguaya

TUTOR

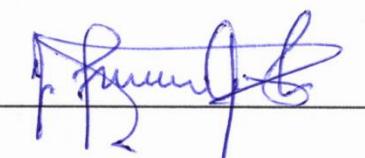
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Realidad virtual en lesiones medulares”** presentado por **Adamaris Lizeth Lozada Ulloa** con cédula de identidad número **1501150096** y **Joselin Lisbeth Tixi Guaraca** con cédula de identidad número **1726348350**, bajo la tutoría de **Mgs. Johannes Alejandro Hernández Amaguaya**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de sus autores no teniendo más que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba octubre, 2024.

Dr. Vinicio Caiza Ruiz

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Ernesto Vinueza Orozco

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dr. Jorge Rodríguez Espinosa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **LOZADA ULLOA ADAMARIS LIZETH** con CC: 1501150096 y **TIXI GUARACA JOSELIN LISBETH** con CC: 1726348350, estudiantes de la Carrera de **FISIOTERAPIA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**REALIDAD VIRTUAL EN LESIONES MEDULARES**", cumple con el **5%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 9 de octubre de 2024.

Mgs. Johannes Hernández Amaguaya
TUTOR

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo, fruto de nuestro esfuerzo a quienes han sido y son nuestro pilar, nuestros padres; ellos son testigos del esfuerzo diario durante toda la vida y carrera universitaria y su apoyo incondicional se ve reflejado en este documento. Retribuimos su gran esfuerzo, paciencia y amor hacia nosotras terminando una parte de nuestra vida académica y profesional. A nuestros hermanos quienes nos han apoyado incondicionalmente y han sido testigos de cada uno de los obstáculos que hemos tenido que atravesar para llegar hoy aquí. Este trabajo lo dedicamos con todo nuestro cariño a los ya mencionados sabiendo que las palabras escritas no describen toda la gratitud y amor que sentimos hacia ellos.

Atentamente
Adamaris Lizeth Lozada Ulloa
Joselin Lisbeth Tixi Guaraca

AGRADECIMIENTO

Primeramente, queremos agradecer a Dios por otorgarnos las bendiciones recibidas hasta el día de hoy, por ser nuestro guía espiritual y llenarnos de sabiduría frente a cada adversidad tanto en la vida personal como profesional.

Gracias a mis padres Jaime Lozada y Marlene Ulloa quienes me han brindado todo el apoyo y amor incondicional cada día de mi vida, confiando en mi plenamente, por motivarme y hacer de mí una persona de bien, gracias por resguardar mis sueños y estar presentes en cada tapa de mi vida. Al igual a mis abuelitos cuya sabiduría y cariño han sido una fuente inagotable de inspiración y fortaleza.

*Atentamente,
Adamaris Lizeth Lozada Ulloa*

Gracias a mis padres Juan Tixi Lluco y Norma Guaraca Quishpe quienes me han acompañado día a día con su sabiduría y se han esmerado por convertirme en una mujer de bien no solo personalmente sino profesionalmente. A ellos les agradezco por permitirme terminar esta linda carrera Universitaria, además quiero agradecer a mi abuelita Carmela Lluco quien me enseño las dificultades que se enfrenta en el día a día y cómo afrontarlas, gracias por su amor y bondad.

*Atentamente,
Joselin Lisbeth Tixi Guaraca*

Además, queremos agradecer de igual manera a nuestros maestros quienes han sido parte de nuestra formación académica quienes nos han sabido forjar con ética y moral, en especial a nuestro tutor Msc. Johannes Hernández Amaguaya, por guiarnos en todo este proceso. Finalmente agradecemos a todas las personas que Dios ha puesto en nuestro camino y nos han permitido desarrollarnos como profesionales y seres humanos.

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORIA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Médula Espinal	16
2.1.1 Tractos de la médula espinal	16
2.1.2 Reflejos de la médula espinal	16
2.2 Lesión traumática de la médula espinal.....	17
2.2.1 Epidemiología.....	17
2.2.2 Fisiopatología	17
2.2.3 Clasificación y factores de riesgo	17
2.2.4 Presentación Clínica	18
2.3 Realidad virtual.....	20
2.3.1 Concepto de realidad virtual.....	20
2.3.2 Componentes de la Realidad Virtual	21
2.3.3 Realidad virtual y Neuro-rehabilitación de Lesión de Médula espinal	21
2.3.4 Tiempo de intervención con realidad virtual para una neuro plasticidad.....	22
CAPITULO III. METODOLOGÍA	24
3.1 Criterios de inclusión y exclusión	24
3.1.1 Criterios de inclusión.....	24
3.1.2 Criterios de exclusión	24
3.2 Técnicas de recolección de información	24
3.3 Estrategia de búsqueda	25

3.4 Proceso de selección y extracción de datos	25
3.5. Evaluación de la calidad metodológica	25
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Resultados.....	32
4.2 Discusión	54
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
CAPITULO VI. PROPUESTA	57
6.1 Propuesta	57
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reflejos clínicamente importantes.....	16
Tabla 2. Estrategia de búsqueda	25
Tabla 3. Estudios experimentales aleatorizado valorado por la escala PEDro.....	27
Tabla 4. Estudios experimentales no aleatorizado valorado por la escala Downs and black checklist.....	30
Tabla 5. Resultados de la medición de las variables: Equilibrio, funcionalidad, calidad de vida y marcha.....	32
Tabla 6. Resultados de la medición de la variable: Dolor neuropático en lesiones medulares	44
Tabla 7. Resultados de la medición de la variable: musculatura, funcionalidad, independencia y grados de movimiento articular	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la inclusión de los estudios.....	26
Figura 2. Logotipo del taller (Realidad virtual en rehabilitación).....	57
Figura 3. Formulario de valoración ASIA.....	65
Figura 4. Escala de PEDro.....	65
Figura 5. Escala Downs & Black quality checklist	66

RESUMEN

La lesión de la médula espinal presenta un desafío importante para la rehabilitación y recuperación del paciente. Aunque los métodos tradicionales son útiles, la realidad virtual surge como un enfoque innovador con potencial para mejorar los resultados terapéuticos. El objetivo de la investigación fue analizar los efectos de la realidad virtual en el proceso de rehabilitación física en una persona con lesión medular, a través de un proceso de revisión bibliográfica de estudios indexados en las principales bases de datos científicas para difundir y respaldar su aplicación clínica en esta población. El método utilizado fue el inductivo, tipo de investigación bibliográfica, con enfoque cualitativo y diseño descriptivo. Las bases datos para la selección de estudios en base a los criterios de inclusión, fueron: PubMed, Web of Science, Embase, Cochrane y Scopus, publicados desde 2013. La revisión bibliográfica reveló para el manejo integral del paciente con lesión medular, se identificaron diversas escalas de medición, incluyendo la escala de independencia funcional, la escala de equilibrio de Berg, la escala de medición de la fuerza muscular y la medida de independencia de la médula espinal. La realidad virtual mostró beneficios terapéuticos significativos para pacientes con lesión de la médula espinal, mejora del equilibrio, disminuye el dolor neuropático y sirve de complemento a la farmacoterapia sin provocar ciber enfermedad. En conclusión, la realidad virtual es una alternativa innovadora para incluir al proceso de rehabilitación del paciente con médula espinal, sin embargo, se necesita mayor investigación con un numero de muestra más alto y seguimiento a largo plazo.

Palabras clave: Realidad virtual; terapia de exposición a la realidad virtual; lesiones de la médula espinal; lesión de la médula espinal; juegos de video.

ABSTRACT

Spinal cord injury presents a significant challenge for patient rehabilitation and recovery. Although traditional methods are useful, virtual reality emerges as an innovative approach with potential to improve therapeutic outcomes. Therefore, the objective of this research was to analyse the effects of virtual reality in the physical rehabilitation process in a person with spinal cord injury through a bibliographic review process of studies indexed in the main scientific databases. to disseminate and support its clinical application in this population. This bibliographic study reviewed articles indexed in PubMed, Web of Science, Embase, Cochrane, and Scopus, published since 2013. We used an inductive approach and a qualitative descriptive design. The inclusion criteria focused on randomised clinical trials, randomised controlled pilot trials, and pre-post-test experimental studies. The literature review revealed that the clinical presentation of spinal cord injury is characterised by comprehensive management of patients with spinal cord injury. Various measurement scales were identified, including the Functional Independence Scale, the Berg Balance Scale, the Muscular Strength Measurement Scale, and the Spinal Cord Independence Measure. by sensorimotor alterations that vary depending on the level and severity of the injury. For the comprehensive management of patients with spinal cord injury, various measurement scales were identified, including the Functional Independence Scale, the Berg Balance falls, the Muscular Strength Measurement Scale, and the Spinal Cord Independence Measure. In conclusion, virtual reality shows significant therapeutic benefits for patients with spinal cord injury. Virtual reality improves balance, reduces the risk of falls, and relieves neuropathic pain. In addition, it complements pharmacotherapy without causing cyber disease. Although more studies with larger sample sizes and long-term follow-up are required, virtual reality is emerging as a promising option in the rehabilitation of acute traumatic spinal cord injury.

Keywords: Virtual reality; virtual reality exposure therapy; spinal cord injuries; spinal cord injury; video games.



Revised by
Mario N. Salazar
English Teacher

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La lesión de la médula espinal (LME) es una condición que afecta el sistema nervioso central, caracterizada por un fallo multisensorial que puede ser causado por eventos traumático (accidentes de tránsito, complicaciones quirúrgicas, heridas militares, disparos) o por eventos no traumáticos (tumores, patologías degenerativas de la médula espinal)(1). La LME presenta desafíos físicos, emocionales y sociales, con obstáculos persistentes en la restauración funcional y realización de las actividades de la vida diaria. Según la Organización Mundial de la Salud y la International Spinal Cord Society, la incidencia global de lesión de la médula espinal de origen traumático (LME/T) es de aproximadamente 15,4 millones de personas en 2021. Aunque estudios recientes indican un aumento leve en las lesiones no traumáticas, con una incidencia actual de 26 por millón. Respecto a la prevalencia, las LME varían de acuerdo al continente, 280 casos por millón en Europa; 1,298 casos por millón América del norte (2).

Para la región de América central, los valores de incidencia son; 24 por millón; y en América del sur, 25 por millón(3); las lesiones traumáticas de la médula espinal (LME/T), en el sexo masculino tiene una incidencia mayor al 80% a la de las mujeres con una razón de 3:1 a 4:1(4).

Respecto a Ecuador según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 453 ecuatorianos sufrieron una LME de origen traumático, donde se ve una afección del 42,38% en jóvenes de 25-44 años, teniendo mayor incidencia en el género masculino con 66.7% (5).

La rehabilitación temprana es crucial en los pacientes con lesión traumática de la médula espinal para preservar la funcionalidad del sistema músculo esquelético, combatir la rigidez articular, atrofia muscular, además de evitar acumulación de secreciones. Esto se consigue mediante movilizaciones activas, activas-asistidas y pasivas que incorporan ejercicios para fortalecer la musculatura, coordinación, postura, equilibrio y uso de maniobras de expansión torácica. Finalmente, para una intervención integral, la terapia ocupacional es un complemento esencial(6).

La realidad virtual (RV) simula un entorno multisensorial, interactivo, basado en dispositivos digitales en tiempo real, ofreciendo a los usuarios oportunidades para interactuar con situaciones o escenarios que simulan el mundo u objetos reales, de ese modo se crea entornos divertidos permitiendo desarrollar, readaptar diferentes habilidades y técnicas basadas en tareas de mejoras funcionales, amplitud articular de extremidades superiores e inferiores, tanto activa como pasiva, y beneficios en la readaptación en las actividades de la vida diaria (AVD) (7,8). La RV emerge como una terapia prometedora en la neurorrehabilitación de pacientes con LME/T, estos hallazgos se alinean según Orsatti B, Díaz O (9), y de Miguel Rubio (10), los cuales sostienen que los efectos de la RV son sobre la función motora, equilibrio y bienestar psico-emocional.

La investigación surge de la necesidad de explorar el potencial impacto de la “Realidad virtual en lesiones medulares” buscando enfoques terapéuticos innovadores a través de una revisión crítica de la literatura para contribuir al conocimiento científico, proporcionando evidencia sólida sobre la eficacia de la RV en las personas con LME/T. La lesión de la médula espinal traumática conlleva desafíos sustanciales y, a pesar de los avances médicos existe una persistencia limitante significativa en el campo de la rehabilitación. La RV se presenta como una herramienta innovadora con el potencial de transformar positivamente la atención y rehabilitación de los pacientes con LME/T.

La importancia de la investigación destaca por su contribución para potenciar positivamente la atención y rehabilitación de las personas que han experimentado LME/T mediante el uso de la RV. Dada la naturaleza desafiante y las limitaciones persistentes en los enfoques de rehabilitación convencionales, la introducción de la realidad virtual representa una oportunidad innovadora para mejorar la funcionalidad física y la calidad de vida de los pacientes con lesión traumática de la médula espinal, lo que podría influir directamente en la formulación de estrategias terapéuticas más efectivas y en la mejora global de la atención clínica, aportando conocimientos valiosos a la comunidad científica y médica.

Los resultados de la revisión bibliográfica arrojan luz sobre el potencial de la RV como herramienta de rehabilitación para pacientes con LME/T. La evidencia recopilada sugiere que la RV puede generar beneficios significativos en la recuperación de la función motora, el equilibrio y el bienestar psico-emocional de estos pacientes, al mismo tiempo que fomenta una mayor motivación e involucramiento en el proceso de rehabilitación.

Sin embargo, es crucial reconocer la necesidad de estudios más robustos, con metodologías rigurosas y períodos de intervención más prolongados, para consolidar la evidencia existente. Esta investigación aporta información valiosa para profesionales de la salud y diseñadores de programas de rehabilitación, guiándolos hacia una aplicación más informada y efectiva de la RV en la neurorrehabilitación de pacientes con LME/T, basada en una sólida base de evidencia científica. Por tanto, este estudio tiene como objetivo analizar los efectos de la realidad virtual en el proceso de rehabilitación física en una persona con lesión medular, a través de un proceso de revisión bibliográfica de estudios indexados en las principales bases de datos científicas para difundir y respaldar su aplicación clínica en esta población.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Médula Espinal

La médula espinal es una parte crucial del sistema nervioso central, ubicada dentro del conducto vertebral. Se extiende desde el foramen magno hasta el nivel de la primera o segunda vértebra lumbar. Su anatomía está diseñada para cumplir su función principal: transmitir impulsos nerviosos entre el encéfalo y los demás órganos y tejidos del cuerpo. Esta función la convierte en el centro de los reflejos espinales (11).

2.1.1 Tractos de la médula espinal

En cuanto a su anatomía, la médula espinal contiene tractos ascendentes y descendentes. Los tractos ascendentes primarios transmiten información sensorial periférica al cerebro. Por el contrario, los tractos descendentes transmiten impulsos motores desde la corteza cerebral por todo el cuerpo(12,13).

2.1.2 Reflejos de la médula espinal

Es la respuesta de los circuitos neuronales contenidos en la médula espinal, estas son provocadas por estímulos, que actúan sobre los receptores de cada circuito, esta actividad es controlada mediante tractos que dirigen parte de la información a la corteza motora(12,13).

2.1.2.1 Reflejos clínicamente importantes

Los reflejos tendinosos profundos, o reflejos de estiramiento, son respuestas ipsilaterales que requieren una única sinapsis, lo que los clasifica como monosinápticos. El componente aferente de estos reflejos consiste en una neurona sensorial que se origina en los husos musculares y se dirige hacia la médula espinal. El componente eferente, por su parte, está formado por una neurona motora inferior que se extiende desde la médula espinal hasta la unión neuromuscular (*tabla 1*).

Tabla 1. Reflejos clínicamente importantes

REFLEJO	MÚSCULO PROBADO	NIVEL ESPINAL
Reflejo del bíceps	Bíceps	C5-C6
Reflejo braquiorradial	Braquiorradial	C5-C6
Reflejo del tríceps	Tríceps	C7-C8
Reflejo de rodilla (rotuliano)	Cuádriceps	L3-L4
Reflejo del tobillo (Aquiles)	Gastrocnemio	S1 - S2
Reflejo cremastérico	Cremáster	L1-L2
Reflejo de guño anal	Esfínter anal externo	S4-S5

Fuente: Tomado de Eisen A y Kachur E. **Acute traumatic spinal cord injury.** Uptodate [Internet]. 2024 junio. Disponible en https://www.uptodate.com/contents/acute-traumatic-spinal-cord-injury?search=Acute%20traumatic%20spinal%20cord%20injury&source=search_result&selectedTitle=1%7E58&usage_type=default&display_rank=1#H1

2.2 Lesión traumática de la médula espinal

2.2.1 Epidemiología

En Ecuador la lesión de medula espinal de origen traumático según el instituto Nacional de Estadísticas y Censos y el Ministerio de Salud Pública del Ecuador en 2014 señala 453 casos nuevos con incidencia mayor en jóvenes de 25-44 años; siendo esta la sexta causa de mortalidad debido a accidentes de tráfico con un total de 3059 muertes anuales con una tasa de mortalidad del 19,09% por cada 100 mil habitantes en 2014(5).

Las causas de lesión traumática de la médula espinal en el Ecuador son(5):

- Accidentes automovilísticos: 46%.
- Caídas: 18%.
- Heridas de bala: 17%.
- Accidentes deportivos: 13%.
- Otros: 6%.

2.2.2 Fisiopatología

La mayoría de las lesiones de la médula espinal se producen en asociación con una lesión de la columna vertebral. Estos pueden incluir uno o más de los siguientes(8):

- Fractura de uno o más de los elementos óseos.
- Dislocación en una o más articulaciones.
- Desgarro de ligamentos
- Rotura y/o hernia del disco intervertebral.

2.2.3 Clasificación y factores de riesgo

Existen varias formas de clasificar la lesión de la médula espinal. Puede dividirse en traumática y no traumática según su causa; la última no se encuentra muy documentada dada la diferencia de conceptos entre autores. La mayoría, parece centrarse en etiologías por enfermedades crónicas progresivas, causadas por tumores, insuficiencia vascular, cambios degenerativos y otras causas congénitas(14).

Las lesiones medulares traumáticas se clasifican de 3 formas diferentes. De acuerdo con la extensión de lesión en: completa e incompleta; según el mecanismo de lesión en: lesión por hiperflexión, flexión con rotación, hiperextensión o por compresión; y por nivel de lesión en: cervical, dorsal y lumbosacra. Se denominan considerando el último nivel intacto, es decir, aquellos que preservan todas las funciones neurológicas (motoras, sensitivas y autonómicas)(15).

También se puede clasificar según la funcionalidad clínica de la persona, teniendo en cuenta

que cuanto más alto está el segmento medular afectado, mayor será la afectación. Los esquemas internacionales para la clasificación neurológica y funcional de la lesión consisten en un sistema ampliamente reconocido que representa tanto el grado como el nivel de la

lesión, apoyándose en un examen neurológico de la función sensitiva y motora de manera sistemática. Esta clasificación se conoce como la Escala de Medición de la Discapacidad de la Asociación Americana de lesión medular (del inglés, American Spinal Injuries Association) o escala de ASIA(15).

La distinción entre las diferentes discapacidades ASIA se realiza en base a la ausencia o presencia de la función motora y sensitiva. Se observa un mayor predominio de la lesión de grado A, seguido de las de grado B y C, y con menor frecuencia las de grado D y E(15).

2.2.4 Presentación Clínica

Un paciente con una lesión de la médula suele sentir dolor a nivel de la fractura en el raquis; sin embargo, su ausencia no siempre es una característica confiable, para excluir lesión traumática de la médula espinal. Los pacientes con lesión traumática de la médula espinal (LMN/T) a menudo tienen lesiones cerebrales y sistémicas asociadas (por ejemplo, hemotorax, fracturas de las extremidades, lesiones intraabdominales) que pueden limitar la capacidad del paciente para informar dolor localizado. Estos también complican la evaluación inicial y el tratamiento de los pacientes y afectan el pronóstico(8,16). Aproximadamente la mitad de las LME/T afectan la médula cervical y, como resultado, se presentan tetraplejía (17). La gravedad de los síndromes de la médula se clasifica utilizando la escala de la Asociación Americana de Lesiones de la Columna (ASIA).

Dolor Neuropático

Se define como un dolor crónico en respuesta o consecuencia secundaria a una lesión o enfermedad en donde se observa afección del sistema somatosensorial. Lo cual provocan cambios neuroplásticos específicos característicos de este tipo de dolor(18).

2.2.4.1 Síndromes medulares

2.2.4.1.1 Síndrome completo de la médula espinal

Se manifiestan característicamente de 6 a 8 semanas después de la desaparición del shock espinal. Se observa una función sensorial y motora bilateralmente ausente debajo de la lesión, incluidos los segmentos sacros más bajos (S4-S5), junto con sensación alterada. La hipertonía muscular con paresia espástica, hiperreflexia y clonus inagotable, como el clonus de tobillo, son evidentes. La parálisis bilateral del diafragma resulta en dificultad para respirar, toser y estornudar. Se presenta la ausencia de reflejo anal y reflejos patológicos, como el reflejo de Babinski positivo. La vejiga neurogénica causa micción por contracciones, y la contracción descoordinada de la vejiga y la relajación del esfínter urinario provoca micción frecuente, pérdida de orina, nicturia y/o vaciado incompleto de la vejiga.

El intestino neurogénico se manifiesta con estreñimiento/impactación intestinal, incontinencia intestinal y diarrea. En hombres, puede ocurrir disfunción eréctil. Además, se observa disreflexia autonómica en lesiones de la médula espinal en T6 o superior. Las

manifestaciones delinean la naturaleza integral y desafiante del síndrome completo de médula espinal(14,19,20).

2.2.4.1.2 Síndrome de cola de caballo

Afecta el tracto espinal de la cauda equina, se manifiesta con características clínicas específicas. Se presenta de manera unilateral y asimétrica, causando daño al nervio motor inferior, resultando en debilidad muscular flácida y atrofia en la pierna afectada. Acompañado por dolor radicular severo, hiporreflexia, y la ausencia de reflejo rotuliano y reflejo aquíleo. Además, se observa anestesia en la silla de montar y pérdida del control del esfínter anal y vesical, subrayando la complejidad y gravedad de las manifestaciones clínicas asociadas al síndrome(20).

2.2.4.1.3 Síndrome del cono medular

Son resultado de daños, como traumatismos, en los segmentos T12-L2 de la médula espinal, se caracteriza por manifestaciones clínicas repentinas y bilaterales. Los pacientes experimentan debilidad muscular simétrica y flácida en las extremidades inferiores, acompañada posiblemente de fasciculaciones. Además, se presenta dolor lumbar, arreflexia, y el reflejo de Aquiles puede estar ausente. Se observa entumecimiento perianal simétrico y bilateral, disociación sensorial, y la presencia de incontinencia vesical y fecal, detallando la complejidad y gravedad de las manifestaciones asociadas al síndrome específico del cono medular(8).

2.2.4.1.4 Síndrome del cordón central:

Un síndrome del cordón central se manifiesta con la parecía motora bilateral afecta de manera desproporcionada las extremidades superiores, siendo más notable en las distales que en las proximales. El fenómeno se debe a que las fibras motoras que inervan los brazos están más cercanas al centro del tracto corticoespinal, mientras que las fibras de las piernas se encuentran en una posición más lateral. Además, se observa un deterioro sensorial variable y la presencia de un dolor ardiente en los brazos. La pérdida de la sensación de dolor y temperatura en los brazos es consecuencia del daño al tracto espinotalámico(21,22).

2.2.4.1.5 Síndrome de la médula anterior.

El síndrome de médula anterior se manifiesta en dos fases distintas. En la fase aguda, que se desarrolla en cuestión de horas, los pacientes experimentan dolor en la espalda o el pecho, choque espinal y pérdida bilateral de temperatura y sensación de dolor debajo del nivel de la lesión. También se observan déficits de neuronas motoras inferiores, disfunción autonómica (afectando vejiga, intestino y función sexual), y la ausencia de reflejo bulbocavernoso. En la fase tardía, que ocurre después de días o semanas, persiste la disfunción sensorial y autonómica. Además, se presenta disfunción motora superior y déficits de neuronas motoras inferiores a nivel de la lesión, manifestándose como paraparesia espástica o cuadriparesia, así como hiperreflexia en la asta anterior(20).

2.2.4.1.6 Síndrome de la lesión medular Brown- Sequard o hemisección.

El Síndrome de Brown-Sequard o de Hemisección Medular se presenta como resultado de un trauma penetrante; una Hemisección medular se caracteriza por pérdida de la función motora ipsilateral secundaria a interrupción del tracto cortico espinal, pérdida de la sensibilidad profunda, de la propiocepción (debido a afección de los cordones posteriores) y pérdida contralateral de la sensibilidad termoalgésica por disfunción del tracto espinotalámico(23).

2.3 Realidad virtual

2.3.1 Concepto de realidad virtual

En las dos últimas décadas la realidad virtual (RV) se ha incorporado en la práctica de la fisioterapia como herramienta terapéutica que facilita la recuperación funcional. Ahora bien, nos preguntamos ¿cómo contribuye la realidad virtual en las intervenciones que realizamos? La contestación a dicha pregunta la podemos encontrar remontándonos a sus comienzos para entender lo que es el desarrollo de dicha tecnología(10).

Los primeros sistemas de RV datan de la década de 1970, pero no es hasta los años ochenta cuando comienza a considerarse una tecnología viable y con una aplicación real(24). Hoy en día, la RV se entiende como (...) *un medio interactivo compuesto por simulaciones de computadora, que detecta la posición y las acciones del participante y reemplaza o aumenta la respuesta a uno o más sentidos, dando la sensación de estar mentalmente inmerso o en la simulación de un mundo virtual (...)*(25). Tanto la interacción como la inmersión en los sistemas de realidad virtual vienen determinadas por el modelo de interfaz, pudiendo agrupar los diferentes sistemas de RV, según sus características inmersivas, básicamente distinguimos tres tipos de sistemas(10,25,26).

2.3.1.1 Realidad virtual inmersiva

En ella el paciente se siente totalmente integrado en el mundo virtual. Se necesita dispositivos periféricos de sensores y efectores como cascos, gafas de RV y guantes (10).

2.3.1.2 Realidad virtual semi inmersiva

Estos sistemas se basan en la proyección de imágenes virtuales en las paredes de un espacio cerrado, dentro del cual se encuentra el usuario. El objetivo es provocar la experiencia inmersiva mediante la proyección de un espacio virtual de 360° utilizando diferentes ángulos de visión de la misma imagen que se actualizan simultáneamente. El usuario controla sus movimientos en el entorno virtual y en algunos casos puede también interactuar con los objetos que encuentra en el mismo(10,27).

Existen sistemas semi inmersivos menos complejos, denominados de segunda persona. Estos ofrecen imágenes tridimensionales no envolventes sobre una única pantalla curva que permite cubrir el campo visual del sujeto. Esta imagen es conocida como “avatar o identidad virtual”. Estos sistemas de realidad aumentada son capaces de superponer la “información

visual” sobre un entorno físico en tiempo real, mediante el uso de gafas o pantallas que combinan ambos tipos de imágenes(27).

2.3.1.3 Realidad virtual no inmersiva

Los sistemas presentan el mundo virtual en la pantalla de un ordenador y el usuario interactúa con él mediante un teclado o un ratón. A pesar de tratarse de una proyección en un escritorio virtual se puede conseguir una sensación de inmersión psicológica, aunque no exista inmersión sensorial completa. Entre los sistemas no inmersivos de RV hay que considerar las consolas comerciales de bajo coste conocidos como videojuegos(10,26).

2.3.2 Componentes de la Realidad Virtual

Los componentes de la RV son los diferentes equipos que llevan a cabo la experiencia inmersiva y semi inmersa que se encargan de modificar el sentido del tiempo, el espacio y la interactividad. El hardware produce la experiencia inmersiva y al software que simula el mundo real. Los componentes de hardware más importantes son: el computador, los periféricos de entrada y los periféricos de salida, mientras que los componentes software más importantes son: los programas de simulación sensorial (simulación visual, auditiva, táctil...), simulación física (movimiento de la cámara virtual, detección de colisiones, cálculo de deformaciones...), y de tratamiento de los datos de entrada(10,25).

2.3.3 Realidad virtual y Neuro-rehabilitación de Lesión de Médula espinal

2.3.3.1 Tratamiento con realidad virtual

La literatura acerca de los efectos del tratamiento con realidad virtual aplicados a pacientes con lesión de la médula espinal es limitada, pero sugiere que la realidad virtual (RV) puede tener beneficios en la mejora de la función motora, el equilibrio y la salud psico-emocional de los pacientes, así como en la motivación, la seguridad y la participación en el proceso de rehabilitación. Sin embargo, también se señala la necesidad de realizar más estudios con mayor rigor metodológico, mayor número de participantes y mayor duración de las intervenciones para confirmar la eficacia y la utilidad clínica de la realidad virtual en pacientes con lesión medular.

Una revisión sistemática realizada por Orsatti y Díaz (9) analizaron 11 estudios que evaluaron la eficacia de la realidad virtual no inmersiva o inmersiva como terapia complementaria a las terapias convencionales en 155 pacientes con lesión de la médula espinal. Los resultados mostraron una mejora funcional motora, de equilibrio y de salud psico-emocional con efectos positivos de motivación, seguridad, compromiso y activa participación en los pacientes que recibieron la realidad virtual.

Otra revisión sistemática realizadas por García-Molina et al. (28) que examinó la efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación del miembro superior en pacientes con lesión de la médula espinal. Los resultados de los cinco estudios incluidos mostraron una

buenas tendencias de la realidad virtual en combinación con la terapia convencional, pero también se encontraron limitaciones en la calidad metodológica, la heterogeneidad de las intervenciones y los instrumentos de evaluación, y la falta de seguimiento a largo plazo.

Se comparó los efectos de un programa de realidad virtual inmersiva basado en un casco de realidad virtual y un programa de realidad virtual no inmersiva basado en una pantalla táctil en 20 pacientes con lesión de la médula espinal incompleta. Los resultados mostraron que ambos programas mejoraron la función motora y el equilibrio de los pacientes, pero que el programa de realidad virtual inmersiva tuvo un mayor impacto en la autoeficacia, la satisfacción y el disfrute de los pacientes(10).

Laver et al.(29) realizaron una revisión sistemática y un metaanálisis de 19 ensayos clínicos controlados y aleatorizados que evaluaron la efectividad de la realidad virtual (RV) en la rehabilitación de pacientes con lesiones neurológicas, incluyendo 12 estudios de pacientes con lesión traumática de la médula espinal. Los autores reportaron que la realidad virtual tuvo un efecto positivo moderado sobre la función motora de los miembros superiores y la capacidad de caminar, pero no sobre el equilibrio o la función motora de los miembros inferiores por ende los autores sugirieron que la RV puede ser una intervención complementaria útil, pero que se requieren más estudios de alta calidad para confirmar sus beneficios.

Esquenazi et al.(30) realizaron un estudio observacional con 10 pacientes con lesión traumática de la médula espinal incompleta, que recibieron una intervención de RV inmersiva basada en un casco de RV y un exoesqueleto robótico, durante 12 semanas. Los autores midieron la función motora, el equilibrio, la marcha, la espasticidad, el dolor, la fatiga, la calidad de vida y la satisfacción de los pacientes, antes y después de la intervención. Los autores encontraron que la realidad virtual inmersiva mejoró significativamente la función motora, el equilibrio, la marcha, la espasticidad y la calidad de vida de los pacientes, y que la mayoría de ellos reportaron una alta satisfacción con la terapia.

Calabró et al.(31) llevaron a cabo un ensayo clínico controlado y aleatorizado con 20 pacientes que presenta lesión traumática de la médula espinal, que recibieron una intervención de realidad virtual inmersiva basada en un casco de realidad virtual y un exoesqueleto robótico, o una intervención de fisioterapia convencional, durante 8 semanas. Los autores encontraron que la realidad virtual inmersiva mejoró significativamente la función motora, el equilibrio, la marcha, la espasticidad y la calidad de vida de los pacientes, en comparación con la fisioterapia convencional.

2.3.4 Tiempo de intervención con realidad virtual para una neuro plasticidad

La realidad virtual puede estimular la neuro plasticidad al proporcionar una experiencia inmersiva y semi inmersa interactiva que desafía al cerebro a reorganizarse.

Estudios han demostrado que la realidad virtual puede mejorar la función motora, el equilibrio entre otras funciones del cuerpo en personas con lesiones medulares. El tiempo para observar mejoras varía según el estudio y la población, sin embargo:

An y Park (32) realizaron un estudio de tipo experimental aleatorizado mencionan que hubo mejoras significativas en el equilibrio después de 12 sesiones de terapia de 30 minutos 3 días a la semana durante 4 semanas. Otro estudio realizado por Nair et al.(33) observaron una mejora en la función motora después de una intervención de 30 min, 3 días por semana durante 4 semanas.

Es importante destacar que la neuro plasticidad es un proceso continuo y que los resultados pueden variar según la individualidad, la gravedad de la lesión y la intensidad y duración del tratamiento con realidad virtual.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación fue de tipo bibliográfico de artículos indexados a las bases de datos: PubMed; Web of Science; Embase; Cochrane y Scopus. El método fue inductivo para abordar los efectos de la realidad virtual en lesiones de la médula espinal de origen traumático a partir del análisis particular de diversas investigaciones para llegar a una conclusión general. El nivel es de tipo exploratorio permitiendo compilar información y datos en el cual se profundiza los beneficios de la realidad virtual como tratamiento para la Lesión traumática de la médula espinal.

El diseño fue descriptivo porque revisa, compara y describe los resultados de distintos autores, utilizando un enfoque cualitativo que permite comprender el estudio de ambas variables a través del análisis de artículos científicos. La investigación se llevó a cabo retrospectivamente, donde se implementa información previamente publicada de los últimos diez años.

3.1 Criterios de inclusión y exclusión

3.1.1 Criterios de inclusión

- Artículos científicos publicados desde el año 2013 hasta la actualidad.
- Estudios experimentales: Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA; estudios no aleatorizados pre y post-test).
- Artículos científicos que contengan las dos variables principales del estudio: realidad virtual, Lesión de Médula Espinal además de una adicional o técnicas combinadas.
- Artículos científicos según a escala PEDro con un puntaje mayor o igual a 6 puntos.
- Artículos experimentales no aleatorizados con un puntaje mayor a 14 puntos según Downs and black checklist for clinical trial quality assessment
- Artículos científicos que se encuentren tanto en idioma inglés, portugués, alemán y español.

3.1.2 Criterios de exclusión

- Artículos científicos que mencionan lesión de médula espinal de origen no traumático y origen secundario a accidente cerebrovascular.
- Artículos científicos que mencionen dolor neuropático en su estudio, pero relacionado a patologías de origen no lesional traumático medular.
- Artículos científicos incompletos o duplicados de diferentes bases de datos.
- Artículos científicos de privacidad y restricción de información.

3.2 Técnicas de recolección de información

La recolección y búsqueda de información fue realizada de fuentes científicas confiables, cumpliendo y respetando los criterios de exclusión e inclusión de información presentada en esta investigación, con el fin de realizar la respectiva lectura y análisis de cada artículo elegido.

3.3 Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó entre mayo y junio del 2024, abarcando una selección de bases de datos electrónicas de relevancia en el campo médico y fisioterapéutico: CINAHL, Medline, Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados, PubMed, Scopus, Web of Science y Embase. Se emplearon combinaciones de términos descriptivos y operadores booleanos para identificar estudios relevantes. Estos términos incluían: (“spinal cord injury” OR “spinal cord injuries” OR “paraplegia” OR “quadriplegia” OR “tetraplegia”) AND (“virtual reality” OR “virtual reality exposure therapy” OR “virtual systems”). En PubMed, se utilizaron descriptores de encabezados de temas médicos (MeSH): “virtual reality”, “virtual reality exposure therapy”, “video games”, and “spinal cord injuries”.

Tabla 2. Estrategia de búsqueda

Base	Ecuación	Resultados
CINAHL	(“spinal cord injury” OR “spinal cord injuries” OR “paraplegia”	346
Medline	OR “quadriplegia” OR “tetraplegia”) AND (“virtual reality” OR	294
Cochrane	“virtual reality exposure therapy” OR “virtual systems”).	8
Scopus		42
Web of science		35
PubMed	(MeSH): “virtual reality”, “virtual reality exposure therapy”,	13
Embase	“video games”, and “spinal cord injuries”.	50

Fuente: Elaboración Propia, (2023).

3.4 Proceso de selección y extracción de datos

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo mediante la combinación de palabras clave en diversas bases de datos científicas (n = 788). Se eliminaron los artículos duplicados para evitar la redundancia (n = 276), a continuación, se procedió a una revisión exhaustiva de los títulos y resúmenes de los artículos restantes, excluyendo aquellos que no cumplían con los criterios preestablecidos (n = 195); los artículos que superaron esta fase fueron evaluados con rigor para asegurar su calidad y relevancia (n = 81) de los cuales (n=35) pertenecían a estudios experimentales aleatorizados y el restante (n=46) estudios experimentales no aleatorizados.

Por ende (n= 19) son excluidos por no cumplir con la valoración en PeDro 6/10 y (n=37) aquellos que no cumplían con la valoración en Downs and black checklist for clinical trial quality assessment 14/27 teniendo como resultado una muestra total de (n= 25).

3.5. Evaluación de la calidad metodológica

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios experimentales aleatorizados y no aleatorizados incluidos en la revisión sistemática, se empleó la escala PEDro y Downs and black checklist for clinical trial quality assessment respectivamente.

- PEDro consta de 11 ítems que abarcan aspectos relacionados con la selección de participantes, el diseño del estudio, la medición de los resultados, la detección de sesgos y la atribución de los efectos observados. Cada ítem se puntúa con 1 punto si

el estudio cumple con el criterio establecido, con excepción del criterio número Cuanto mayor es la puntuación total obtenida en la escala PEDro, mayor es la calidad metodológica del estudio. Un estudio con una puntuación de 6 o más se considera de alto nivel de calidad metodológica, clasificándose como "buena" (6-8) o "excelente" (9-10). Por el contrario, un estudio con una puntuación de 5 o menos se considera de bajo nivel de calidad metodológica, categorizado como "aceptable" (4-5) o "mala" (<4)(34).

- Downs and black checklist for clinical trial quality assessment es utilizada para estudios aleatorios y no aleatorios, la escala se encuentra constituida por 27 ítems con cinco subescalas (registro, validez externa, errores, confusión, poder); para conocer el nivel de calidad se les asignaron las puntuaciones de 26-27= excelente; 20-25 buena; 15-19= regular y 14= deficiente(35).

Figura 1. Diagrama de flujo de la inclusión de los estudios

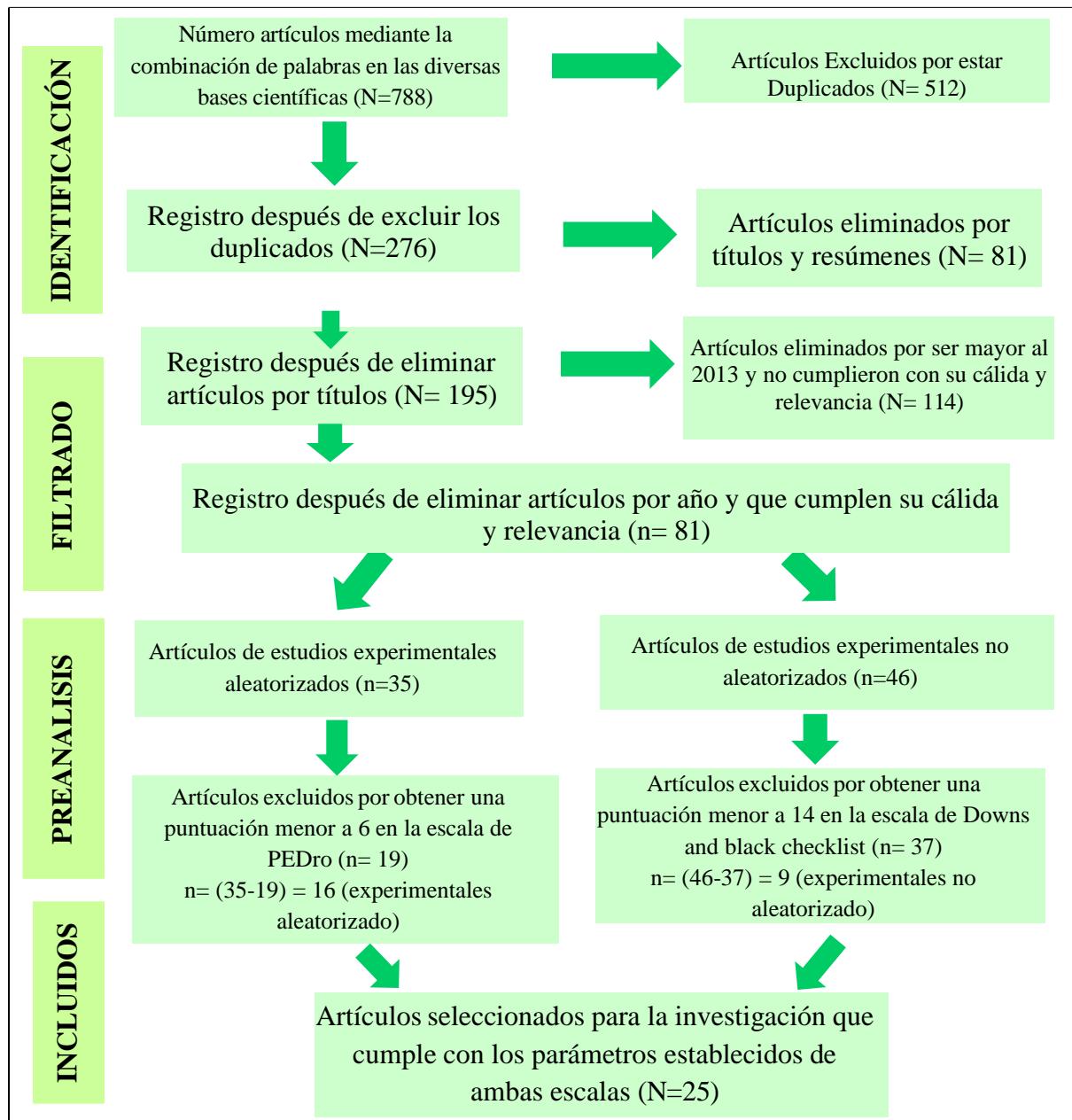


Tabla 3. Estudios experimentales aleatorizado valorado por la escala PEDro

Nº	AUTOR Y FECHA	TÍTULO ORIGINAL	TÍTULO EN ESPAÑOL	ESCALA DE PEDRO
1	(36)	Effectiveness of immersive virtual reality training to improve sitting balance control among individuals with acute and sub-acute paraplegia: A randomized clinical trial	Eficacia del entrenamiento en realidad virtual inmersiva para mejorar el control del equilibrio al sentarse en personas con paraplejia aguda y subaguda: un ensayo clínico aleatorizado	9/10
2	(33)	Combined Effect of Virtual Reality Training (VRT) and Conventional Therapy on Sitting Balance in Patients with Spinal Cord Injury (SCI): Randomized Control Trial	Efecto Combinado del Entrenamiento en realidad virtual (VRT) y la Terapia Convencional sobre el Equilibrio en Posición Sentada en Pacientes con Lesión medular (LME): Ensayo controlado aleatorizado	8/10
3	(32)	The effects of virtual soccer game on balance, gait function, and kick speed in chronic incomplete spinal cord injury: a randomized controlled trial	Los efectos del juego de fútbol virtual sobre el equilibrio, la función de la marcha y la velocidad de la patada en la lesión medular crónica incompleta: un ensayo controlado aleatorizado	9/10
4	(37)	Effect of a semi-immersive virtual reality navigation therapy on quality of life in persons with spinal cord injury	Efecto de una terapia de navegación de realidad virtual semi inmersa en la calidad de vida de personas con lesión medular	7/10
5	(38)	Pain Reduction after Short Exposure to Virtual Reality Environments in People with Spinal Cord Injury	Reducción del dolor tras una breve exposición a entornos de realidad virtual en personas con lesión medular	7/10
6	(39)	The short-term effects of head-mounted virtual-	Efectos a corto plazo de la realidad virtual montada en la cabeza	10/10

		reality neuropathic intensity in people with spinal cord injury pain: a randomised cross- over pilot study	on dolor neuropático en personas con dolor por lesión de la médula espinal: un estudio piloto cruzado aleatorizado	sobre la intensidad del dolor neuropático en personas con dolor por lesión de la médula espinal: un estudio piloto cruzado aleatorizado	
7	(40)	The Effect of Virtual Reality Exercise Program on Sitting Balance Ability of Spinal Cord Injury Patients	Efecto de un programa de ejercicios de realidad virtual en la capacidad de equilibrio en posición sentada de pacientes con lesión medular	Efecto de un programa de ejercicios de realidad virtual en la capacidad de equilibrio en posición sentada de pacientes con lesión medular	8/10
8	(41)	Efficacy of Electrical Stimulation-Augmented Virtual Reality Training in Improving Balance in Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury: Study Protocol of a Randomized Controlled Trial	Eficacia del entrenamiento de realidad virtual aumentada con estimulación eléctrica para mejorar el equilibrio en individuos con lesión medular incompleta: protocolo de estudio de un ensayo controlado aleatorizado	Eficacia del entrenamiento de realidad virtual aumentada con estimulación eléctrica para mejorar el equilibrio en individuos con lesión medular incompleta: protocolo de estudio de un ensayo controlado aleatorizado	8/10
9	(42)	A Fully Immersive Virtual Reality Method for Upper Limb Rehabilitation in Spinal Cord Injury	Un método de realidad virtual totalmente inmersiva para la rehabilitación del miembro superior en la lesión medular	Un método de realidad virtual totalmente inmersiva para la rehabilitación del miembro superior en la lesión medular	8/10
10	(43)	The effects of FES cycling combined with virtual reality racing biofeedback on voluntary function after incomplete SCI: a pilot study	Los efectos del FES ciclismo combinado con biofeedback de carreras de realidad virtual sobre la función voluntaria después de una lesión medular incompleta: un estudio piloto	Los efectos del FES ciclismo combinado con biofeedback de carreras de realidad virtual sobre la función voluntaria después de una lesión medular incompleta: un estudio piloto	7/10
11	(7)	Efficacy of Virtual Reality in Upper Limb Rehabilitation in Patients with Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Controlled Trial	Eficacia de la realidad virtual en la rehabilitación de miembros superiores en pacientes con lesión de la médula espinal: un ensayo piloto	Eficacia de la realidad virtual en la rehabilitación de miembros superiores en pacientes con lesión de la médula espinal: un ensayo piloto	6/10

		aleatorizado y controlado		
12	(44)	Study on the Effectiveness of Virtual Reality Game-Based Training on Balance and Functional Performance in Individuals with Paraplegia	Estudio sobre la eficacia del entrenamiento basado en juegos de realidad virtual en el equilibrio y el rendimiento funcional en personas con paraplejía	7/10
13	(45)	Effectiveness of the Virtual Reality System Toyra on Upper Limb Function in People with Tetraplegia: A Pilot Randomized Clinical Trial	Eficacia del sistema de realidad virtual Toyra en la función de las extremidades superiores en personas con tetraplejia: ensayo clínico piloto aleatorizado	9/10
14	(46)	Game-Based Virtual Reality Training Improves Sitting Balance after Spinal Cord Injury: A Single-Blinded, Randomized Controlled Trial	El entrenamiento de realidad virtual basado en juegos mejora el equilibrio en posición sentada tras una lesión medular: Ensayo aleatorizado y controlado con un solo ciego	8/10
15	(47)	Clinical, Functional and Kinematic Correlations using the Virtual Reality System Toyra® as Upper Limb Rehabilitation Tool in People with Spinal Cord Injury	Correlaciones clínicas, funcionales y cinemáticas utilizando el sistema de realidad virtual Toyra® como herramienta de rehabilitación del miembro superior en personas con lesión medular	6/10
16	(48)	Experiencia clínica de la aplicación del sistema de realidad TOyRA en la neuro-rehabilitación de pacientes con lesión médica	Experiencia clínica de la aplicación del sistema de realidad TOyRA en la neuro-rehabilitación de pacientes con lesión médica	6/10

Tabla 4. Estudios experimentales no aleatorizado valorado por la escala Downs and black checklist

Nº	AUTOR Y FECHA	TÍTULO ORIGINAL	TÍTULO EN ESPAÑOL	ESCALA DOWNS AND BLACK CHECKLIST
1	(49)	Cortical Mechanisms Underlying Immersive Interactive Virtual Walking Treatment for Amelioration of Neuropathic Pain after Spinal Cord Injury: Findings from a Preliminary Investigation of Thalamic Inhibitory Function	Mecanismos corticales subyacentes al tratamiento de caminata virtual interactiva e inmersiva para la mejora del dolor neuropático después de una lesión de la médula espinal: hallazgos de una investigación preliminar de la función inhibidora talámica	15/27
2	(50)	Role of Virtual Reality in Balance Training in Patients with Spinal Cord Injury: A Prospective Comparative Pre-Post Study	Papel de la realidad virtual en el entrenamiento del equilibrio en pacientes con lesión medular: un estudio comparativo pre-post prospectivo	20/27
3	(51)	The effects of semi-immersive virtual reality therapy on standing balance and upright mobility function in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: A preliminary study	Los efectos de la terapia de realidad virtual semi inmersiva sobre el equilibrio de pie y la función de movilidad erguida en personas con lesión medular crónica incompleta: un estudio preliminar	21/27
4	(52)	Gait Stability Training in a Virtual Environment Improves Gait and Dynamic Balance Capacity in Incomplete Spinal Cord Injury Patients	El entrenamiento de estabilidad de la marcha en un entorno virtual mejora la capacidad de marcha y equilibrio dinámico en pacientes con lesión medular incompleta	21/27
5	(53)	Home-Based Virtual Reality-Augmented Training Improves	El entrenamiento con realidad virtual aumentada en casa	18/27

		Lower Limb Muscle Strength, Balance, and Functional Mobility following Chronic Incomplete Spinal Cord Injury	mejora la fuerza muscular, el equilibrio y la movilidad funcional de las extremidades inferiores tras una lesión medular crónica incompleta	
6	(54)	Activities of daily living assessment in spinal cord injury using the virtual reality system Toyra: functional and kinematic correlations	Evaluación de las actividades de la vida diaria en pacientes con lesión medular mediante el sistema de realidad virtual Toyra : correlaciones funcionales y cinemáticas	22/27
7	(55)	Upper limb rehabilitation after spinal cord injury: a treatment based on a data glove and an immersive virtual reality environment	Rehabilitación de miembros superiores tras lesión medular: un tratamiento basado en un guante de datos y un entorno de realidad virtual inmersivo	20/27
8	(56)	The effects of the Nintendo™ Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury	Los efectos del Nintendo™ Wii Fit en la marcha, el equilibrio y la calidad de vida de personas con lesión medular incompleta	24/27
9	(57)	Virtual Reality-Augmented Neurorehabilitation Improves Motor Function and Reduces Neuropathic Pain in Patients With Incomplete Spinal Cord Injury	La neurorrehabilitación aumentada con realidad virtual mejora la función motora y reduce el dolor neuropático en pacientes con lesión medular incompleta	24/27

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En base al diagrama de flujo PRISMA-ScR se realizó el proceso metodológico para incluir y analizar los estudios (Fig. 1). Se incluyeron 16 estudios de tipo ECAs y 9 estudios de tipo experimentales no aleatorizados para esta revisión; la información extraída se encuentra resumidas en tablas (Tabla 5-7). Un total de 470 participantes con un tiempo transcurrido después de la lesión al menos de 6 meses y nivel más frecuente de afectación entre, C1 - C7, T1, T6 - T12 y L1-L4. La realidad virtual semi inmersa fue una de las más aplicadas en los grupos experimentales, sin embargo, a los grupos de control se les complementaba con terapia convencional y terapia ocupacional, además los protocolos incluían sesiones de 30 minutos, 3-4 veces por semana durante 4-6 semanas.

Tabla 5. Resultados de la medición de las variables: Equilibrio, funcionalidad, calidad de vida y marcha

Variables Medidas												
Nº	Autor	Tipo	Población	Momento de la medición	Equilibrio	Funcionalidad	Calidad de vida	Marcha	Intervención	Resultados		
1 (36)	ECA	N= 18 GE=9 GC=9	GE	Pre-I	FIST= 34 mFRT Foward= 1.63	mFRT Foward= 1.63	SCIM III Sc= 6 R&Sm=11	N/A	Tanto el grupo experimental RV+CPT como el grupo de control FES+ TC estuvo expuesto a una sesión de 45 minutos de RV o FES junto con una sesión de TC de 30 minutos.	Las variables mFRT y FIST mejoraron significativamente en ambos grupos (P <0,05)		
					D= 1.28 I= 1.58	D= 1.28 I= 1.58	Mo=6 Total= 22					
				Post-I	FIST=40 mFRT Foward= 2.46	mFRT Foward= 2.46	SCIM III Sc= 11 R&Sm=16	N/A				
					D= 2.04 I= 1.65	D= 2.04 I= 1.65	Mo=14 Total= 39					
			GC	Pre-I	FIST= 31 mFRT Foward= 1.40	mFRT Foward= 1.40	SCIM III Sc= 5 R&Sm=11	N/A	Tanto el grupo experimental RV+CPT como el grupo de control FES+ TC estuvo expuesto a una sesión de 45 minutos de RV o FES junto con una sesión de TC de 30 minutos.	Las variables mFRT y FIST mejoraron significativamente en ambos grupos (P <0,05)		
					D= 1.00 I= 1.11	D= 1.00 I= 1.11	Mo=5 Total= 23					
				Post-I	FIST=34	mFRT	SCIM III	N/A				

		<i>mFRT</i>	Foward= 2.07	Sc= 8		
		Foward= 2.07	D= 1.38	R&Sm=14		
		D= 1.38	I= 1.30	Mo=9		
		I= 1.30		Total=32		
		<i>mFRT</i>	<i>mFRT</i>			
		Pre-I	Foward= 20,25±6,29	Foward= 20,25±6,29		
			D=14,31±2,	D= 14,31±2,17		
			17	I= 14,34±2,86	N/A	N/A
			I=14,34±2,8	T-shirt= 12,34±4,24		
			6			
			T-shirt= 12,34±4,24			
		GE	<i>mFRT</i>	<i>mFRT</i>		
		Post-I	Foward= 1,7 ± 1,09	Foward= 1,7 ± 1,09		
			D=2,43 ± 2,81	D=2,43 ± 2,81		
			2,81	I=3,05 ± 4,65	N/A	N/A
			I=3,05 ± 4,65	T-shirt= 1,45±2,08		
			4,65			
			T-shirt= 1,45±2,08			
		GC	<i>mFRT</i>	<i>mFRT</i>		
		Pre-I	Foward= 16,71±8,67	Foward= 16,71±8,67		
			D=17,60±4,	D=17,60±4,73		
			73	I=17,8±4,34	N/A	N/A
			I=17,8±4,34	T-shirt= 12,78+1,34		
			T-shirt= 12,78+1,34			
		Post-I	<i>mFRT</i>	<i>mFRT</i>		
			Foward= 4,83 ± 2,95	Foward= 4,83 ± 2,95		
			D= 5,08 ± 1,85	D= 5,08 ± 1,85		
			1,85	I= 6,19 ± 1,51	N/A	N/A
2	(33)	ECA	N= 21			
			GE= 11			
			GC=10			

			I= 6,19 ± 1,51	T-shirt= 1,62±0,89			
			T-shirt= 1,62±0,89				
			CST= 54,10 ± 6,72		10MW		
			Pre-I TUG= 23.15 ± 4.06	N/A	T= 47.25 ± 5.22	Tanto el grupo experimental como el de control recibieron 12 sesiones de terapia de 30 minutos 3 días a la semana durante 4 semanas en sus hogares.	
		GE	CST= 35,21 ± 7,76	N/A	10MW		Las variables CST y TUG mejoraron significativamente en ambos grupos (p <0,05).
			Post-I TUG= 14.47 ± 4.37	N/A	T= 33.50 ± 4.68		
			CST= 52.63 ± 6.53	N/A	10MW		
			Pre-I TUG= 22.31 ± 3.21	N/A	T= 45.85 ± 5.86		
		GC	CST= 37.52 ± 9.95	N/A	10MW		
			Post-I TUG= 15.31 ± 4.68	N/A	T= 36.40 ± 8.66		
					SCIM III Sc= 18.5 R&Sm=33.8 3 Mo=19.67 Total=72.00 SCI QL-23 Funtion=37. 19 Mood=22.22 PRTI=60.18 GQL=66.66		
					N/A	Para esta intervención, cada sujeto se sometió a una terapia de navegación de R (RV) semi inmersiva durante 30 a 40 minutos por día, tres veces por semana durante seis semanas.	Los participantes del grupo experimental informaron un valor significativamente más alto para la variable de calidad de vida global (p>.05).
					SCIM III Sc= 18.5 R&Sm=32.8 3		
					N/A		
3	(32)	ECA	N= 40 GE=20 GC=20				
4	(37)	ECA	N=11 GE=6 GC=5	Pre-I mFRT= 27.8 9	mFRT= 27.89		
			GE				

				Mo=23.00 Total=74.33 <i>SCI QL-23</i> Funtion=26. 80 Mood=17.59 PRTI=55.55 GQL=77.77	
				<i>SCIM III</i> Sc= 18.80 R&Sm=32.4 0 Mo=17.40 Total=68.60 <i>SCI QL-23</i> Funtion=37. 88 Mood=33.33 PRTI=58.88 GQL=56.66	N/A
GC				<i>SCIM III</i> Sc=17.40 R&Sm=33.2 0 Mo=17.40 Total=68.00 <i>SCI QL-23</i> Funtion=40. 95 Mood=31.11 PRTI=55.55 GQL=63.33	N/A

5 (40)	ECA	N=20 GE=10 GC=10	GE Pre-I FSA Left= 107.00 ± 12.75 FAS Right= 126.44 ± 12.33 LOS= 2784.00 ± 1720.65 Post-I FSA Left= 127.99 ± 8.58 FSA Right= 136.36 ± 16.06 LOS= 5562.60 ± 2129.70 GC Pre-I FSA Left= 110.47 ± 12.56 FSA Right= 115.66 ± 11.59 LOS= 2460.00 ± 1571.18 Post-I FSA Left= 118.40 ± 10.25 FSA Right= 123.20 ± 5.92 LOS= 3632.20 ± 1929.87	N/A	N/A	N/A	<p>GE: Se sometió al programa de ejercicios de realidad virtual y terapia de rehabilitación. GC: Se sometió a un programa regular de entrenamiento del equilibrio sentado y a una terapia de rehabilitación regular.</p> <p>Los dos grupos de intervención tuvieron sesiones de 30 minutos al día, tres veces por semana, durante ocho semanas.</p>	<p>Hubo diferencias significativas entre los grupos experimental y de control con respecto a las puntuaciones FSA y LOS previas al tratamiento (pag>0,05)</p>

6	(50)	ENA	N= 33 GE= 21 GC=12	GE	Pre-I	BBS= 4 (2-8) POMA= 1 (1-3) FRS= 12 (5.5-22)	N/A	N/A	N/A	GE: Se sometió a una terapia de RV semi inmersiva por 5 días a la semana durante 3 semanas. Ambos grupos se sometieron al programa de rehabilitación convencional.	Los análisis entre grupos no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los efectos principales entre grupos (p-valor: BBS, 0,396; POMA-B, 0,238; FRS, 0,294)
					Post-I	BBS= 4 (2-4) POMA= 1 (0-1) FRS= 11 (2-17)	N/A	N/A	N/A		
7	(41)	ECA	N=48 GE1= 16 GE2= 16 GC= 16	GC	Pre-I	BBS= 19.5 (13-25) POMA= 7 (7-11.5) FRS= 17 (13.5-20.625)	N/A	N/A	N/A	La intervención se realizará en sesiones de 60 minutos, tres veces por semana durante 4 semanas.	La variable BBS mostro significancia de (0,84-0,98; pag<0,001).
					Post-I	BBS= 18 (9.5-19) POMA= 5 (3-9) FRS= 25 (4-29.5)	N/A	N/A	N/A		
7	(41)	ECA	N=48 GE1= 16 GE2= 16 GC= 16	GE (I)	Pre-I	PTP= 0.93 (0.20) BBS= 0.48 (0.21)	N/A	WHOQOL-BREF=0.55 8	WISCI = 8.01	La intervención se realizará en sesiones de 60 minutos, tres veces por semana durante 4 semanas.	La variable BBS mostro significancia de (0,84-0,98; pag<0,001).
					Post-I	PTP= 2.53 (0.22) BBS= 0.76 (0.32)	N/A	WHOQOL-BREF=0.55 9	WISCI = 4.69		
				GE (II)	Pre-I	PTP= 1.53 (0.28) BBS= 1.76 (0.28)	N/A	WHOQOL-BREF=0.75 2	WISCI = 0.19		

8 (51)	ENA	N=10	GE	Post-I	PTP= 2.93 (0.19) BBS= 0.14 (0.26)	N/A	WHOQOL-BREF=0.82 3	WISCI = 5.26	Diez sujetos con LIME crónica se sometieron a terapia de RV 30 minutos al día, 3 días a la semana, durante 6 semanas. Las variables en las LIME crónica se que se observó mayor significancia fueron LOS de (28,80 a 42,40 y 34,60 a 48,40, respectivamente; P < 0,01) y la prueba de BBS (35,70 a 40,10, respectivamente; P < 0,01).
				Pre-I	PTP= 1.59 (0.23) BBS= 1.49 (0.23)	N/A	WHOQOL-BREF=0.92 0	WISCI = 1.29	
				Post-I	PTP= 4 (2.8) BBS= 18 (9.5)	N/A	WHOQOL-BREF=0.97 2	WISCI = 3.59	
9 (52)	ENA	N=15 GE=10 GC=5	GE	Pre-I	LOS= 34.60 ± 6.69 BBS= 35.70 ± 3.23 TUG= 19.35 ± 3.23 ABC= 67.90 ± 8.50	N/A	N/A	WISCI = 15(5), 16(1), 17(1)	La intervención consistió en 12 sesiones de entrenamiento de 1 hora durante un La velocidad al caminar fue mayor de (1,04 m/s) en comparación con ambas mediciones
				Post-I	LOS= 48.40 ± 4.16 BBS= 40.10 ± 2.60 TUG= 17.14 ± 3.61 ABC= 76.85 ± 6.92	N/A	N/A	WISCI = 15(1), 16(2), 17(2)	
				Pre-I	ABC= 60±32	N/A	N/A	N/A	
				Post-I	ABC= 70.3±19.0	N/A	N/A	N/A	

12	(44)	ECA	N=30 GE= 15 GC=15	GE	BBS=	1.13 ±	6MWT = 334.8 ± 157.4	10MW	T=	SCIM III 1.13 ± Mobility= 0.53 6MWT = 337.9 ± 166.5	La duración total de la intervención fue de 4 semanas, con una frecuencia de 5 veces por semana; cada sesión de entrenamiento tuvo una duración de 45 minutos.	Hubo diferencia significativa en mFRT (p = 0,001).	una	
					LEMS=	40.4 ± 8.6								
13	(54)	ENA	N=15 GE&GC = 15	GE	Post-I	42.6 ± 12.6	N/A	SCIM III 1.13 ± Self-care= 0.53 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ±	SCIM III 1.13 ± Self-care= 6.00 ± 1.60 6MWT = 337.9 ± 166.5	N/A	1.13 ± Self-care= 5.33 ± 1.44 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ± Self-care= 11.33 ± 2.32 6MWT = 337.9 ± 166.5	La variable SCIM III durante el protocolo de entrenamiento de AVD utilizando
					Pre-I	mFRT 16.85 ± 5.06 T-shirt 23.93 ± 10.96	mFRT 16.85 ± 5.06 T-shirt 23.93 ± 10.96	SCIM III 1.13 ± Self-care= 6.00 ± 1.60 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ±	N/A	1.13 ± Self-care= 5.33 ± 1.44 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ± Self-care= 11.33 ± 2.32 6MWT = 337.9 ± 166.5	Se seleccionaron 15 pacientes para realizar un programa que incluye 12 sesiones	AVD utilizando
13	(54)	ENA	N=15 GE&GC = 15	GE	Post-I	N/A	N/A	SCIM III 3,28(2,16)	N/A	SCIM III 4,57(2,47)	N/A	1.13 ± Self-care= 5.33 ± 1.44 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ± Self-care= 11.33 ± 2.32 6MWT = 337.9 ± 166.5	La variable SCIM III durante el protocolo de entrenamiento de AVD utilizando
					Pre-I	N/A	N/A	SCIM III 1.13 ± Self-care= 6.00 ± 1.60 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ±	N/A	1.13 ± Self-care= 5.33 ± 1.44 6MWT = 337.9 ± 166.5	1.13 ± Self-care= 11.33 ± 2.32 6MWT = 337.9 ± 166.5	Se seleccionaron 15 pacientes para realizar un programa que incluye 12 sesiones	AVD utilizando

		22.15±12.28 *								
		<i>mFRT</i>	<i>Mfrt</i>							
		Foward=	Foward=							
		68.51±43.75	68.51±43.75**							
		**	D=							
		Post-I	D=49.96±20 .29** I=28.14±19. 93	49.96±20.29** I= 28.14±19.93 6.90±3.55**	N/A	N/A				
			<i>T-shirt</i>							
			<i>T-shirt</i>							
			6.90±3.55**							
15 (56)	ENA	N=5	GE	Pre-I	TUG= 0,25, -0,04	SF-36= 0,09	N/A	FFRT = 0,001 LFRT == 0,001	Cada sesión fue de una hora, dos veces por semana durante siete semanas.	Se encontraron cambios estadísticamente significativos en la velocidad de la marcha y el alcance funcional P = 0,001).
				Post-I	TUG=-0,04	SF-36= 0,45	N/A	FFRT= 1,12, LFRT =0,88		
16 (57)	ENA	N=14 GE=8 GC=6	GE	Pre-I	BBS= 40.2 ± 18.5	LEMS= 40.5 ± 9.2 SCIM= 30 ± 8.1 WISCI II= 14.5 ± 4.8	N/A	10MW T= 1.0 ± 0.61	Los dos grupos intervenidos fueron tratados durante 4 semanas en 16 a 20 sesiones de 45 minutos.	No se encontraron diferencias significativas entre la medición previa y la inicial, lo que indica estabilidad de todas las variables medidas.
				Post-I	BBS= 41.4 ± 16.7	LEMS= 40.4 ± 7.9 SCIM= 29.8 ± 8.1 WISCI II= 14.5 ± 4.8	N/A	10MW T= 0.99 ± 0.34		
				GC	Pre-I	BBS= 44.9 ± 14.5*	LEMS= 43.1 ± 7.8* SCIM=31.7 ± 7.3*	10MW T= 1.13 ± 0.38*		

		WISCI II=15.6 ± 5.2*		
		LEMS= 42.4 ± 8.2*		
Post-I	BBS= 45.4 ± 13.4*	SCIM= 31.8 ± 7.4*	N/A	10MW
		WISCI II=15.6 ± 5.2*		T= 1.11 ± 0.39*

N: número de pacientes; **ECA:** ensayo clínico aleatorizado; **ENA:** estudios experimentales no aleatorizado; **GE:** grupo experimental; **GC:** grupo control; **Pre-I:** antes de la intervención; **Post-I:** después de la intervención; **RV:** realidad virtual; **TC:** terapia convencional; **D:** derecha; **I:** izquierda; **Mo:** movilidad; **mFRT:** prueba de alcance funcional modificada; **Sc:** cuidados personales; **VRT:** Entrenamiento de realidad virtual; **R&Sm:** Manejo de la respiración y los esfínteres; **FES:** estimulación eléctrica funcional; **SCIM III:** medida de independencia de la médula espinal III; **FIST:** prueba de función en sedestación; **T-shirt:** prueba de la camiseta; **CST:** prueba de soporte de la silla; **10MWT:** prueba de marcha de 10m; **TUG:** timed up-and-go; **SCI QL-23:** cuestionario de calidad de vida por lesión de la médula espinal; **PRTI:** problemas relacionados con la lesión; **LIME:** lesión incompleta de la médula espinal; **CQL:** Calidad de vida global; **FSA:** prueba de aplicación de sensibilidad a la fuerza; **LOS:** prueba de límite de estabilidad; **BBS:** escala de equilibrio de Berg; **FRS:** puntuación de alcance funcional; **POMA:** sección de balance de la Evaluación de Movilidad Orientada al Desempeño de Tinetti; **WHOQOL-BREF:** organización mundial de la salud calidad de vida-BREF; **WISCI:** índice de marcha para lesionados medulares II; **PTP:** Plataforma basculante ProKin; **ABC:** escala de confianza en el equilibrio específico de actividades; **CUE:** el cuestionario de capacidades de las extremidades superiores; **BBT:** prueba de caja y bloque; **LEMS:** puntuación motora de las extremidades inferiores; **6MWT:** prueba de marcha de 6 minutos; **AVD:** actividades de la vida diaria; **CPT:** rehabilitación convencional con fisioterapia y terapia ocupacional; **SF-36:** cuestionario de salud SF-36; **FFRT:** prueba de alcance funcional hacia adelante; **LFRT:** prueba de alcance funcional lateral.

Tabla 6. Resultados de la medición de la variable: Dolor neuropático en lesiones medulares

Nº	Autor	Tipo	Población	Variables Medidas			Intervención	Resultados	
				Momento de la medición	Dolor neuropático medido con NPS	Dolor medido con NRS			
1	(49)	ENA	N=7	GE	Pre-I	40,6±15	5,6±2,4	Terapia de caminata virtual interactiva e inmersiva de 10 días durante 1h por 6 semanas durante 3 días.	Los participantes mostraron una disminución significativa en las calificaciones NRS del dolor promedio recopiladas antes y después de la intervención (NRS media ± SD Pre-Intervención: 5,6±2,4; media NRS± Intervención Post SD: 3,4±1,7; t=-0,037, gl = 6, pag=0,023.
					Post-I	25 ± 16	3,4±1,7		
2	(38)	ECA	N=8	GE	Pre-I	3,1	N/A	Los pacientes se sometieron a dos sesiones consecutivas de realidad virtual en orden aleatorio. Cada sesión de realidad virtual tuvo una duración de 10 minutos.	Hubo una reducción significativa en relación con los niveles de dolor (5,1±0,4).
					Post-I	3,0	N/A		
3	(39)	ECA	N=16 GE= 9 GC=7	GE	Pre-I	0,49	N/A	Se realizo dos intervenciones secuenciales, una con 3D HMD RV y otra con aplicaciones de pantalla 2D utilizando el mismo entorno RV.	Los participantes informaron una intensidad de dolor significativamente menor después (1,9 ± DE 1,8).
					Post-I	1,23	N/A		
				GC	Pre-I	0,50	N/A		
					Post-I	1,24	N/A		

Abreviaturas: N: número de pacientes; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ENA: estudios experimentales no aleatorizado; GE: grupo experimental; GC: grupo control; **Pre-I:** antes de la intervención; **Post-I:** después de la intervención; **RV:** realidad virtual; **NPS:** escala de dolor neuropático; **NRS:** escala de clasificación numérica; **HMD:** dispositivos montados en la cabeza.

Tabla 7. Resultados de la medición de la variable: musculatura, funcionalidad, independencia y grados de movimiento articular

Variables Medidas										
Nº	Autor	Tipo	Población	Momento de la medición	Musculatura	Funcionalidad	Independencia	Grados de movimiento articular	Intervención	Resultados
1 (42) ECA	GE	N=20 GE=10 GC=10	Pre-I	UEMS					GE: Recibió 30 minutos de rehabilitación de RV en lugar de entrenamiento de ADL y 30 minutos de TO por día, 4 días a la semana, durante 4 semanas.	Ambos grupos mostraron una mejora después de la intervención, pero sólo en la potencia de agarre (p=0,02).
				Codo	Mano					
				F= 4,18±0,75	BBT=					
				E= 3,62±0,41	52.79±11.89					
				Mano	NHPT=	K-SCIM	72.64±17.15	N/A		
			Post-I	E= 3,56±0,71	24.27±2.93					
				Dedos	ARAT=					
				F= 3,84±0,44	48.18±6.61					
				ABD=						
				3,43±0,41						
	GC		Pre-I	UEMS					GC: Recibió 60 minutos de TO por día, en 4 días durante 4 semanas.	
				Codo	Mano					
				F= 4,33±0,67	BBT=					
				E= 4,12±0,61	57.26±12.65					
				Mano	NHPT=	K-SCIM	76.22±16.25	N/A		
			Post-I	E= 3,98±0,27	23.17±2.92					
				Dedos	ARAT=					
				F= 3,93±0,41	49.79±2.70					
				ABD=						
				3,58±0,57						
			Pre-I	UEMS						
				Codo	Mano					
				F= 3,83±0,53	BBT=					
				E= 3,97±0,51	49.72±13.49					
				Mano	NHPT=	K-SCIM	70.50±18.99	N/A		
			Post-I	E= 3,76±0,61	33.38±23.71					
				Dedos	ARAT=					
				F= 3,83±0,54	52.27±2.31					
				ABD=						
				3,61±0,54						
				UEMS	Mano	K-SCIM		N/A		
				Codo			74.51±19.44			

			F= 3.88±0.62 E= 4.05±0.58 Mano E= 3.81±0.54 Dedos F= 3.88±0.54 ABD= 3.77±0.55	BBT= 52.20±14.01 NHPT= 33.75±23.82 ARAT= 52.92±2.77	
2	(43)	ECA	N=11 GE= 6 GC= 5	Pre-I <i>Oxford</i> <i>Rodilla</i> F= 0.5 E= 1.0 <i>Tobillo</i> DF= 0.5 PF= 0.5 <i>Ashworth</i> Glúteos= -0.5 Cuádriceps= 0.0 Pantorrillas= -0.5	N/A SCIM= 0.0 N/A
			GE	 Post-I <i>Oxford</i> <i>Rodilla</i> F= 1.00 E= 1.5 <i>Tobillo</i> DF= 0.8 PF= 0.8 <i>Ashworth</i> Glúteos= 0.5 Cuádriceps= 0.1 Pantorrillas= 0.3	N/A SCIM= 0.5 N/A
			GC	Pre-I <i>Oxford</i> <i>Rodilla</i> F= 0.6	N/A SCIM= 2,0 N/A

4	(55)	ENA	N= 9 GE=6 GC=3	Pre-I	N/A	N/A	SCIM III= 6,07 FMI= 71,53	N/A	semana además de la TC. GC: Solo recibió TC 15 sesiones de 30 minutos al día en 3 días de la semana.
				Post-I	N/A	N/A	SCIM III= 4,38 FMI= 63,25	N/A	
5	(47)	ECA	N= 18 GE	Pre-I	MB= 23.33 ± 4.62	NHPT= 22.89 ± 3.69	SCIM= 10.33 ± 2,31	N/A	GE: Recibió rehabilitación dos veces por semana (en días alternos) durante dos semanas. Cada sesión consistió en 30 minutos de rehabilitación en el entorno de RV. Cada sesión consistió en 30 minutos de rehabilitación en el entorno de RV. GE: Recibió terapia de RV+CPT, basada en 30 minutos de sesiones de terapia ocupacional dos veces por semana.
				Post-I	MB= 21.50 ± 0.89	NHPT= 36.01 ± 18.59	SCIM= 9.17 ± 5,53	N/A	
4	(55)	ENB	N= 9 GE=6 GC=3	Pre-I	MB= 21.70 ± 4.93	NHPT= 22.98 ± 3.43	SCIM= 11.33 ± 4,04	N/A	GC: Recibió terapia de RV+CPT, basada en 30 minutos de sesiones de terapia ocupacional dos veces por semana.
				Post-I	MB= 22.50 ± 2.50	NHPT= 32.81 ± 9.11	SCIM= 13.67 ± 5,43	N/A	
5	(47)	ECA	N= 18 GE	Pre-I	IM=66.33±13.95	N/A	SCIM II= 24.42±7.24	ROM Hombro	
				Post-I	MB= 21.50 ± 0.89	NHPT= 36.01 ± 18.59	SCIM= 9.17 ± 5,53	N/A	

GE=12 GC=6	MB=14.09±5. 99	FIM= 60.20±5.86 IB= 17.92±13.39	ABD= 88.92±37. 73	GE: intervención fue con Toyra+TC con una F=133.70±47. 91 E= 129.21±41 <i>Codo</i> F=116.14±23. 99 E=136.67±20. 87 <i>Muñeca</i> E=58.12±18.5 7 S=148.73±69. 94 P=54.33±11.6 6	Su Hubo diferencias significativas en los parámetros cinemáticos de extensión de GC: muñeca en el intervención fue de TC experimental diariamente durante 12 días.
<i>ROM</i>					
				<i>Hombr</i>	
ABD=99.94±38.					
			70		
Post-I	IM=75.50±15. 16 MB=14.82±5. 67	N/A	SCIM II= 27.75±4.91 FIM= 61.80±4.36 IB= 23.75±12.27	AD= 108.86±38.4 7 F= 151.73±42. 96 E= 150.64±40. 99 <i>Codo</i> F= 127.39±28. 96 E= 125.39±19. 21 <i>Muñeca</i>	
<hr/>					

				E=
				74.39±25.39
				S=143.57±30.
				33
				P=47.67±22.6
				3
				<i>ROM</i>
				<i>Hombro</i>
				ABD=
				90.56±39.10
				AD=
				93.67±34.49
				F=
				139.96±63.84
				E=
				130.32±60.73
				<i>Codo</i>
				IB=
				19.17±12.81
				E=
				130.31±14.58
				<i>Muñeca</i>
				E=
				56.35±16.60
				S=
				138.89±20.20
				P=
				38.11±21.33
				<i>ROM</i>
				<i>Hombro</i>
				SCIM II=
				29.83±6.17
				FIM=
				65.00±6.68
				IB=
				23.33±16.02
				ABD=99.94±38.
				70
				AD=
				96.57±33.10
				F=
				128.46±67.56

6 (48) ECA		Pre-I	IM= 81,40 ± 18,23 NHPT= 28,94 ± 8,24	FIM= 88,80 ± 30,68 SCIM II= 53,80 ± 30,60	IB= 48,00 ± 39,93 F= 152,82 ± 46,86 E= 103,87 ± 35,45 S= 116,51 ± 16,53 P= 136,90 ± 5,83 Carpo E= 23,37 ± 31,15 F= 21,31 ± 29,043	ROM Hombro ABD= 135,30 ± 12,18 FE= 143,54 ± 37,09 Codo F= 135,21 ± 13,97 E= 141,89 ± 20,40 Muñeca E= 50,19 ± 12,70 S= 149,66 ± 29,98 P= 34,04 ± 11,91	GE: Tuvo una intervención de Toyra+TC con 15 sesiones, 5 semanas, 3 días alternados durante 30 minutos. GC: Recibió TC diariamente con 15 sesiones, 5 semanas, 3 días alternados durante 30 minutos.	Se encontraron mejorías en el grupo tratado con TOyRA en el uno de los subtest del Jebsen-Taylor Hand Function (p < 0,05).
		Post-I	IM= 84,80 ± 18,46 NHPT= 26,73 ± 6,03	FIM= 94,00 ± 31,12 IB= 57,00 ± 41,77	ROM Hombro ABD= 123,11 ± 11,88			

GC	Pre-I	IM = 92,60 ±	NHPT = 28,96	SCIM II =	FE= 143,44 ±	
		10,62	± 4,04	57,60 ± 34,03	24,15	
<i>Codo</i>						
F= 120,08 ± 40,05						
E= 86,21 ± 28,82						
S= 120,82 ± 19,59						
P= 140,07 ± 10,50						
<i>Carpo</i>						
E= 33,33 ± 44,65						
F= 19,46 ± 26,98						
<i>ROM</i>						
<i>Hombro</i>						
ABD= 140,68 ± 20,48						
FE= 130,10 ± 23,43						
<i>Codo</i>						
IB= 47,00 ± 22,80						
F= 141,88 ± 19,13						
<i>Carpo</i>						
E= 27,98 ± 16,92						
F= 47,55 ± 33,23						

		<i>ROM</i>					
		<i>Hombro</i>					
		ABD= 138,91 ± 32,75					
		FE= 135,12 ± 14,36					
Post-I		IM = 94,00 ± 8,25	NHPT = 31,05 ± 5,75	FIM = 84,80 ± 20,13	SCIM II = 37,80 ± 22,03	Codo IB= 57,00 ± 18,57	F= 120,59 ± 40,54
		E= 110,77 ± 33,79					
		S= 125,09 ± 16,95					
		P= 133,76 ± 19,12					
		<i>Codo</i>					
		<i>Codo</i>					
		E= 44,66 ± 35,57					
		F= 96,12 ± 72,88					

Abreviaturas: **N:** número de pacientes; **GE:** grupo experimental; **GC:** grupo control; **ECA:** ensayo clínico aleatorizado; **ENA:** estudios experimentales no aleatorizado; **Pre-I:** antes de la intervención; **Post-I:** después de la intervención; **RV:** realidad virtual; **TC:** terapia convencional; **UEMS:** puntuación motora de las extremidades superiores; **BBT:** prueba de caja y bloque; **ARAT:** la prueba de brazo de investigación de acción; **NHPT:** prueba de clavija de nueve orificios; **K-SCIM:** versión coreana de la Medida de Independencia de la Médula Espinal; **TO:** terapia ocupacional; **F:** flexión; **E:** extensión; **ABD:** abducción; **AD:** aducción; **S:** supinación; **P:** pronación; **DF:** dorsiflexión; **PF:** plantiflexión; **FE:** flexo-extensión; **ADL:** actividades de la vida diaria; **SCIM II:** medida de independencia de la médula espinal II; **FMI:** medida de independencia funcional; **MB:** equilibrio muscular; **CPT:** rehabilitación convencional con fisioterapia y terapia ocupacional; **ROM:** rangos de movimiento; **IM:** índice motor; **IB:** índice de Barthel.

4.2 Discusión

La lesión de la médula espinal (LME) es una condición que afecta a miles de personas en todo el mundo, y su impacto puede ser devastador, tanto física como psicológicamente. Desde el punto de vista clínico, atender la recuperación de estos pacientes, es crucial para su proceso de rehabilitación física. De lo analizado se muestra lo siguiente.

Equilibrio

En un estudio realizados por Goel et al.(36) un ensayo controlado aleatorizado que tienen por objetivo de estudio evaluar el efecto de la adición de realidad virtual a la terapia convencional para mejorar el equilibrio al sentarse en personas con lesión medular, el cual encontraron que la realidad virtual se puede utilizar como parte de un programa de rehabilitación integral para mejorar el equilibrio al sentarse después de una lesión de la médula espinal, estos resultados se alinean. En un ensayo clínico aleatorizado realizados por Lee y Lee (40) tienen por objetivo de estudio evaluar el efecto de un programa de ejercicios de realidad virtual en la capacidad de equilibrio al sentarse en pacientes con lesión medular. Encontraron que ambos grupos mostraron mejoras significativas en el equilibrio al sentarse, lo que sugiere que la realidad virtual puede ser una herramienta efectiva.

Por otro lado en el estudio reportado por An y Park (32) tienen por objetivo evaluar los efectos de un juego de fútbol virtual en el equilibrio, la función de la marcha y la velocidad de la patada en pacientes con LME incompleta, observaron mejoras significativas en el equilibrio, la función de la marcha y la velocidad de la patada en el grupo experimental en comparación con el grupo de control.

Recuperación motora

Por otra parte, en cuanto a la recuperación motora, Lim et al.(42) en su estudio buscaron determinar si la rehabilitación con realidad virtual era más efectiva que la terapia tradicional para mejorar la fuerza de agarre, la destreza manual y la función general de las extremidades superiores en personas con lesión de médula espinal, encontraron que ambos grupos intervención mostraron una mejora significativamente mayor en la fuerza de agarre. Los autores concluyeron que la realidad virtual podría ser una herramienta eficaz para mejorar la rehabilitación de las extremidades superiores en pacientes con lesión de médula espinal.

Estos hallazgos están respaldados por Duffell et al.(43) que buscaron evaluar los efectos del ciclismo con estimulación eléctrica funcional combinado con biorretroalimentación de carreras de realidad virtual sobre la función voluntaria después de una lesión medular incompleta, se observaron mejoras significativas en la función voluntaria de los participantes, incluyendo la fuerza muscular, la resistencia y la capacidad aeróbica, lo que sugiere un posible beneficio del ciclismo con estimulación eléctrica funcional combinado con biorretroalimentación de carreras de realidad virtual en la rehabilitación de la lesión medular incompleta.

Calidad de vida y dolor

Por otro lado, un estudio descrito por Manzanares et al. (37), en su estudio tienen por objetivo investigar el impacto de la terapia de navegación con realidad virtual semi inmersiva en la calidad de vida de personas con lesión medular, en cual reportó mejoras significativas en la calidad de vida en ambos grupos de intervención, sugiriendo que esta terapia puede tener un impacto positivo en el bienestar de las personas con lesión de la médula.

En un estudio experimental no aleatorizado realizado por Gustin et al. (49) que tienen por objetivo investigar los efectos de la caminata virtual en el dolor neuropático relacionado con la lesión de médula espinal (LME), encontraron que el grupo sometido a una caminata semi inmersiva experimentó una reducción significativa en la intensidad del dolor neuropático, lo que sugiere un potencial beneficio del uso de la caminata virtual para el manejo del dolor neuropático en personas con LME y por ende sugiriendo mejoras en la calidad de vida. Así mismo Austin et al. (39) propusieron evaluar los efectos a corto plazo de la realidad virtual montada en la cabeza en la intensidad del dolor neuropático por lesión medular, encontraron tuvo un efecto positivo, demostrando resultados importantes en el manejo de dolor.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada demuestra que la realidad virtual tiene un impacto positivo en el proceso de rehabilitación física de personas con lesión medular. Los estudios analizados demuestran que la realidad virtual puede mejorar la función motora, movilidad, fuerza y equilibrio todo en base a los test aplicados al inicio y final de la intervención tanto del grupo experimental como de control; los test más destacados son: medida de independencia de la médula espinal II y III, la prueba de marcha de 10 y 6 metros, prueba de la camiseta, prueba de alcance funcional modificada, la escala de equilibrio de Berg, Ashworth y Oxford.

La realidad virtual semi inmersa fue una de las más aplicadas en los grupos experimentales, sin embargo a los grupos de control se les complementaba con terapia convencional, teniendo estos dos grupos de intervención los mismo resultados por ende se concluye que existe una mejoría significativa de ($p < 0.01-0.05$) en el equilibrio dinámico y estático, al igual que en la funcionalidad, estos efectos se logran con intervenciones superiores a 30 minutos durante 3-4 veces por semana durante un periodo de 4-6 semanas.

Finalmente, la realidad virtual se presenta como una herramienta prometedora en la rehabilitación de pacientes con lesión de la médula espinal, ofreciendo múltiples beneficios que complementan y enriquecen las terapias convencionales; creando entornos virtuales que simulan actividades de la vida diaria, facilitando la práctica segura y repetitiva de movimientos para mejorar la fuerza, la coordinación y el equilibrio.

CAPITULO VI. PROPUESTA

6.1 Propuesta

La lesión de médula espinal es un desafío significativo en el campo de la salud, destacándose la necesidad de integrar nuevas tecnologías en la fisioterapia para mejorar los resultados funcionales. La realidad virtual se presenta como una herramienta innovadora con el potencial de mantener y mejorar la funcionalidad residual motora en pacientes con lesión traumática de médula espinal. Por lo tanto, es crucial fomentar la implementación de programas de realidad virtual en instituciones de salud ecuatorianas y promover la investigación científica sobre su efectividad. Se propone la ejecución de un taller para la capacitación sobre realidad virtual en la rehabilitación de lesión traumática de médula espinal.

Carrera: Fisioterapia

Área de conocimiento: Salud y bienestar

Línea de investigación: Salud

Dominio: Salud como producto final orientado al buen vivir

Cátedra: Rehabilitación Neurológica

Nombre del taller: Realidad virtual en rehabilitación: Innovando la terapia para lesión medular.

Logotipo del taller:

Figura 2. Logotipo del taller (Realidad virtual en rehabilitación)



Fuente: Elaboración propia

Objetivos del Taller:

- Proveer a los participantes conocimientos teóricos sobre la realidad virtual en la rehabilitación de pacientes con lesión de la médula espinal.
- Estimular la investigación científica sobre la efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación en lesiones de la médula espinal.

Contenido del Taller:

Introducción a la lesión de médula espinal:

- Definición, epidemiología y características clínicas.
- Desafíos en la rehabilitación de la lesión de la médula espinal.

Realidad virtual en rehabilitación:

- Conceptos básicos y tecnologías disponibles.
- Beneficios de la realidad virtual en la rehabilitación neurológica.

Investigación de Resultados:

- Diseño de estudios y recolección de datos.
- Análisis de la efectividad de la realidad virtual en la mejora funcional y reducción del dolor.

Metodología:

- Sesiones teóricas: Conferencias y presentaciones sobre los fundamentos y avances en el uso de la realidad virtual en lesiones medulares.
- Desarrollo de proyectos de investigación: Orientación para el diseño y ejecución de proyectos de investigación sobre la realidad virtual en lesiones medulares.

Resultados Esperados:

Profesionales de fisioterapia equipados con habilidades y conocimientos para integrar la realidad virtual en la rehabilitación de lesiones medulares.

Impacto:

Esta propuesta tiene el potencial de transformar la manera en que se aborda la rehabilitación de la lesión de la médula espinal en Ecuador, mejorando su entorno biopsicosocial para una mayor autonomía del paciente y fomentando un enfoque basado en la innovación y la investigación científica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maggio MG, Bonanno M, Manuli A, Onesta MP, De Luca R, Quartarone A, et al. Do Individuals with Spinal Cord Injury Benefit from Semi-Immersive Virtual Reality Cognitive Training? Preliminary Results from an Exploratory Study on an Underestimated Problem. *Brain Sci* [Internet]. 13 de junio de 2023;13(6):1-10. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3425/13/6/945>
2. Organización Mundial de la Salud. Lesiones de la médula espinal - Perspectivas internacionales [Internet]. Ginebra: OMS; 2014. Disponible en: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/131504/WHO_NMH_VIP_13.03_spa.pdf
3. Montero Mejía F. Actualización sobre la situación de la lesión medular en América Latina: retos y oportunidades en su atención. *Rev Colomb Med Física Rehabil* [Internet]. 23 de diciembre de 2022;32:238-48. Disponible en: <https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/360>
4. Gómez AG, Mirabal ÁB, Pensado JCP, Gómez D. Caracterización de pacientes con traumatismo de médula espinal. *Rev Cuba Med Mil* [Internet]. 2013;42(2):201-9. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572013000200009
5. Vivar D. Análisis sobre la lesión medular en Ecuador: Datos epidemiológicos y Palnificación Sanitaria [Post grado]. [España]: Universidad Autonoma de Barcelona; 2015.
6. Nas K, Yazmalar L, Şah V, Aydin A, Öneş K. Rehabilitation of spinal cord injuries. *World J Orthop* [Internet]. 2015;6(1):8-16. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4303793/>
7. Prasad S, Aikat R, Labani S, Khanna N. Efficacy of Virtual Reality in Upper Limb Rehabilitation in Patients with Spinal Cord Injury: A Pilot Randomized Controlled Trial. *Asian Spine J* [Internet]. 31 de octubre de 2018;12(5):927-34. Disponible en: <http://asianspinejournal.org/journal/view.php?doi=10.31616/asj.2018.12.5.927>
8. Sekhon LHS, Fehlings MG. Epidemiology, Demographics, and Pathophysiology of Acute Spinal Cord Injury: Spine [Internet]. 15 de diciembre de 2001;26(24):2-12. Disponible en: <https://journals.lww.com/spinejournal/pages/articleviewer.aspx?year=2001&issue=12151&article=00002&type=Fulltext>
9. Orsatti-Sánchez B, Diaz-Hernandez O. Efficacy of Virtual Reality in Neurorehabilitation of Spinal Cord Injury Patients: A Systematic Review. *Rev Mex Ing Biomed* [Internet]. 2021;42(2):90-103. Disponible en: <http://www.rmib.mx/index.php/rmib/article/view/1141>
10. de Miguel Rubio A. Eficacia de la realidad virtual y videojuegos en el tratamiento de sujetos con lesión medular: revisión sistemática y meta-análisis [Internet] [Tesis doctoral]. [Córdoba]: Universidad de Córdoba; 2021. Disponible en: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/21329>

11. Serrano C. Kenhub. 2023. Médula espinal. Disponible en: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/medula-espinal-es>
12. Blumenfeld H. Neuroanatomy Through Clinical Cases [Internet]. 2 ed. Massachusetts: Sinauer Associates; 2010. Disponible en: <https://dokumen.pub/neuroanatomy-through-clinical-cases-second-edition-0878936130-9780878936137.html>
13. Rea P. Essential Clinical Anatomy of the Nervous System [Internet]. San Diego: Academic Press; 2015. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128020302/essential-clinical-anatomy-of-the-nervous-system>
14. Nanković V, Snur I, Nanković S, Sokolović B, Kvesić D. Spinal shock. Diagnosis and therapy. Problems and dilemmas. Lijec Vjesn [Internet]. 1995;117(2):30-2. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/8649146>
15. Strassburguer K, Hernández Yolanda, Barquín E. Lesión Medular: Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica [Internet]. ASPAYM Madrid; 2018. Disponible en: <https://www.codem.es/guias/lesion-medular-guia-para-manejo-integral-del-paciente-con-lm-cronica>
16. Hasler RM, Exadaktylos AK, Bouamra O, Benneker LM, Clancy M, Sieber R, et al. Epidemiology and predictors of cervical spine injury in adult major trauma patients: A multicenter cohort study. J Trauma Acute Care Surg [Internet]. abril de 2012;72(4):975-81. Disponible en: https://journals.lww.com/jtrauma/abstract/2012/04000/epidemiology_and_predictors_o_f_cervical_spine.24.aspx
17. Toro JDM, Arévalo AH, Leones SMC, Rodríguez JNM, Zambrano LER. Normas Internacionales para la Clasificación Neurológica de las Lesiones de la Médula Espinal: la clasificación ASIA 2019. Rev Colomb Med Física Rehabil [Internet]. 23 de diciembre de 2022;32:249-56. Disponible en: <https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/365>
18. Velasco M. Dolor Neuropático. Rev Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2014;25(4):625-34. Disponible en: https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2014/4%20Julio/4_Dra_Maritza-Velasco.pdf
19. Ditunno J, Little J, Tessler A, Burns A. Spinal shock revisited: a four-phase model. Spinal Cord [Internet]. julio de 2004;420(7):383-95. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15037862/>
20. Hansebout R, kachur E. UpToDate. 2024. Acute traumatic spinal cord injury. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/acute-traumatic-spinal-cord-injury#H1>
21. Ishida Y, Tominaga T. Predictors of Neurologic Recovery in Acute Central Cervical Cord Injury With Only Upper Extremity Impairment. Spine [Internet]. 1 de agosto de 2002;27(15):1652-7. Disponible en: https://journals.lww.com/spinejournal/abstract/2002/08010/predictors_of_neurologic_recovery_in_acute_central.11.aspx

22. Morse S. Acute central cervical spinal cord syndrome. *Ann Emerg Med* [Internet]. 1982;11(8):436-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7103162/>
23. Bonilla A, Martínez D, Vargas D, Borjas M, Rivera L. Herniación Cervical: Factor desencadenante inusual en el Síndrome de Brown-Sequard o de Hemisección medular. *Rev Científica Cienc Médica* [Internet]. 2014;17(2):71-3. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332014000200015
24. Burdea G, Coiffet P. *Virtual Reality Technology* (2nd Edition). John Wiley Sons [Internet]. 2003;12(6):663-4. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264594690_Virtual_Reality_Technology
25. Sherman W, Craig A. *Understanding Virtual Reality Interface, Application, and Design* [Internet]. 2 ed. San Francisco: Morgan Kaufmann; 2018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128009659/understanding-virtual-reality#book-description>
26. Chi B, Chau B, Yeo E, Ta P. Virtual reality for spinal cord injury-associated neuropathic pain: Systematic review. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. enero de 2019;62(1):49-57. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065718314532>
27. Cano de la Cuerda R. Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación. *Aplicaciones diagnósticas y terapéuticas* [Internet]. España: Editorial Médica Panamericana; 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=723509>
28. García E, Sánchez P, Cuesta A. Efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación del miembro superior en la lesión de la médula espinal. *Revisión sistemática. Rev Neurol* [Internet]. 2019;69(4):135-44. Disponible en: <https://neurologia.com/articulo/2019034>
29. Laver kate, Lange B, George S, Deutsch J, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2017;(11):1-180. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD008349.pub4/full>
30. Esquenazi A, Talaty M, Packel A, Saulino M. The ReWalk Powered Exoskeleton to Restore Ambulatory Function to Individuals with Thoracic Level Motor Complete Spinal Cord Injury. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. noviembre de 2012;91(11):911-21. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23085703/>
31. Calabró RS, Naro A, Russo M, Leo A, De Luca R, Balletta T, et al. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial. *J NeuroEngineering Rehabil* [Internet]. 7 de junio de 2017;14(1):1-16. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28592282/>
32. An Y, Park C. The effects of virtual soccer game on balance, gait function, and kick speed in chronic incomplete spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Spinal Cord*. junio de 2022;60(6):504-9.
33. Nair M, Kulkarni V, Shyam A. Combined Effect of Virtual Reality Training (VRT) and Conventional Therapy on Sitting Balance in Patients with Spinal Cord Injury (SCI): Randomized Control Trial. *Neurol India*. 11 de noviembre de 2022;70(2):245-450.

34. Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Aust J Physiother* [Internet]. 2002;48(1):43-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004951414602816?via%3Dihub>
35. Cascaes F, Valdivia B, da Rosa lop R, Barbosas P, da Silvia R. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. *Rev Cuba Inf En Cienc Salud* [Internet]. octubre de 2013;24(3):295-312. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132013000300007
36. Goel T, Sharma N, Gehlot A, Srivastav AK. Effectiveness of immersive virtual reality training to improve sitting balance control among individuals with acute and sub-acute paraplegia: A randomized clinical trial. *J Spinal Cord Med.* noviembre de 2023;46(6):964-74.
37. Manzanares A, Camblor Á, Romero-Arenas S, Segado F, Gil-Arias A. Effect of a semi-immersive virtual reality navigation therapy on quality of life in persons with spinal cord injury. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 10 de abril de 2021;18(6):1-6.
38. Putrino D, Tabacof L, Breyman E, Revis J, Soomro Z, Chopra D, et al. Pain Reduction after Short Exposure to Virtual Reality Environments in People with Spinal Cord Injury. *Int J Environ Res Public Health.* 25 de agosto de 2021;18(17):1-9.
39. Austin PD, Craig A, Middleton JW, Tran Y, Costa DSJ, Wrigley PJ, et al. The short-term effects of head-mounted virtual-reality on neuropathic pain intensity in people with spinal cord injury pain: a randomised cross-over pilot study. *Spinal Cord.* julio de 2021;59(7):738-46.
40. Lee MJ, Lee SM. The Effect of Virtual Reality Exercise Program on Sitting Balance Ability of Spinal Cord Injury Patients. *Healthcare.* 9 de febrero de 2021;9(2):1-7.
41. Walia S, Kumar P, Kataria C. Efficacy of Electrical Stimulation-Augmented Virtual Reality Training in Improving Balance in Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury: Study Protocol of a Randomized Controlled Trial. *Asian Spine J.* 31 de diciembre de 2020;15(6):865-73.
42. Lim DY, Hwang DM, Cho KH, Moon CW, Ahn SY. A Fully Immersive Virtual Reality Method for Upper Limb Rehabilitation in Spinal Cord Injury. *Ann Rehabil Med.* 31 de agosto de 2020;44(4):311-9.
43. Duffell LD, Paddison S, Alahmary AF, Donaldson N, Burridge J. The effects of FES cycling combined with virtual reality racing biofeedback on voluntary function after incomplete SCI: a pilot study. *J NeuroEngineering Rehabil.* 27 de noviembre de 2019;16(1):1-15.
44. Khurana M, Walia S, Noohu MM. Study on the Effectiveness of Virtual Reality Game-Based Training on Balance and Functional Performance in Individuals with Paraplegia. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 4 de mayo de 2017;23(3):263-70.
45. Dimbwadyo-Terrer I, Gil-Agudo Á, Segura-Fragoso A, De Los Reyes-Guzmán A, Trincado-Alonso F, Piazza S, et al. Effectiveness of the Virtual Reality System Toyra

- on Upper Limb Function in People with Tetraplegia: A Pilot Randomized Clinical Trial. BioMed Res Int. 18 de febrero de 2016;2016(1):1-12.
46. Tak S, Choi W, Lee S. Game-Based Virtual Reality Training Improves Sitting Balance after Spinal Cord Injury: A Single-Blinded, Randomized Controlled Trial. Med Sci Technol. 26 de junio de 2015;56:53-9.
 47. Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, Reyes-Guzmán A, Bernal-Sahún A, López-Monteagudo P, Polonio-López B, et al. Clinical, Functional and Kinematic Correlations using the Virtual Reality System Toyra® as Upper Limb Rehabilitation Tool in People with Spinal Cord Injury: Proc Int Congr Neurotechnology Electron Inform. 2013;81-8.
 48. Gil-Agudo A, Dimbwadyo-Terrer I, Peñasco-Martín B, De Los Reyes-Guzmán A, Bernal-Sahún A, Berbel-García A. Experiencia clínica de la aplicación del sistema de realidad TOyRA en la neuro-rehabilitación de pacientes con lesión medular. Rehabilitación. marzo de 2013;46(1):41-8.
 49. Gustin SM, Bolding M, Willoughby W, Anam M, Shum C, Rumble D, et al. Cortical Mechanisms Underlying Immersive Interactive Virtual Walking Treatment for Amelioration of Neuropathic Pain after Spinal Cord Injury: Findings from a Preliminary Investigation of Thalamic Inhibitory Function. J Clin Med. 4 de septiembre de 2023;12(17):1-13.
 50. Sengupta M, Gupta A, Khanna M, Krishnan UKR, Chakrabarti D. Role of Virtual Reality in Balance Training in Patients with Spinal Cord Injury: A Prospective Comparative Pre-Post Study. Asian Spine J. febrero de 2020;14(1):51-8.
 51. An CM, Park YH. The effects of semi-immersive virtual reality therapy on standing balance and upright mobility function in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: A preliminary study. J Spinal Cord Med. 4 de marzo de 2018;41(2):223-9.
 52. Van Dijsseldonk RB, De Jong LAF, Groen BE, Vos-van Der Hulst M, Geurts ACH, Keijsers NLW. Gait Stability Training in a Virtual Environment Improves Gait and Dynamic Balance Capacity in Incomplete Spinal Cord Injury Patients. Front Neurol [Internet]. 20 de noviembre de 2018;9:1-12. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2018.00963/full>
 53. Villiger M, Liviero J, Awai L, Stoop R, Pyk P, Clijsen R, et al. Home-Based Virtual Reality-Augmented Training Improves Lower Limb Muscle Strength, Balance, and Functional Mobility following Chronic Incomplete Spinal Cord Injury. Front Neurol. 28 de noviembre de 2017;8:1-8.
 54. Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, De Los Reyes-Guzmán A, López-Monteagudo P, Polonio-López B, Gil-Agudo A. Activities of daily living assessment in spinal cord injury using the virtual reality system Toyra®: functional and kinematic correlations. Virtual Real. marzo de 2016;20(1):17-26.
 55. Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, De Los Reyes-Guzmán A, Aznar MA, Alcubilla C, Pérez-Nombela S, et al. Upper limb rehabilitation after spinal cord injury: a treatment based on a data glove and an immersive virtual reality environment. Disabil Rehabil Assist Technol. 16 de julio de 2015;11(6):462-7.

56. Wall T, Feinn R, Chui K, Cheng MS. The effects of the Nintendo™ Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* noviembre de 2015;38(6):777-83.
57. Villiger M, Bohli D, Kiper D, Pyk P, Spillmann J, Meilick B, et al. Virtual Reality–Augmented Neurorehabilitation Improves Motor Function and Reduces Neuropathic Pain in Patients With Incomplete Spinal Cord Injury. *Neurorehabil Neural Repair.* octubre de 2013;27(8):675-83.

ANEXOS

Figura 3. Formulario de valoración ASIA

CLASIFICACIÓN NEUROLÓGICA ESTÁNDAR DE LA LESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

MÚSCULOS MOTORES FUNDAMENTALES (puntuación en el reverso)				Tacto ligero				Pinchazo				PUNTOS SENSITIVOS FUNDAMENTALES							
Dr	Iz	Dr	Iz	Dr	Iz	Dr	Iz	Dr	Iz	Dr	Iz	Dr	Iz	Dr	Iz				
C5		C6		C7		C8		C9		C10		C11		C12					
Flexores de codo		Extensores de la muñeca		Extensores del codo		Flexores de los dedos (falange distal del dedo medio)		Abductores de los dedos (dedo meñique)											
C5		C6		C7		C8		C9		C10		C11		C12					
Extensoras de la muñeca		Extensoras del codo		Extensoras de los dedos (falange distal del dedo medio)		Abductores de los dedos (dedo meñique)													
EXTREMIDAD SUPERIOR				EXTREMIDAD INFERIOR				EXTREMIDAD INFERIOR				EXTREMIDAD INFERIOR							
TOTAL		(Maximo)		TOTAL		(Maximo)		TOTAL		(Maximo)		TOTAL		(Maximo)					
Dr + Iz = (50)		(25) (25)		Dr + Iz = (50)		(25) (25)		Dr + Iz = (50)		(25) (25)		Dr + Iz = (50)		(25) (25)					
Comentarios:																			
L2				L3				L4				L5				S1			
Flexores de la cadera		Extensoras de la rodilla		Flexores dorsales del tobillo		Extensoras del primer dedo		Flexores plantares del tobillo											
L2		L3		L4		L5		S1											
Extensoras de la cadera		Flexores de la rodilla		Extensoras dorsales del tobillo		Extensoras del primer dedo		Flexores plantares del tobillo											
Contracción anal voluntaria (sí/no) <input type="checkbox"/> S4-5																			
↓ ↓ ↓																			
TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL							
(Maximo)		(56)		(Maximo)		(56)		(Maximo)		(56)		(Maximo)		(56)					
Dr + Iz = (56)				Dr + Iz = (56)				Dr + Iz = (56)				Dr + Iz = (56)							
PUNTUACIÓN PINCHAZO (max 112)				PUNTUACIÓN TACTO FINO (max 112)				PUNTUACIÓN TACTO FINO (max 112)				PUNTUACIÓN TACTO FINO (max 112)							
Alguna sensación anal (Sí/No)				PUNTUACIÓN PINCHAZO (max 112)				PUNTUACIÓN TACTO FINO (max 112)				PUNTUACIÓN TACTO FINO (max 112)							
NIVEL NEUROLOGICO				¿COMPLETO O INCOMPLETO?				ZONA DE PRESERVACIÓN PARCIAL				NIVEL NEUROLOGICO							
Segmento más caudal con función normal		Sensitivo <input type="checkbox"/> Motor <input type="checkbox"/>		Incompleto: algo de función sensitiva o motora en S4-S5		ESCALA ASIA DE DISCAPACIDAD <input type="checkbox"/>		Extensión caudal de segmentos parcialmente inervados		Sensitivo <input type="checkbox"/> Motor <input type="checkbox"/>		Segmento más caudal con función normal							

Fuente: Strassburguer K, Hernández Yolanda, Barquín E. Lesión medular: Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica [Internet]. ASPAYM Madrid; 2018. Disponible en: <https://www.codem.es/guias/lesion-medular-guia-para-manejo-integral-del-paciente-con-lm-cronica>

Figura 4. Escala de PEDro

Escala de PEDro- español

1. Los criterios de elección fueron especificados
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)
3. La asignación fue oculta
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación con los indicadores de pronósticos más importantes
5. Todos los sujetos fueron cegados
6. Todos los terapeutas administraron la terapia fueron cegados
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados
8. Las medidas de al menos unos de los resultados clave fueron obtenidas de más de 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave

Sí	No	Dónde:

Fuente: Tomado de Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Aust J Physiother [Internet]. 2002;48(1):43-9. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004951414602816?via%3Dihub>

Figura 5. Escala Downs & Black quality checklist

Informes	Sí (1)	No (0)	N/A (/)	Incapaz de determinar (0)
<p>1. ¿Se describe claramente la hipótesis/meta/objetivo del estudio?</p> <p>2. ¿Los principales resultados que se van a medir están claramente descritos en la sección Introducción o Métodos?</p> <p>3. ¿Se describen claramente las características de los sujetos incluidos en el estudio?</p> <p>4. ¿Están claramente descritas las intervenciones de interés?</p> <p>5. ¿Están claramente descritas las distribuciones de los principales factores de confusión en cada grupo de sujetos a comparar?</p> <p>6. ¿Se describen claramente los principales hallazgos del estudio?</p> <p>7. ¿El estudio proporciona estimaciones de la variabilidad aleatoria de los datos para los resultados principales?</p> <p>8. ¿Se han informado todos los eventos adversos importantes que pueden ser consecuencia de la intervención?</p> <p>9. ¿Se han descrito las características de los sujetos perdidos durante el seguimiento?</p> <p>10. Se han informado valores de probabilidad reales (p. ej., 0,035 en lugar de <0,05) para los resultados principales, ¿excepto cuando el valor de probabilidad es inferior a 0,001?</p>				
Validez Externa				
<p>11. ¿Se pidió a los sujetos que participaron en el estudio representativos de toda la población de la que fueron reclutados?</p>				
<p>El estudio debe identificar la población de origen de los sujetos y describir cómo se seleccionaron los sujetos. Los sujetos serían representativos si comprendieran toda la población fuente, una muestra no seleccionada de pacientes consecutivos o una muestra aleatoria</p>				
<p>12. ¿Los sujetos que estaban preparados para participar eran representativos de toda la población de la que fueron reclutados?</p>				
<p>Debe indicarse la proporción de los encuestados que estuvieron de acuerdo. La validación de que la muestra fue representativa incluiría demostrar que la distribución de los principales factores de confusión fue la misma en la muestra del estudio y en la población de origen.</p>				
<p>13. ¿El personal, los lugares y las instalaciones donde se trató a los pacientes fueron representativos del tratamiento que recibe la mayoría de los pacientes?</p>				
<p>Para responder afirmativamente a la pregunta, el estudio debe demostrar que la intervención fue representativa de la que se utiliza en la población de origen.</p>				
Validez interna				
<p>14. ¿Se intentó cegar a los sujetos del estudio sobre la intervención que recibieron?</p>				
<p>Para estudios en los que los pacientes no tendrían forma de saber qué intervención recibieron, se debe responder que sí.</p>				
<p>15. ¿Se intentó cegar a quienes midieron los principales resultados de la intervención?</p>				
<p>16. Si alguno de los resultados del estudio se basó en “extracción de datos”, ¿quedó claro?</p>				

17. En los ensayos y estudios de cohortes, ¿los análisis se ajustan a diferentes duraciones de seguimiento o, en los estudios de casos y controles, es el período de tiempo entre ¿La intervención y el resultado son los mismos para casos y controles?

Cuando el seguimiento fue el mismo para todos los sujetos del estudio, la respuesta debería ser sí. Si se ajustaran diferentes duraciones del seguimiento mediante, por ejemplo, un análisis de supervivencia, la respuesta debería ser sí. Los estudios en los que se ignoran las diferencias en el seguimiento deben responderse no.

18. ¿Fueron apropiadas las pruebas estadísticas utilizadas para evaluar los resultados principales?

Las técnicas estadísticas utilizadas deben ser adecuadas a los datos. Por ejemplo, se deben utilizar métodos no paramétricos para tamaños de muestra pequeños.

19. ¿Fue confiable el cumplimiento de la(s) intervención(es)?

Cuando hubo incumplimiento del tratamiento asignado o cuando hubo contaminación de un grupo, se debe responder que no.

20. ¿Las principales medidas de resultado utilizadas fueron precisas (válidas y confiables)?

Para los estudios en los que las medidas de resultado se describen claramente, la pregunta debe responderse afirmativamente.

Validez interna: confusión (sesgo de selección)

21. ¿Estaban los sujetos en diferentes grupos de intervención o fueron reclutados de la misma población?

Por ejemplo, los pacientes de todos los grupos de comparación deben seleccionarse del mismo hospital. La pregunta debe responderse sin poder determinarse para estudios de cohortes y de casos y controles donde no hay información sobre el origen de los pacientes incluidos en el estudio.

22. ¿Los sujetos del estudio estaban en diferentes grupos de intervención o fueron reclutados durante el mismo período de tiempo?

Para un estudio que no especifica el período de tiempo durante el cual se reclutaron los pacientes, la pregunta debe responderse como imposible de determinar.

23. ¿Se asignaron aleatoriamente los sujetos del estudio a los grupos de intervención?

Los estudios que afirman que los sujetos fueron asignados al azar deben responderse afirmativamente, excepto cuando el método de asignación al azar no garantice la asignación aleatoria

24. ¿Se ocultó la asignación aleatoria de la intervención tanto a los pacientes como al personal de atención médica hasta que el reclutamiento fue completo e irrevocable?

Se debe responder que no a todos los estudios no aleatorios. Si la asignación se ocultó a los pacientes, pero no al personal, se debe responder que no.

25. ¿Hubo ajustes adecuados por factores de confusión en los análisis de los que se extrajeron los principales hallazgos?

Esta pregunta debe responderse no para los ensayos si: las conclusiones principales del estudio se basaron en análisis de tratamiento en lugar de intención de tratar; no se describió la distribución de los factores de confusión conocidos en los diferentes grupos de tratamiento

26. ¿Se tuvieron en cuenta las pérdidas de sujetos durante el seguimiento?

Si no se informa el número de sujetos perdidos durante el seguimiento, la pregunta debe responderse como imposible de determinar. Si la proporción de pérdidas durante el seguimiento

fue demasiado pequeña para afectar los resultados principales, la pregunta debe responderse afirmativamente.

Fuerza

27. ¿Tenía el estudio suficiente poder para detectar un efecto clínicamente importante donde el valor de probabilidad de que una diferencia se deba al azar es inferior al 5%?

Los tamaños de muestra se han calculado para detectar una diferencia.

Fuente: Cascaes F, Valdivia B, da Rosa lop R, Barbosas P, da Silvia R. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. Rev Cuba Inf En Cienc Salud [Internet]. Octubre de 2013;24(3):295-312. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132013000300007