

UNIVERSIDAD DE SEVILLA



TRABAJO FIN DE MÁSTER
EFEECTO DEL EJERCICIO FÍSICO CON REALIDAD VIRTUAL
EN LA COLUMNA CERVICAL: INTERVENCIÓN CON
DYNAMICS VR

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y CALIDAD DE VIDA DE
PERSONAS ADULTAS Y MAYORES
2021/2023

AUTORA: CARMEN MARÍA GIL BERMÚDEZ
TUTORES: ADRIÁN FERIA MADUEÑO Y MOISÉS GRIMALDI PUYANA

“EFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO CON REALIDAD VIRTUAL EN LA COLUMNA CERVICAL: INTERVENCIÓN CON DYNAMICS VR”

Autora: Carmen María Gil Bermúdez

Tutor: Adrián Fera Madueño y Moisés Grimaldi Puyana

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de esta intervención fue evaluar el efecto que tiene el entrenamiento con el software de realidad virtual inmersiva (RVI) desarrollado por Dynamics VR mediante el dispositivo Oculus Quest 2 en la columna cervical de un sujeto que presenta dolor en la zona. **Sujeto:** fue una mujer adulta, de 30 años, con dolor cervical diagnosticada de discreta protrusión discal posterior C5-C6. **Metodología de la intervención:** Se evaluó la intensidad del dolor durante 8 sesiones de ejercicio físico usando la realidad virtual inmersiva que ofrece la combinación de los protocolos cervical y de relajación de Dynamics VR, mediante la Escala Visual Analógica (EVA) y se registró, antes y después de la intervención, la funcionalidad de la zona cervical (IDC) y el miedo al movimiento o kinesiophobia (TSK-11SV).

Resultados: Se observan diferencias significativas en la percepción de la intensidad del dolor antes, durante y después de la realización de cada sesión, en la funcionalidad de la zona cervical y en la kinesiophobia del sujeto. **Conclusiones:** Se determina que el programa de ejercicio físico con RVI de la plataforma Dynamics VR índice de forma positiva en la percepción de intensidad de dolor, la funcionalidad cervical y la kinesiophobia del sujeto con dolor cervical.

Palabras clave: **Realidad virtual, ejercicio físico, movilidad articular, dolor cervical, discapacidad cervical, kinesiophobia.**

INDICE

1. MARCO TEÓRICO.....	4
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
2.1. Diseño	6
2.2. Muestra.....	8
2.3. Instrumentos.....	8
2.4. Procedimientos.....	9
2.5. Análisis estadístico.....	12
3. RESULTADOS.....	12
4. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES E IMPLICACIONES.....	14
5. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INTERVENCIÓN.....	15
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

1. MARCO TEÓRICO

De todas las afecciones que afectan la movilidad de la columna cervical, las enfermedades musculoesqueléticas destacan por su alta prevalencia (Santos-Paz et al., 2022). Siguiendo a la World Health Organization (Organización Mundial de la Salud), el dolor cervical es una de las enfermedades musculoesqueléticas más prevalentes que afecta a 222 millones de personas (World Health Organization, 2022). El dolor cervical se considera un problema global con una prevalencia de por vida alrededor del 70% en diferentes poblaciones (Rezaei et al., 2019).

El dolor cervical puede producirse en cualquiera de las estructuras de la zona del cuello, incluyendo músculos, nervios, vértebras y discos intervertebrales. Según el autor Zauderer et al. (2022) conciben el dolor cervical como un estado común y habitual, asociado a la disminución de movilidad de la columna cervical, de la fuerza muscular y de la propiocepción.

El dolor cervical, como dolencia común entre los adultos, suele recibir un tratamiento con un enfoque multimodal con el ejercicio físico como componente fundamental. (Sarig-Bahat et al., 2015).

El desarrollo y evolución de la ciencia y la tecnología nos proporciona herramientas que, al incluirlas en programas de ejercicio físico, pueden incidir de forma positiva incrementando la mejora de salud de los usuarios. A pesar de que la RV comenzó su desarrollo a partir del año 1962, no ha sido hasta estas últimas décadas cuando se han realizado grandes avances para su utilización como herramienta terapéutica en la rehabilitación motora y cognitiva (Calduch et al., 2020).

Siguiendo a Pazzaglia et al. (2019) la RV se propone como una nueva herramienta que junto con el ejercicio físico puede potenciar el aprendizaje motor en un entorno seguro, mitigando el dolor y mejorando la realización de las actividades de la vida diaria. La RV podría definirse como la *“representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real”* (Real Academia Española, s.f., definición 1). Desde que se introdujo la RV en el mundo de la informática, esta se ha usado para diferentes fines, incluidos “gaming”, educación, aplicaciones industriales y aplicaciones médicas (Santos-Paz et al., 2022).

La RV hace referencia a las tecnologías informáticas innovadoras en tiempo real que desempeñan un papel cada vez más notable en el ámbito de la readaptación física para la intervención con gran diversidad de pacientes, demostrando ser eficaz también para reducir el dolor en pacientes con diferentes tipos de dolor crónico (Rezaei et al., 2019).

Se considera que la RV proporciona un entorno virtual que sumerge a los usuarios. La parte subjetiva de la experiencia es la sensación de los usuarios de formar parte del mundo virtual en el que se encuentran. La inmersión es la parte objetiva de la experiencia, donde se tiene en consideración la visualización de las imágenes, los estímulos de movimiento y los estímulos auditivos (Santos-Paz et al., 2022). En el mismo sentido los autores Ahern et al. (2020) muestran en su revisión sistemática y meta-análisis que la inclusión de la RV en el ejercicio físico implica una potencial mejora en la salud de las personas con dolor de columna vertebral.

En cuanto a la relación entre el dolor y RV, la evidencia existente respalda la RV como un enfoque no farmacológico beneficioso para mejorar la intensidad del dolor en pacientes con dolor cervical (Guo et al., 2023). Lier et al. (2020) detectan una menor respuesta cortical después de aplicar un estímulo nociceptivo usando la RV, planteando entonces que la RV modifica la intensidad de la entrada nociva recibida del sistema nervioso periférico, antes de que la señal sea detectada en la corteza cerebral.

El estudio realizado por Grassini (2022) muestra que las intervenciones con RV pueden ser útiles para el manejo del dolor, especialmente remarcable para el dolor cervical y la discapacidad cervical. Rezaei et al. (2019) mostraron como la puntuación de la escala visual analógica del dolor (VAS)

mejora de forma significativa en el grupo intervenido con RV en comparación al grupo con entrenamiento convencional.

Del mismo modo, Zauderer et al. (2022) también encuentran en su estudio basado en 5 sesiones de un programa de ejercicios terapéuticos para pacientes con dolor cervical que incluyen ejercicios con realidad virtual inmersiva una evolución positiva del dolor y de las puntuaciones de limitación de la actividad específica del cuello a los 3 meses, así como un aumento de la flexión cervical, sugiriendo que la inmersión en RV tiene el efecto de desinhibir el movimiento.

Respecto a la funcionalidad y la movilidad articular de la zona cervical, Sarig-Bahat et al. (2009) concluyen que los resultados de rango de movilidad máximos obtenidos mediante la aplicación de la RV fueron más estables que los obtenidos mediante evaluaciones convencionales.

De forma más específica, la inclusión de RV en el ejercicio físico como tratamiento indica una reducción significativa del índice de discapacidad cervical en un 23,2% (Orr et al., 2023). Siguiendo a Rezaei et al. (2019) la mejora de la discapacidad cervical fue mayor en el grupo que se intervino con RV en comparativa al grupo al que solo se le aplicó ejercicio físico convencional, lo que concluyó que la herramienta que usaron (Cervigame®) es potencialmente práctica para la rehabilitación de pacientes con dolor cervical.

Sarig-Bahat et al. (2015) muestran en su estudio que tanto el grupo de ejercicio físico con VR como el convencional mejoran el índice de discapacidad cervical inmediatamente después de la intervención, pero 3 meses después solo el grupo de RV mantuvo la mejora; mientras que en ningún momento hubo diferencias significativas entre los grupos respecto a la **kinesiofobia**. Sin embargo, **el estudio de Sarig-Bahat et al. (2014)** correlaciona de forma directa la cinemática del cuello y el miedo al movimiento. Los resultados principales mostraron que los movimientos cervicales más pequeños, más lentos y más bruscos se correlacionaban con mayor miedo al movimiento y, ocasionalmente, con la intensidad del dolor y la discapacidad. De la misma manera, Tejera et al. (2020) demuestran que la RVI puede ser una herramienta muy eficaz para reducir el miedo al movimiento relacionado con el dolor cervical crónico, ya que la variable muestra una disminución de 10 puntos en la intervención con VR frente a 4 puntos en la intervención de entrenamiento convencional.

Además, el ejercicio físico que incluye RV puede ayudar a los usuarios a incrementar la motivación para la realización del ejercicio y proporcionar feedback útil (Glavare et al., 2021). Según Harvie et al. (2020) la intervención de ejercicio físico con RV reporta un alto grado de adherencia.

Siguiendo a Rezaei et al. (2019) destacan la motivación y la interactividad entre los principales beneficios prácticos que aporta la aplicación de la VR en el ejercicio físico especialmente en enfoques terapéuticos basados en videojuegos. Además, Afyouni et al. (2020) muestran como la motivación y el compromiso de los usuarios participantes en el programa de ejercicio físico incluyendo VR es significativo permitiendo periodos de práctica más prolongado.

Se reflexiona también sobre los criterios de seguridad en el uso de la realidad virtual inmersiva, al ser una herramienta novedosa y en proceso de investigación. El estudio de Glavare et al. (2021) indica que el ejercicio con RV como parte de un programa interdisciplinar de rehabilitación es factible y seguro para pacientes con dolor crónico de cuello. Así mismo, Orr et al., (2023) muestran en su estudio que el tratamiento realizado con ejercicio físico y RV en el metaverso resulta seguro sin presentar efectos adversos.

Entre los beneficios generales que implica la inclusión de la RVI en el ejercicio físico en pacientes con dolor cervical destaca el estudio de Rezaei et al. (2019), en el que muestran como la intervención con RV mejora de forma significativa la percepción de dolor, la discapacidad funcional y el equilibrio dinámico inmediatamente después de la intervención con pacientes con

dolor cervical. Guo et al., 2023 muestran en su estudio que el grupo tratado con ejercicio físico y RV presentan menor índice de discapacidad cervical, menor kinesiofobia y mayor función cinemática (respecto a rango de movilidad, velocidad media y máxima) de la columna cervical. Mientras que Sarig-Bahat et al. (2015) concluyen que el grupo intervenido con entrenamiento y VR puede tener algunas ventajas a corto plazo en cuanto a intensidad del dolor, discapacidad del cuello y control del movimiento.

Se plantea pues, que la inclusión de RV en el ejercicio físico disminuye la intensidad de dolor y mejora la discapacidad a corto y largo plazo en comparación con el ejercicio físico convencional en pacientes con dolor cervical (Ahern et al., 2020). Del mismo modo, Nusser et al (2021) muestran que los pacientes que son intervenidos con VR mejoran el dolor cervical comparativamente a los que solo son intervenidos con ejercicio físico; y Afyouni et al. (2020) destacan entre los resultados de la aplicación de RV en el tratamiento de usuarios con dolor cervical las mejoras en la alineación postural.

Después de realizar una revisión sobre bibliográfica actualizada se identifica que el objeto de estudio del presente Trabajo Final de Máster es **evaluar el efecto que tiene el entrenamiento con RVI en la columna cervical de un sujeto que presenta dolor cervical.**

El problema de estudio que motiva esta intervención es determinar si el entrenamiento con RVI que aporta la combinación de los softwares cervical y relajación de Dynamics VR mediante el dispositivo Oculus Quest 2 incide de forma positiva en la percepción del dolor, la kinesiofobia y el índice de discapacidad cervical del sujeto.

Para ello se analiza la percepción de la intensidad del dolor del sujeto pre, durante y post a las sesiones de intervención, la presencia del miedo al movimiento del sujeto antes y posteriormente a la intervención y la funcionalidad cervical del sujeto antes y posteriormente a la intervención.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Diseño

El diseño de la sesión de intervención se compone de la parte principal, de 20 minutos de duración, en la que se realizan ejercicios de movilidad articular de la zona cervical con el software cervical. Y de la parte final, de 10 minutos de duración, de vuelta a la calma con el software de relajación. A continuación, se explican las características y el funcionamiento de los softwares desarrollados por Dynamics VR y seleccionados para la intervención.

Software Cervical

El software cervical es una interfaz que se divide en el bloque técnico y en el bloque de dificultad del movimiento. El bloque técnico permite seleccionar todo lo que tiene que ver con las posibilidades del paciente: tipo de movimientos (flexión, extensión, inclinación y rotación) y cualquier combinación de movimiento, velocidad y terapia espejo. Entendiendo que 0° es la cabeza mirando al frente, en este apartado hemos seleccionado los movimientos y ROM que queremos que el sujeto trabaje.

Tabla 1. Descripción del rango de movimiento del software cervical

Movimiento	RANGO DE MOVIMIENTO
Flexión	De 0° a 80°
Extensión	De 0° a 90°
Rotación (izquierda – derecha)	De 0° a 90°
Inclinación lateral (izquierda – derecha)	De 0° a 45°

El bloque de dificultad permite elegir la dificultad de la partida. El modo fácil implica 1/3 de los movimientos seleccionados, el modo medio serán 2/3 de los movimientos seleccionados, y el modo difícil será el rango completo de los movimientos seleccionados. El software ha sido creado para permitir todos los movimientos posibles a nivel cervical. Para realizar los movimientos hay que seguir un recorrido de aros dirigiendo una nave con el movimiento cervical. El objetivo del juego es conseguir que la nave entre a través de los aros. El entorno virtual emula el espacio exterior. Durante el recorrido de los aros (anillos planetarios), aparecen obstáculos (esteroides) con los que el sujeto debe evitar chocar. La duración de la partida varía entre 2 minutos y 2'30'' en función de la combinación de movimientos y el nivel de dificultad. Durante la ejecución de movimiento no se controlan de forma exacta los grados ejecutados por el sujeto.

Especificaciones del protocolo cervical

Siguiendo a Zauderer et al. (2022) la RVI ayuda a los usuarios a distraer la atención de la percepción de dolor y mejora el aprendizaje motor mediante la retroalimentación inmediata proporcionada por el entorno virtual. Este software está desarrollado precisamente para trabajar sobre la ganancia de rango de movimiento cervical, disminuir el dolor y la kinesiofobia. En relación al miedo al movimiento Chen et al. (2016) manifiestan en su estudio con pacientes que padecen dolor musculoesquelético crónico de la columna cervical que el uso de RV en el entrenamiento aumenta el empoderamiento de los usuarios para la realización de ejercicio terapéutico. El dolor aumenta el tiempo de planificación del movimiento por lo que este software ha sido desarrollado para acelerar estos tiempos y de esta manera disminuir el riesgo de posibles lesiones por falta de reacción. El software aporta diferentes estímulos que provocan una mayor carga cognitiva que la habitual en la sala de recuperación provocando que el sujeto se vuelva más tolerante a un mayor número de estímulos, lo que resulta positivo para prepararlo para las actividades de la vida cotidiana.

Tabla 2. Descripción de los movimientos del software cervical

RANGO DE MOVIMIENTO (ROM)			
1 movimiento	2 movimientos	3 movimientos	Todos los movimientos
Flexión	Flexión y extensión	Flex – inclinación – rotación	Flexión -extensión -rotación - inclinación
Extensión	Flexión e inclinación	Inclinación – extensión – flexión	
Rotación	Extensión e inclinación	Rotación – extensión – flexión	
Inclinación	Extensión y rotación	Ext – inclinación – rotación	
	Rotación e inclinación		
	Rotación y flexión		

Software de relajación

Este software permite acceder a tres entornos virtuales diferentes en los que potenciar la vuelta a la calma del sujeto. El entorno bosque se trata de un espacio natural con vegetación compuesto por árboles, arbustos, rocas y flores, en el que se puede observar un estanque. En la opción playa se emula un entorno paradisiaco costero, con detalles basados en tumbonas, palmeras y un embarcadero. En el entorno de nieve se recrea una cascada nevada en mitad de una montaña rocosa.

Especificaciones del software de relajación

El software ha sido desarrollado para aumentar la relajación del sujeto después del entrenamiento mediante estímulos visuales y auditivos. Los entornos virtuales destacan por la aportación de feedback, considerado un componente esencial del aprendizaje motor (Rezaei et al., 2019). Este software sirve de guía en el ciclo respiratorio indicando los tiempos de inspiración y espiración. Puede usarse como vuelta a la calma para disminuir pulsaciones, si la sesión ha resultado intensa.

2.2. Muestra

Para la selección del sujeto de estudio se realiza un formulario de inscripción usando la plataforma Google form. Del total de 10 personas interesadas por proximidad para formar parte del estudio, se selecciona a una mujer adulta con dolor cervical al ser la única que cumple el criterio de inclusión en el estudio: presencia de dolor en la zona cervical. Mediante la realización de una entrevista personal compuesta por diferentes y variadas preguntas que puede encontrarse en el *anexo 1*, se recopila la siguiente información que consideramos de relevancia para la realización del estudio ya que nos permiten conocer los hábitos de vida, así como la percepción general de estado de salud del sujeto.

El sujeto de estudio es una mujer de 30 años natural de Sevilla, ciudad en la que ha residido desde que nació. Trabaja como arquitecta desde hace 3 años (entre 8 y 10 horas al día) en un estudio, principalmente en posición sentada y con el ordenador. Desde que en 2019 comenzó a trabajar, lleva una vida sedentaria. Realiza ejercicio físico rara vez, sin conseguir incluirlo como hábito de vida. Cambia de centro deportivo con asiduidad y no llega a generar adherencia.

Sufre dolor de la zona cervical desde 2010, año en el que comenzó sus estudios de arquitectura. Desde entonces desarrolla su vida gestionando el dolor con antiinflamatorios, analgésicos y relajantes musculares, etapas de incremento de ejercicio físico y acudiendo ocasionalmente al fisioterapeuta. El dolor que sufre lo asocia con episodios en los que prácticamente no puede moverse, hormigueos en las manos y en los brazos, irascibilidad, ansiedad y a la intensificación del dolor que le impide realizar algunas de las actividades de su vida diaria con normalidad.

Respecto a su historial médico, en marzo de 2021 le diagnostican una discreta protrusión discal posterior C5-C6, central izquierda, imprimando el espacio subaracnoideo anterior.

2.3. Instrumentos

Se utilizan los cuestionarios que se detallan a continuación en la primera sesión, y en la última y décima sesión. En el apartado de resultados del presente documento se presentan los datos obtenidos y su interpretación. Siguiendo a Labronici et al. (2016) “la Escala Visual Analógica (EVA) es un instrumento eficiente para medir la intensidad del dolor consistiendo en una línea horizontal de 10 cm que en una de sus extremidades indica sin dolor, y en la otra, peor dolor posible” (p. 74), por lo que se ha seleccionado la EVA para identificar la intensidad del dolor del sujeto: antes, durante y posteriormente al desarrollo de la sesión. Resulta un instrumento sencillo y rápido para que el sujeto explique su percepción de dolor subjetivo y, además, es fácilmente interpretable para sacar resultados objetivos sin olvidar que la propia percepción de dolor es subjetiva.

Con el Índice de Discapacidad Cervical (IDC), la escala más usada para valorar el dolor y la discapacidad cervical, se pretende analizar la funcionalidad de la zona cervical del sujeto. Se utilizó la versión española de The Neck Disability Index (NDI) propuesta por Andrade et al. (2007).

Por último, Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK) es una de las medidas empleadas con más frecuencia para evaluar el miedo relacionado con el dolor en pacientes que lo sufren (Gómez-Pérez et al., 2011). Por lo que, para analizar el grado de miedo al movimiento del sujeto, y si la RVI, de los protocolos desarrollados por Dynamics Vr tienen algún tipo de efecto en este, se ha utilizado

Tampa Scale of Kinesiofobia-11 (TSK-11) la adaptación al español de la TSK que proponen Gómez-Pérez et al. (2011).

2.4. Procedimientos

Tomando como referencia principal los estudios de Rezaei et al. (2019) y Harvie et al. (2020) adaptado a las circunstancias del sujeto y de la disposición de los materiales, se organiza la propuesta de intervención en 10 sesiones de 45 minutos de duración total.

Sesiones de evaluación inicial y evaluación final

Se contemplan dos sesiones de evaluación inicial y final del sujeto. La primera correspondiente a la sesión n.º 1, y la final, a la última sesión, n.º 10. Estas evaluaciones permiten conocer la relación del sujeto con el dolor, la kinesiofobia y la funcionalidad cervical, antes de comenzar la sesión de ejecución de los protocolos (n.º 2), y después de haber realizado la última sesión de ejecución de los softwares (n.º 9), para finalizar la intervención.

Sesiones de ejercicio físico y RV

Se han planificado dos bloques, compuestos por cuatro sesiones, divididos por un día natural de descanso, en el que el sujeto continúa con sus hábitos de vida cotidianos.

- El primer bloque de sesiones (n.º 2, 3, 4 y 5) se realiza de forma consecutiva los días 24, 25, 26 y 27 de agosto de 2022.
- El segundo bloque de sesiones (n.º 6, 7, 8 y 9) se realiza de forma consecutiva los días: 29, 30, 31 de agosto y 1 de septiembre de 2022.

Tabla 3. Cronograma de las sesiones

AGOSTO/SEPTIEMBRE 2022						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
22	23 SESIÓN 1 <i>EVALUACIÓN INICIAL</i>	24 SESIÓN 2	25 SESIÓN 3	26 SESIÓN 4	27 SESIÓN 5	28 DESCANSO
29 SESIÓN 6	30 SESIÓN 7	31 SESIÓN 8	1 SESIÓN 9	2 SESIÓN 10 <i>EVALUACIÓN FINAL</i>	3	4

Cada sesión del bloque de sesiones consta de dos partes: durante la parte principal el sujeto realiza el protocolo cervical, de una duración de 20 minutos, y en la parte final el sujeto realiza la vuelta a la calma con el protocolo de relajación durante otros 10 minutos.

En la primera parte de la sesión, en la que se interviene con el protocolo cervical, el sujeto realiza uno, dos, tres o todos los movimientos (en función de la sesión) con los tres niveles de dificultades: fácil, medio y difícil.

En total se pueden realizar 15 movimientos contando con las posibles combinaciones entre ellos.

Tabla 4. Programación de las sesiones: protocolo cervical

N.º SESIÓN	FECHA	MOVIMIENTO
SESIÓN 1	23.08.2022	Evaluación inicial
SESIÓN 2	24.08.2022	Flexión + Extensión
SESIÓN 3	25.08.2022	Rotación + Inclinación
SESIÓN 4	26.08.2002	Flexión y extensión + Rotación e Inclinación
SESIÓN 5	27.08.2022	Flexión e inclinación + Extensión y rotación
DESCANSO		
SESIÓN 6	29.08.2022	Extensión e inclinación + Rotación y flexión
SESIÓN 7	30.08.2022	Flex – inclinación – rotación + Inclinación – extensión – flexión
SESIÓN 8	31.08.2022	Rotación – extensión – flexión + Extensión – inclinación – rotación
SESIÓN 9	1.09.2022	Flexión – extensión – rotación - inclinación
SESIÓN 10	2.09.2022	Evaluación final

En la parte final de la sesión se interviene con el protocolo de relajación. El sujeto lo realiza con respiración guiada, en posición sentada con el tren superior apoyado, variando el entorno virtual entre las tres opciones: bosque, playa o nieve, y acompañada de una visualización guiada correspondiente con el entorno en el que se encuentra trabajando la respiración.

Entre la primera y la segunda parte de la sesión (protocolo cervical y de relajación) se realiza un descanso de 5 minutos en el que el sujeto se levanta y se quita las gafas para descansar.

En cada sesión de ejecución se mide la intensidad del dolor del sujeto usando la Escala Visual Analógica, en 5 momentos: en la parte principal (1) previo al comienzo del protocolo cervical, (2) durante la realización del protocolo cervical y (3) posteriormente al mismo; en la vuelta a la calma durante el protocolo de relajación (4) y posteriormente al mismo (5).

Desarrollo de sesiones

- Evaluación inicial: *sesión 1*

En la primera sesión se realiza la evaluación inicial del sujeto que consiste en cuatro partes principalmente:

1. Realización de cuestionarios. El sujeto realiza una entrevista (anexo 1) para conocer sus hábitos de vida y su relación con el ejercicio físico. También realiza los cuestionarios asociados a las variables relacionadas con el dolor cervical: kinesiofobia y funcionalidad cervical, que describiremos en el apartado instrumentos.
2. Toma de contacto con los materiales de intervención. Esta sesión es la primera toma de contacto en la que se enseña el espacio en el que tendrán lugar todas las sesiones. Además, se muestran las gafas de RV de Dynamics VR para que el sujeto se familiarice con su uso: se realice ajuste a su medida y se acostumbre al peso. También se realiza la primera inmersión en RV para que el sujeto aprenda el funcionamiento básico de los mandos, el manejo del menú de inicio y cómo moverse entre las aplicaciones.
3. Explicación del procedimiento habitual de las sesiones. Se explica el funcionamiento planificado para cada una de las sesiones, que se basa en la realización del protocolo cervical seguido del protocolo de relajación. Durante la sesión se explica la dinámica de medición de la percepción del dolor del sujeto antes, durante y después de cada protocolo usando, como instrumento, la escala visual analógica (0 -10). El valor 0 significa ausencia de dolor, y el valor 10 máximo dolor.

4. Criterios de seguridad: con esta primera inmersión en RV comprobamos también que el sujeto no sufre vértigos ni mareos, y que se encuentra cómoda para la realización de la intervención con VR.

- Primer bloque: sesiones n.º 2, 3, 4 y 5

Sesión 2

En la sesión 2 se trabajan los movimientos de flexión más los movimientos de extensión de la zona cervical en los tres niveles de dificultad cada uno. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno de bosque.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 3, durante el protocolo cervical se mantiene en 3, termina con 5, durante el protocolo de relajación lo valora en 3 y finaliza con dolor 4.

Sesión 3

En la tercera sesión se realizan los movimientos de rotación más los movimientos de inclinación de la zona cervical en los tres niveles de dificultad cada uno. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno playa.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 4, durante el protocolo cervical se mantiene en 4, y lo finaliza en 3. Durante el protocolo de relajación baja a 1 y lo finaliza con dolor 2.

Sesión 4

La sesión 4 se comienza con la combinación de dos movimientos: flexión y extensión más rotación e inclinación de la cervical, en los tres niveles de dificultad. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno nieve.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 2, durante el protocolo cervical aumenta a 4, posteriormente se mantiene en 4. Durante el protocolo de relajación se mantiene en 4 y posteriormente baja a 3.

Sesión 5

En la sesión 5 se trabaja la combinación de los movimientos de flexión e inclinación más los de extensión y rotación de la cervical, en los tres niveles de dificultad. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno bosque.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 3 que mantiene durante el protocolo cervical y que finaliza con valor 2. Durante el desarrollo del protocolo de relajación es la primera vez que valora el dolor en 0 y posteriormente valora el dolor en 1.

- Segundo bloque: sesiones n.º 6, 7, 8, y 9

Sesión 6

La sesión 6 se basa en la realización de la combinación de los movimientos de extensión e inclinación más los de rotación y flexión de la cervical en los tres niveles de dificultad. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno nieve.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 5, valor que mantiene durante la realización del protocolo cervical, y finaliza disminuyendo a 4. Durante el desarrollo del protocolo de relajación el dolor disminuye a 1, y posteriormente finaliza con dolor 4.

Sesión 7

En la sesión 7 se comienza a trabajar la combinación de tres movimientos: flexión, inclinación y rotación más inclinación, extensión y flexión de la cervical, en los tres niveles de dificultad. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno playa.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 4, durante el desarrollo del software cervical el dolor baja a 3 y posteriormente se mantiene en 3. Durante el protocolo de relajación el dolor disminuye a 1 y posteriormente finaliza con dolor 2.

Sesión 8

En la sesión 8 se realiza la combinación de rotación, extensión y flexión más extensión, inclinación y rotación, en los tres niveles de dificultad. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno bosque.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 3, durante el protocolo cervical se mantiene en 3 y posteriormente sube a 4. Durante el protocolo de relajación el dolor disminuye a 3 y posteriormente puntúa el dolor en 2.

Sesión 9

En la sesión 9 se trabajan en dos ocasiones consecutivas, la combinación de los cuatro movimientos cervicales: flexión, extensión, rotación e inclinación en los tres niveles de dificultad. En la vuelta a la calma se selecciona el entorno bosque.

En esta sesión el sujeto comienza la intervención con dolor 5, que mantiene durante y posteriormente al desarrollo del protocolo cervical. Durante el desarrollo del software de relajación el dolor disminuye a 1 y posteriormente lo valora con 1.

- Evaluación final: *sesión 10*

En la última sesión se realiza la evaluación final del sujeto que consiste en tres partes principalmente:

1. Realización de cuestionarios: el sujeto realiza un cuestionario (anexo 2) para conocer cómo valora la intervención mediante RV inmersiva. También realiza los cuestionarios correspondientes a la valoración inicial: kinesiophobia e índice de discapacidad cervical.
2. Feedback de los materiales de intervención: el sujeto aporta retroalimentación de las aplicaciones usadas para la intervención, así como de los materiales en concreto: comodidad de las gafas y facilidad del manejo de los mandos.
3. Agradecimiento y sugerencias: se le agradece la participación al sujeto y se le invita a realizar sugerencias o comentarios de la intervención para tenerlos en cuenta en posibles futuras investigaciones.

2.5. Análisis estadístico

En relación con el análisis estadístico, el presente estudio fue de corte descriptivo en el que se interacciona con el sujeto de estudio mediante test y entrevistas para recolectar la información necesaria. Del mismo modo el estudio es porcentual.

3. RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la intervención planteada especificando cada una de las herramientas de medida que han sido empleadas.

Tal y como se explica anteriormente en el desarrollo de los bloques de sesiones, se utiliza la Escala Visual Analógica para evaluar la intensidad de dolor del sujeto en cinco momentos durante la sesión: antes de comenzar el protocolo cervical, durante, y al finalizar el mismo; durante el desarrollo del protocolo de relajación y al finalizarlo. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resultados de intensidad del dolor cervical (EVA)

SESIÓN	SOFTWARE CERVICAL			SOFTWARE RELAJACIÓN	
	PRE	DURANTE	POST	DURANTE	POST
SESIÓN 2	3	3	5	3	4
SESIÓN 3	4	4	3	1	2
SESIÓN 4	2	4	4	4	3
SESIÓN 5	3	3	2	0	1
SESIÓN 6	5	5	4	1	4
SESIÓN 7	4	3	3	1	2
SESIÓN 8	3	3	4	3	2
SESIÓN 9	5	5	5	1	1

Analizando los datos obtenidos se puede determinar que en 2 de 8 sesiones de intervención (en las sesiones 2 y 4) el dolor incrementa en un 10%. En el resto de sesiones (3, 5, 6, 7, 8 y 9) el dolor disminuye entre un 10% y un 40%. Concretamente en las sesiones 6 y 8 disminuye un 10%, en las sesiones 3, 5 y 7 disminuye un 20% y en la sesión 9 disminuye un 40%.

También se puede identificar como, por lo general, la percepción de dolor cervical disminuye notablemente durante la sesión mientras se interviene con el software de relajación.

Tabla 6. Resultados del dolor en % de pre a post intervención

N.º SESIÓN	DOLOR PRE	DOLOR POST	% DOLOR DE PRE A POST INTERVENCIÓN
SESIÓN 2	3	4	INCREMENTA 10 %
SESIÓN 3	4	2	DISMINUYE 20 %
SESIÓN 4	2	3	INCREMENTA 10 %
SESIÓN 5	3	1	DISMINUYE 20 %
SESIÓN 6	5	4	DISMINUYE 10 %
SESIÓN 7	4	2	DISMINUYE 20 %
SESIÓN 8	3	2	DISMINUYE 10 %
SESIÓN 9	5	1	DISMINUYE 40 %

El cuestionario TSK-11SV usado para medir la kinesiofobia muestra una puntuación total de 27 puntos (61,36%) antes de iniciar la intervención, y una puntuación total de 25 (56,81%) al finalizar la misma, lo que nos indica que la intervención realizada mejora el miedo al movimiento del sujeto en 2 puntos, disminuyendo la kinesiofobia en un 4,55%.

Tabla 7. Resultados del cuestionario TSK-11SV usado para medir la kinesiofobia

	Antes de iniciar la intervención	Al finalizar la intervención

PUNTUACIÓN TSK-11SV	27 puntos	25 puntos
%	61,36 %	56,81 %

El cuestionario de Índice de Discapacidad Cervical (IDC) usado para medir la funcionalidad de la zona cervical del sujeto indica una puntuación de 13 antes de iniciar la intervención y de 8 al finalizar la misma. Ambos valores al encontrarse entre 5 y 14 puntos (10 - 28%) corresponden con discapacidad leve. La disminución del valor indica una mejora de la funcionalidad cervical mediante la intervención de ejercicio físico con RV en 5 puntos.

Tabla 8. Resultados del Índice de Discapacidad Cervical (IDC)

Antes de iniciar la intervención	Al finalizar la intervención	Tipo de discapacidad
13 puntos	8 puntos	Leve: entre 5 y 14 puntos (10 - 28%)

4. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Tras realizar un análisis de la literatura científica hemos encontrado diversos estudios con datos relevantes en relación al objetivo del presente Trabajo Final de Máster y a los resultados obtenidos. La intervención muestra una mejoría del dolor pre y post intervención en 6 de 8 sesiones, resultando una disminución de la percepción del dolor entre el 10% y el 40% tras la aplicación del ejercicio con RVI. Se podría deducir pues que en más del 50% de las sesiones del estudio, el ejercicio físico con RVI disminuye el dolor en la columna cervical del sujeto. Resultados coincidentes con el estudio de Sarig-Bahat et al., (2017) en el que los resultados concluyen que el ejercicio físico con RV mejora la percepción del dolor de los sujetos.

La cuestión es identificar la causa de esa mejoría en el dolor. Basándonos en el estudio de Cioeta et al. (2023) realizado a una mujer de 57 años con dolor cervical persistente durante 15 meses cuyo trabajo consistía en estar sentada durante mucho tiempo delante del ordenador, se considera que la RVI muestra una prometedora eficacia en el tratamiento del dolor cervical mediante el mecanismo de distracción del dolor.

Respecto a la mejora de la funcionalidad del cuello, la intervención muestra una mejora del índice de discapacidad cervical pasando de 13 puntos pre intervención a 8 puntos post intervención resultando una disminución de 5 puntos. Se mantiene en una discapacidad leve al encontrarse entre 5 y 14 puntos (10- 28%). Estos resultados de mejora son coincidentes con los resultados del estudio de Sarig-Bahat et al. (2010) en el que se concluye que la inclusión de VR en el programa de ejercicio físico promueve la funcionalidad de la zona cervical y el aumento de la movilidad de la zona respecto a la intervención sin RV. Al igual que el ensayo controlado aleatorio de Sarig-Bahat et al., (2017) que compara la intervención de ejercicio físico domiciliario con RVI con el ejercicio físico convencional en 92 pacientes con **dolor cervical**. El ensayo muestra que el ejercicio físico con RV reduce la discapacidad cervical, así como mejora la funcionalidad del cuello a los 3 meses de su realización. Lamentablemente en nuestro estudio al no tener resultados a los 3 meses de la intervención, no podemos sacar conclusiones al respecto.

Del mismo modo Sarig-Bahat et al. (2016) muestran en su estudio unos resultados que sugieren que el ejercicio físico con RV mejora la **movilidad de la zona cervical** en pacientes asintomáticos carentes de dolor cervical. En nuestra intervención no hemos contado con herramientas de medida del rango de movilidad articular de la zona cervical por lo que no tenemos resultados al respecto. Sin embargo, si hemos obtenido una disminución del **miedo al movimiento** del sujeto de estudio en

un 4,55 %, que puede ser coincidente con la propuesta de Sarig-Bahat et al. (2015) en la que enuncian que las dificultades funcionales y de movilidad articular relativas al dolor cervical pueden estar asociadas con la kinesiofobia o miedo al movimiento.

Los datos obtenidos en el estudio de caso de Cioeta et al. (2023) que contempla el ejercicio físico con RVI como una opción viable para mejorar la funcionalidad y la percepción de dolor de la zona cervical resultan coincidentes con los de nuestra intervención. Asimismo, resaltamos del mismo estudio la importancia de **personalizar los programas de ejercicio** físico con RV para que infiera de forma positiva en el estado de salud de los pacientes como el parámetro fundamental tal y como hemos hecho en esta intervención en la que se utilizan el software cervical y de relajación para evaluar el efecto que provocan en la columna vertebral del sujeto.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la presente intervención se puede concluir que el ejercicio físico con RVI que proporciona la combinación del software cervical y de relajación desarrollado por Dynamics VR implica una mejoría en la columna cervical del sujeto, incidiendo de forma positiva en la disminución del dolor percibido, la kinesiofobia y el índice de discapacidad cervical del sujeto con dolor cervical.

5. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INTERVENCIÓN

En primer lugar, destacamos como limitación principal que la propuesta de intervención se ha realizado a un sujeto que solo aporta datos individuales por lo que no se puede establecer una comparativa con otros resultados. Así mismo, no se toman datos posteriormente a la realización de la intervención que indiquen si los resultados obtenidos se mantienen o no en el tiempo.

Otra de las limitaciones de este estudio es que no se han tomado medidas del rango de movilidad articular de la zona cervical, por lo que no se puede evaluar si el efecto de la RVI con ejercicio físico de Dynamics VR implica una mejoría de la movilidad articular de la zona cervical.

En cuanto a la futura línea de investigación se podría realizar esta misma intervención con un número más amplio de sujetos para obtener unos resultados más fiables y relevantes que los obtenidos en el presente estudio.

Como futuras líneas de ampliación de la intervención se podría realizar un estudio comparativo entre la percepción del dolor entre un grupo que solo recibe RVI y ejercicio físico con el software cervical y otro grupo que solo recibe RVI con el software de relajación para poder evaluar la percepción de dolor cervical en función del software utilizado con los sujetos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afyouni, I., Murad, A. y Einea, A. (2020). Adaptive Rehabilitation Bots in Serious Games. *Sensors*, 20(24). <https://doi.org/10.3390/s20247037>
- Ahern, M. M., Dean, LV., Stoddard, C.C., Agrawal, A., Kim, K., Cook, C.E. y García A. N. (2020). The Effectiveness of Virtual Reality in Patients With Spinal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Practice*, 20(6), 656-675. <https://doi.org/10.1111/papr.12885>
- Andrade, J.A., Delgado, A.D. y Almécija, R. (2008). Validación de una versión española del Índice de Discapacidad Cervical. *Medicina Clínica*, 130(3), 85-89. <https://doi.org/10.1157/13115352>
- Calduch, F., Jordán A.I., Elvira, J., Sales D.J. y Castillo, A. (2020). Aplicación de entornos virtuales en el proceso de rehabilitación funcional del hombro: valoración de la satisfacción del paciente. *Revista Española de Traumatología Laboral*, 3(6), 265-7535. <https://doi.org/10.24129/j.retla.03206.fs2007019>
- Cioeta, M., Pournajaf, S., Goffredo, M., Giovannico, G. y Franceschini, M. (2023). Improving Adherence to a Home Rehabilitation Plan for Chronic Neck Pain through Immersive Virtual Reality: A Case Report. *Journal Clinical Medicine*, 12(5), 1-9. <https://doi.org/10.3390/jcm12051926>
- Chen, K.B., Sesto, M.E., Ponto, K., Leonard, J., Mason, A., Vanderheiden, G., Williams, J. y Radwin, R.G. (2016). Use of Virtual Reality Feedback for Patients with Chronic Neck Pain and Kinesiophobia. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(8), 1240-1248. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2016.2621886>
- Gómez-Pérez, L., López-Martínez, A. E. y Ruíz-Párraga, G. T. (2011). Psychometric Properties of the Spanish Version of the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK). *The Journal of Pain*, 12(4), 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2010.08.004>
- Guo, Q., Zhang, L., Gui, C., Chen, G., Chen, Y., Tan, H., Su, W., Zhang, R., y Gao, Q. (2023). Virtual Reality Intervention for Patients With Neck Pain: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of medical Internet research*, 25, 1-15. <https://doi.org/10.2196/38256>
- Grassini, S. (2022). Virtual Reality Assisted Non-Pharmacological Treatments in Chronic Pain Management: A Systematic Review and Quantitative Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, (19),7, 1-15. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074071>
- Harvie, D.S., Rio, E., Smith, R.T., Olthof, N. y Coppieters, M.W. (2020). Virtual Reality Body Image Training for Chronic Low Back Pain: A Single Case Report. *Frontiers in Virtual Reality*, 1(13), 1-10. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.00013>
- Kragting, M., Schuiling, S.F., Voogt, L., Pool-Goudzwaard A.L. y Coppieters, M. W. (2020). Using Visual Feedback Manipulation in Virtual Reality to Influence Pain-Free Range of Motion in People with Nonspecific Neck Pain. *Pain Practice*, 21(4), 428-437. <https://doi.org/10.1111/papr.12971>
- Labronici, P.J., Dos Santos-Viana, A.M., dos Santos-Filho, F.C., Santos-Pires, R.E., Labronici, G.J. y Penteadado-daSilva, L.H. (2016). Evaluación del dolor en el adulto mayor. *Acta Ortopédica Mexicana* 30(2), 73-80. <https://www.scielo.org.mx/pdf/aom/v30n2/2306-4102-aom-30-02-00073.pdf>

- Nusser, M., Knapp, S., Kramer, M., y Krischak, G. (2021). Effects of virtual reality-based neck-specific sensorimotor training in patients with chronic neck pain: A randomized controlled pilot trial. *Journal of rehabilitation medicine*, 53(2), 1-9. <https://doi.org/10.2340/16501977-2786>
- Orr, E., Arbel, T., Levy, M., Sela, Y., Weissberger, O., Liran, O. y Lewis, J. (2023). Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain: a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse. *Archives of physiotherapy*, 13(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40945-023-00163-8>
- Pazzaglia, C., Imbimbo, I., Tranchita, E., Mingati C., Ricciardi, R., Lo-Monaco, A., Parisi, A. y Padua, L. (2019). *Physiotherapy*, 106, 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.12.007>
- Real Academia Española. (s.f.). Realidad Virtual. En Diccionario de la lengua española. Recuperado en 16 de septiembre de 2023, de <https://dle.rae.es/realidad>
- Rezaei, I., Razeghi M., Ebrahimi, S., Kayedi, S. y Rezaeian A. (2019). A Novel Virtual Reality Technique (Cervigame®) Compared to Conventional Proprioceptive Training to Treat Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *Journal of biomedical physics & engineering*, 9(3), 355-366. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.556>
- Santos-Paz, J.A., Sánchez-Picot, A., Rojo, A., Martín-Pintado-Zugasti, A., Abraham, O. y García-Carmona, R. (2022). A novel virtual reality application for autonomus assessment of cervical range of motion: development and reliability study. *PeerJ*, 10(:e14031). <https://doi.org/10.7717/peerj.14031>
- Sarig-Bahat, H., Weiss, P. L., y Laufer, Y. (2009). Cervical motion assessment using virtual reality. *Spine*, 34(10), 1018-1024. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819b3254>
- Sarig-Bahat, H., Weiss, P. L., y Laufer, Y. (2010). Neck Pain Assessment in a Virtual Environment. *Spine*, 35(4), E105-E112. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b79358>
- Sarig-Bahat, H., Weiss, P. L. y Laufer, Y. (2010). The effect of neck pain on cervical kinematics, as assessed in a virtual environment. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(12), 1884–1890. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.09.007>
- Sarig-Bahat, H., Weiss (Tamar) P. L., Sprecher, E., Krasovsky, A. y Laufer, Y. (2014) Do neck kinematics correlate with pain intensity, neck disability or with fear of motion?. *Manual Therapy*, 19(3), 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.math.2013.10.006>
- Sarig-Bahat, H., Takasaki, H., Chen, X., Bet-Or Y., y Treleaven, J. (2015). Cervical kinematic training with and without interactive VR training for chronic neck pain – a randomized clinical trial. *Manual Therapy*, 20(1), 68-78. <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.06.008>
- Sarig-Bahat, H., Sprecher E., Sela, I. y Treleaven, J. (2016). Neck motion kinematics: an inter-tester reliability study using an interactive neck VR assessment in asymptomatic individuals. *European Spine Journal*, 25, 2139-2148. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4388-5>
- Sarig-Bahat, H., Croft, K., Carter, C., Hoddinott, A., Sprecher, E. y Treleaven, Julia. (2017). Remote kinematic training for patients with chronic neck pain: a randomised controlled trial. *European Spine Journal* 27(6), 1309–1323. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5323-0>
- Tejera, D., Beltran-Alacreu, H., Cano, R., Leon, J.V., Martín-Pintado-Zugasti A., Calvo-Lobo, C., Gil-Martínez A. y Fernández-Carnero, J. (2020). Effects of Virtual Reality versus Exercise on Pain, Functional, Somatosensory and Psychosocial Outcomes in Patients with Non-specific Chronic Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *International Journal of*

Environmental Research and Public Health, 17(16), 1-19.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17165950>

Zauderer, J., Lefèvre-Colau, M. M., Davoine, É., Hocquart, M., Rannou, F., Roby-Brami, A., Nguyen, C., y Roren, A. (2022). Exercise therapy program using immersive virtual reality for people with non-specific chronic neck pain: A 3-month retrospective open pilot and feasibility study. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 65(2), 1-4.
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101527>