



UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA

**Eficacia de la rehabilitación con realidad virtual
respecto a la mejora de la funcionalidad de la mano
en pacientes pediátricos con quemaduras de la
mano: un ensayo clínico aleatorizado**

Margot ABELLA

margot.abella@uvic.cat

4to curso de Fisioterapia

Trabajo de fin de grado

Tutor: Iván Romero Delgado

Facultad de Ciencias de la Salud y del Bienestar

Universidad de Vic

Vic, mayo de 2023

Índice

1.	Resumen	4
2.	Introducción	6
2.1	Estado actual del tema	6
2.2	Quemaduras	6
2.2.1	Definición y epidemiología	6
2.2.2	Etiología	7
2.2.3	Clasificación de las quemaduras	8
2.2.4	La piel	9
2.2.5	Cicatrices	11
2.2.6	Alteraciones funcionales tras una quemadura de mano	11
2.3	Tratamiento actual de Fisioterapia	14
2.3.1	Masoterapia e hidratación de la piel	15
2.3.2	Terapia de compresión	15
2.3.3	Tratamiento ortopédico	16
2.3.4	Ejercicios terapéuticos	16
2.4	Realidad virtual	17
2.4.1	Principios de la realidad virtual	17
2.4.2	Grados de inmersión de la realidad virtual	18
2.4.3	Rehabilitación y realidad virtual	18
2.5	Justificación del trabajo	20
3.	Hipótesis y objetivos	22
3.1	Hipótesis	22
3.2	Objetivos	22
4.	Metodología	22
4.1	Ámbito del estudio	22
4.2	Diseño del estudio	23
4.3	Población y muestra	23
4.4	Criterios de inclusión y exclusión	24
4.5	Intervención	24
4.5.1	Protocolo de terapia convencional	25
4.5.2	Protocolo de terapia con realidad virtual no inmersiva	26
4.5.3	Protocolo de terapia con realidad virtual inmersiva	27
4.6	Variables y método de medida	28
4.6.1	Variable independiente	28
4.6.2	Variables dependientes	28
4.6.3	Variables de ajuste	29

4.7	Análisis de los registros.....	29
4.8	Limitaciones del estudio.....	30
4.9	Aspectos éticos.....	30
5.	Utilidad práctica de los resultados.....	31
6.	Bibliografía.....	32
7.	Anexos.....	36
8.	Agradecimientos.....	42
9.	Nota final del autor.....	42

1. Resumen

Introducción: Las quemaduras de la mano son frecuentes en la población pediátrica y la realidad virtual es una nueva herramienta que se utiliza cada vez más en la rehabilitación. Sin embargo, hoy en día no se sabe cuál grado de inmersión tiene más beneficio.

Objetivos: Evaluar la eficacia de la rehabilitación con realidad virtual inmersiva respecto a la recuperación funcional de la mano en niños quemados.

Material y métodos: El estudio es un ensayo clínico aleatorio que se llevará a cabo en un centro especializado en la rehabilitación de niños tras una quemadura. Tiene una muestra de 50 pacientes divididos en 2 grupos (un grupo control y un grupo experimental). El grupo control está compuesto de 25 pacientes que reciben terapia convencional y rehabilitación con realidad virtual no inmersiva. El grupo experimental está compuesto de 25 pacientes que reciben terapia convencional y rehabilitación con realidad virtual inmersiva. El estudio tiene una duración de 3 años: 1 año durante el cual se hará la intervención en los pacientes (con 12 semanas de intervención) y luego 2 años de seguimiento. Los datos se analizan mediante el logicial SPSS.

Limitaciones: Las limitaciones del estudio son la falta de datos epidemiológicos, la duración del estudio, la heterogeneidad de la muestra, las limitaciones económicas y el uso del casco de realidad virtual.

Palabras claves: Quemadura, Mano, Pediatría, Realidad virtual, Funcionalidad

Abstract

Introduction: Hand burns are common in the pediatric population and virtual reality is a new tool that is increasingly used in rehabilitation. However, today it is not known which degree of immersion has more benefit.

Objectives: To assess the efficacy of immersive virtual reality rehabilitation with respect to functional hand recovery in burned children.

Material and methods: The study is a randomized clinical trial that will be conducted at a center specializing in the rehabilitation of children after a burn. It has a sample of 50 patients divided into 2 groups (a control group and an experimental group). The control group is composed of 25 patients who receive conventional therapy and rehabilitation with no-immersive virtual reality. The experimental group is composed of 25 patients who receive conventional therapy and rehabilitation with immersive virtual reality. The study has a duration of 3 years: 1 year during which the intervention will be done in patients (with 12 weeks of intervention) and then 2 years of follow-up. The data are analyzed using the SPSS logic.

Limitations: The limitations of the study are lack of epidemiological data, study duration, sample heterogeneity, economic limitations, and virtual reality headset use.

Keywords: Burn, Hand, Pediatrics, Virtual reality, Functionality

2. Introducció

2.1 Estado actual del tema

La mano representa solo un 2% de la superficie corporal, pero tiene una importancia imprescindible. Es una estructura anatómica extraordinaria pero compleja ya que es a la vez un órgano de información y de ejecución. Con frecuencia está expuesta a quemaduras en los niños durante el reflejo de defensa (1).

Los niños que sufren de quemaduras a nivel de la mano muestran peores resultados funcionales que los niños que sufren de quemaduras en otros sitios del cuerpo. El impacto más profundo sobre la motricidad general y fina se ha notado durante los 4 años después de la herida (2).

Las quemaduras de la mano es un criterio de gravedad, porque puede resultar una limitación severa en la función comprometiendo la apariencia estética y la calidad de vida. Más encima, los niños están en crecimiento lo que aumenta el riesgo de complicaciones (3).

Por lo tanto, un tratamiento correcto y oportuno tiene una gran importancia en el manejo del paciente pediátrico quemado. Aunque el tratamiento debe ser interdisciplinario, la fisioterapia tiene un papel fundamental en la rehabilitación del niño quemado en la mano (1).

Existen varios métodos convencionales para tratar el niño con quemadura de la mano, pero con el avance de la tecnología, la realidad virtual parece ser una herramienta novedosa y más efectiva para su correcta recuperación funcional (4,5).

2.2 Quemaduras

2.2.1 Definición y epidemiología

Según la OMS, una quemadura se define como una lesión a la piel u otro tejido orgánico causado principalmente por el calor o la radiación, la radioactividad, la electricidad, la fricción o el contacto con productos químicos, que provoca una desnaturalización de las proteínas tisulares implicadas (6,7).

A nivel mundial, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las quemaduras provocan 180.000 muertes al año y la hospitalización de 11 millones de personas (8). En Francia, según el Institut de Veille Sanitaire (InVS), durante el año 2008 hubo una incidencia de quemaduras de 14,4/100.000 habitantes, cuyas 19% afectaron la mano y muñeca (9). Según Santé Publique France, durante el año 2014 hubo una disminución de esta incidencia en Francia ya que fue de 12,3 / 100.000 habitantes (10). Sin

embargo, esta incidencia es mayor en los niños menores de 15 años ya que un estudio epidemiológico del año 2005 revela una tasa de hospitalizaciones de 29 / 100.000 habitantes para esta franja de edad (11).

2.2.2 Etiología

Las causas de las quemaduras son muy variadas y se agrupan en cuatro categorías.

2.2.2.1 Quemaduras térmicas

Corresponden al 85% de los casos y son las más frecuentes. Pueden ocurrir por contacto con un sólido caliente (horno o estufa, por ejemplo) y suelen provocar quemaduras profundas, pero poco extensas. También, pueden ser provocadas por un contacto con un líquido caliente (aceite o agua) y suelen ser menos profundas, pero más extensas. Las escaldaduras son el mecanismo más frecuente (65% de los casos) sobre todo en niños menores de 5 años (12).

2.2.2.2 Quemaduras eléctricas

Son provocados por el paso de la corriente a través del organismo. Suelen causar lesiones profundas a diferencia de las quemaduras térmicas. Además, el porcentaje de superficie quemada no corresponde al daño real existente y se pueden asociar a lesiones por electrocución. Este tipo de quemaduras es infrecuente, pero está relacionado con una alta morbilidad. Respecto a los niños pequeños se puede producir quemaduras eléctricas con enchufes o cables pelados que provocan quemaduras de bajo voltaje y afectan sobre todo a las manos y la boca, y causan cicatrices y graves secuelas (12).

2.2.2.3 Quemaduras químicas

Se pueden encontrar muchos cáusticos (clorhídrico, ácido sulfúrico) y álcalis (amoníaco) en el mercado que pueden provocar quemaduras, cuyas mayorías se dan por productos de limpieza. Las quemaduras por álcalis suelen ocasionar quemaduras profundas y progresivas que son muy graves y asociada a una alta morbilidad (12).

2.2.2.4 Quemaduras por radiación

Estas quemaduras son provocadas por rayos ultravioleta después de una exposición solar o por radiaciones ionizantes(12).

Por último, hay un grupo de niños en el cual se puede sospechar maltrato físico a través de las quemaduras. Las más frecuentes son quemaduras por inmersión en agua caliente y quemaduras pequeñas, redondas y profundas producidas por cigarrillos (12).

2.2.3 Clasificación de las quemaduras

Para determinar la gravedad de una quemadura y hacer un pronóstico se debe tener en cuenta la profundidad, la gravedad y la localización de las lesiones.

2.2.3.1 Clasificación según la profundidad

Tradicionalmente las quemaduras se clasificaban como primer, segundo, tercer y cuarto grado. Hoy en día, está siendo reemplazada por un sistema que evalúa la posibilidad de curación y la necesidad de intervención quirúrgica. De esta manera, las designaciones actuales son las siguientes (Anexo 1):

- Superficial (primer grado)
- Espesor parcial superficial (segundo grado superficial)
- Espesor parcial profundo (segundo grado profundo)
- Espesor total (tercer grado)
- Quemaduras más graves que puede involucrar vasos, nervios, músculos, huesos y articulaciones subyacente (cuarto grado)

Las personas de mayor edad (ancianos) y los niños menores de 5 años suelen tener quemaduras más profundas ya que tienen una piel más fina (12).

2.2.3.2 Clasificación según la extensión

Para todas las quemaduras, menos las superficiales (primer grado), se debe calcular la superficie corporal quemada (SCQ). Existen distintos métodos para hacer el cálculo (12).

- La Regla “de las 9” de Wallace: se utiliza para valorar grandes superficies de un modo rápido en mayores de 14 años y adultos. Las distintas regiones anatómicas corresponden a un 9% o un múltiplo del 9 de la superficie corporal total (SCT).
- La tabla de SCT modificada de Lund-Browder: es el método más preciso tanto para niños como adultos, y de hecho se utiliza preferentemente en niños (Anexo 2).
- El método palmar: se suele utilizar a cualquier edad y en quemaduras poco extensas sobre todo cuando están irregulares. Sabiendo que la palma del paciente equivale a 1% de la SCT, se puede calcular la extensión de la quemadura.

2.2.3.3 Clasificación según la localización

Dependiendo de la localización de una quemadura, hay áreas del cuerpo que se consideran zonas especiales o de mayor gravedad que son la cara, el cuello, las

manos, los pies, las zonas genitales y perineal y las zonas de flexión. Estas zonas tienen una gran movilidad y se añade gravedad porque hay mayor riesgo de secuelas funcionales y estéticas (12).

2.2.4 La piel

El sistema tegumentario está compuesto por piel, pelo, glándulas sebáceas y sudoríparas, uñas y receptores sensitivos (13). La piel o sistema tegumentario es la cubierta externa que envuelve todo el organismo. Es un órgano muy importante que forma una barrera protectora contra el mundo que nos rodea y posibles microorganismos. Funciona como un sistema físico químico que permite defendernos, protegernos y comunicarnos con el medio ambiente gracias a la transmisión de sensaciones y sentimientos. Es el tejido más extenso y más sensible del cuerpo humano, pero también el más vulnerable (14).

La piel tiene unas propiedades importantes para su correcto funcionamiento (14):

- La **viscoelasticidad**: es la capacidad de recuperar su estado anterior después de un estiramiento máximo.
- La **capacidad tensora**: la piel es lisa gracias a que se mantiene bajo cierta tensión. Esta tensión influye en el proceso de cicatrización cuando ocurren lesiones cutáneas.
- La **extensibilidad**: cuando más delgada es la piel, más elasticidad tendrá. La piel que se sitúa en las articulaciones es más elástica y permite la realización de movimientos suaves, mientras que la piel que se encuentra con trabeculación de planos profundos (como en las palmas de las manos) es más gruesa y tiene menor capacidad de extensión.

2.2.4.1 Anatomía de la piel

La piel está formada por 3 capas que son la epidermis, la dermis y la hipodermis que son muy diferentes entre sí en anatomía y función, pero con complejas interrelaciones (14–16).

La **epidermis** es la capa más superficial y fina de la piel y se considera como la primera barrera defensiva. Está constituida por el epitelio plano poli estratificado y queratinizado y consta de cuatro tipos de células que son queratinocitos (90%), melanocitos, células de Langerhans y células de Merkel. Las células queratinocitos producen la proteína queratina que es fibrosa y resistente y tiene un papel imprescindible en la protección de la piel y tejidos subyacentes contra abrasiones, calor, microorganismos y compuestos químicos. Se considera como la capa más

activa a nivel biológico ya que tiene dinámica de renovación constante de sus células (13,16).

La **dermis** es profunda y está constituida por tejido conectivo denso irregular con colágeno y fibras elásticas. Proporciona a la piel el soporte, la resistencia, la elasticidad y la capacidad de adaptación a movimientos y cambios de volumen. Es la capa que presenta la mayor masa de la piel y puede alcanzar un grosor de 5mm. En esta capa se encuentran inmersos los vasos linfáticos y sanguíneos, los nervios sensitivos, los músculos, las glándulas sudoríparas y los folículos pilosebáceos. Su tejido es vascularizado y tiene una función fundamental para la supervivencia de la epidermis ya que permite su soporte y su nutrición. La dermis se puede dividir en 2 regiones (13,16):

- Una región papilar está compuesta de fibras delgadas de elastina y colágeno. Se encuentran también asas capilares y terminaciones nerviosas sensibles al tacto (corpúsculos de Meissner), al calor y frío y al dolor.
- Una región reticular que está conectada a la hipodermis y compuesta esencialmente de fibras de colágeno gruesas, fibroblastos y fibras circulantes que dan la resistencia, la elasticidad y la extensibilidad a la piel.

La **hipodermis o tejido subcutáneo** es la capa más profunda y está compuesta de tejido adiposo y tejido conectivo y almacena la grasa. Está debajo de la dermis y no se considera como parte de la piel. Sin embargo, tiene un papel fundamental ya que fija la dermis a los tejidos y órganos subyacentes y contiene grandes vasos sanguíneos y los corpúsculos de Pacini que son sensibles a la presión (13,16).

2.2.4.2 Funciones de la piel

La piel tiene unas funciones imprescindibles que son las siguientes:

- **Defensiva:** la piel protege el cuerpo de varias maneras y forma una barrera contra el medio ambiente y frente a microorganismos, agentes físicos y químicos (13).
- **Excreción y absorción:** corresponde a la eliminación de sustancias del organismo y al ingreso de sustancias del medio externo a las células.
- **Termorregulación:** consiste en la regulación homeostática de la temperatura corporal. La piel contribuye a este mecanismo gracias a la liberación de sudor y la regulación del flujo sanguíneo en la dermis (13).
- **Sensorial:** incluye las sensaciones originadas en la piel gracias a los receptores táctiles (presión, vibración), térmicos (calor y frío) y del dolor (13).

- **Síntesis de vitamina D:** los rayos ultravioletas presentes en la luz solar permiten la activación de un precursor en la piel necesario para la síntesis de vitamina D (13).
- **Curación de heridas:** diversos componentes están involucrados en el proceso de curación de las heridas (16).

2.2.5 Cicatrices

La cicatrización es el proceso biológico por el cual se resuelve la pérdida de continuidad de la piel debido a una herida. No es un proceso regenerativo, sino reparativo. Cuando hablamos de regeneración, el tejido que se forma es idéntico al dañado, manteniendo las funciones de aquel. Pero en el mecanismo de cicatrización el tejido formado no presenta las funciones del tejido original. Este proceso de reparación implica varios tipos de células como citocinas, factores de crecimiento, mediadores, células favorecedoras de proliferación celular y la matriz extra celular, que actúan de manera secuencial y superpuesta. La cicatrización está condicionada por factores como la circulación sanguínea, las patologías previas, la nutrición, la contaminación de la zona afectada o la deshidratación (14,17).

La cicatrización es un proceso dinámico que se puede dividir en 3 fases que son la fase de inflamación, de proliferación y de remodelación.

Cuando el proceso de cicatrización se desarrolla con normalidad, se obtiene cicatriz lisa y aplanada llamada cicatriz normotrófica. Pero, en algunos casos se dan cicatrices patológicas que conducen a un crecimiento anormal por exceso debido a un desequilibrio en estas fases. Son tumores benignos en los cuales hay un incremento de colágeno y fibrosis, como son las cicatrices queloides, las cicatrices hipertróficas y las cicatrices retráctiles (17).

A medida que los niños continúan creciendo y desarrollándose, sus cicatrices pueden ser más graves que las de los adultos en el sentido que la reparación tisular conduce con mayor frecuencia a cicatrices patológicas. Como resultado, pueden tener más contracturas y deformidades cicatriciales a medida que crecen.

2.2.6 Alteraciones funcionales tras una quemadura de mano

Según la OMS, la funcionalidad se define como la interacción de un conjunto de funciones y estructuras corporales, actividades y participación de un individuo en un contexto determinado. Se relaciona con las capacidades de una persona para poder realizar una tarea. Respecto a la mano, las alteraciones funcionales están relacionadas a una disminución de la fuerza de prensión y del rango articular, de dolor

durante movimientos resistidos y otros factores relacionados con las actividades de la vida diaria. El pulgar es particularmente importante ya que puede contribuir en un 60% la funcionalidad general de la mano (18).

2.2.6.1 Herramientas para valorar la funcionalidad de la mano

Para valorar la función de la mano se puede utilizar varias herramientas. El rango de movimiento (ROM) y la fuerza de prensión están altamente correlacionados con la función de la mano y son las medidas más comúnmente utilizadas en la literatura como indicadores funcionales de la mano.

- **Amplitud articular**

Para evaluar el ROM la goniometría es una herramienta simple, válida y confiable para la medición de las diferentes articulaciones de las falanges de las manos. Se suele evaluar de manera activa y pasiva. Sin embargo, con este método es imposible evaluar el ROM mientras se realizan tareas funcionales (18,19).

El movimiento activo total (TAM o Total Active Motion) es una herramienta que se utiliza para evaluar el ROM en los estudios con población quemada, incluso en niños. Es una fórmula en la cual TAM = posición de flexión (MCP + IPP + IPD) – posición de extensión (MCP + IPP + IPD) (20,21).

- **Fuerza muscular de prensión y pinzas manuales**

Después de una quemadura puede aparecer edema, pérdida de masa muscular y dolor lo que provoca una pérdida de fuerza muscular. El dinamómetro es una herramienta altamente utilizada en el contexto clínico para evaluar de forma objetiva la fuerza muscular. No obstante, hay que tener en cuenta que el dolor en sí mismo puede provocar una disminución de la fiabilidad de esta herramienta. Por esta razón, el dinamómetro no se puede usar cuando hay edema, contracturas e inflamación de las articulaciones implicadas en el movimiento y es importante una evaluación del dolor (18,19).

- **Valoración funcional global**

Para evaluar la función de la mano en pacientes quemados la medida de rendimiento más utilizada es la prueba de Jebsen – Taylor. Evalúa la función manual relacionada con las actividades de la vida diaria (AVD) mediante la realización de siete tareas: escribir, girar cartas, recoger objetos pequeños, alimentación simulada, apilar fichas, recoger objetos grandes y ligeros y recoger objetos grandes y pesados. Se registra el tiempo empleado en segundos para cada uno de las tareas. La prueba de Jebsen –

Taylor se ha utilizado en varios estudios para evaluar la funcionalidad de la mano en población con quemaduras incluso los niños (19,21).

Otra herramienta para evaluar la función global de la mano y miembros superiores es el cuestionario DASH. Es un cuestionario autoevaluado específico para las extremidades superiores que fue validado en una población con quemaduras en un estudio de Wu & Al. Existe una versión reducida validada en castellano que se denomina el Quick-DASH. Se mostró que es un instrumento adecuado para cualquier tipo de patología relacionada con los hombros y brazos (18,22).

- **Destreza motora**

La destreza motora o coordinación de la mano es la capacidad para realizar movimientos rápidos, controlados y manipular objetos pequeños en los que principalmente los dedos están involucrados. Para evaluar la destreza motora gruesa como fina de la mano se pueden utilizar varias escalas como el Purdue Pegboard Test, el Box and Blocks Test, Grooved Pegboard Test y el Nine Hole Peg Test. En la literatura el “Nine Hole Peg Test” es validada para población adulta sana con daño traumático en las manos y se utiliza en pacientes adultos quemados. Sin embargo, podría ser aplicable a una población pediátrica, ya que en un estudio de Palomo-Carrión y Sánchez se utilizó en niños con parálisis braquial obstétrica (18,23,24).

2.2.6.2 Secuelas tras una quemadura de la mano

La mano representa solo un 2% de la superficie corporal, pero tiene una importancia imprescindible. Con frecuencia está expuesta a quemaduras en los niños durante el reflejo de defensa y suelen padecer de secuelas funcionales y estéticas importantes (1).

Las secuelas de quemaduras a nivel de las manos son más a menudo cutáneas y presentan diversos cuadros clínicos que van desde la discromía simple (hipopigmentación de la piel) hasta la amputación multidigital (según la importancia de la destrucción tisular). Los trastornos de cicatrización pueden llevar a bridas y retracciones cutáneas que son más comunes en la cara palmar y los niños parecen más propensos a desarrollarlas (25,26). Estas bridas y retracciones cutáneas representan el principal problema de las secuelas de quemaduras de la mano, ya que dificultan la movilidad de la mano y pueden conducir a deformaciones importantes, especialmente en la primera comisura, donde afectan a la función esencial de oposición (1,27).

- **Retracción dorsal:** La piel del dorso de la mano es bastante laxa y fina y se encuentra en contacto directo con los extensores y articulaciones que son menos protegidas. Las quemaduras dorsales pueden provocar deformación de los dedos en extensión lo que provoca una rigidez y alteración de flexión de las articulaciones interfalángicas proximales y distales y de la articulación metacarpofalángica.
- **Retracción palmar:** La piel de la palma de la mano es poco laxa, espesa, muy sensible y está compuesta de muchas terminaciones nerviosas. Es muy importante por su resistencia mecánica y su sensibilidad mecánica. Las quemaduras palmarés pueden provocar deformación de los dedos en flexión lo que conlleva a una alteración de extensión de los dedos y de apertura de la mano.
- **Retracciones comisurales:** Las retracciones comisurales aparecen principalmente cuando ocurre una quemadura del dorso de la mano. A veces se asocian con daños en el borde comisural y lado palmar de la comisura. Puede haber retracción de la primera comisura que lleva a un fuerte impacto funcional debido a que impide la función de oposición y retracción de las otras comisuras que son menos incapacitantes.

Estas secuelas cutáneas llevan a un deterioro funcional importante debido a que provocan una limitación del rango articular de la mano y dificultades para llevar a cabo tareas de motricidad fina. A su vez, en los niños, es durante el crecimiento que conduce a la aparición de secuelas funcionales evolutivas que afectan el aprendizaje, la escolarización y el desarrollo psicológico del niño y llevan a discapacidades que suponen una carga para los pacientes y sus familias (3).

Las secuelas que suelen aparecer después de una quemadura de mano dependen de diferentes factores que son su profundidad, su extensión, la velocidad del manejo quirúrgico y sobre todo de la rehabilitación (1). Por lo tanto, es imprescindible un tratamiento adecuado y temprano para evitar complicaciones y graves alteraciones funcionales de la mano a largo término.

2.3 Tratamiento actual de Fisioterapia

La reeducación de la quemadura es un largo proceso que necesita una gran coordinación pluridisciplinar. El principal objetivo es contener la reacción inflamatoria cutánea y prevenir las complicaciones (28).

Devolver todo el valor funcional a la mano quemada es el objetivo que debe fijarse el fisioterapeuta. La rehabilitación tiene que empezar los primeros días después de la

quemadura. A pesar de una atención temprana y diligente, la rehabilitación no previene todas las secuelas, pero permite controlarlas mejor, aunque a veces se necesita cirugía (22).

2.3.1 Masoterapia e hidratación de la piel

Durante toda la rehabilitación de una quemadura uno de los objetivos principales de la masoterapia es asegurar una buena hidratación de la piel, mejorar la flexibilidad de aquella y reconstituir las zonas de deslizamientos eliminando adherencias (22,29).

La hidratación y lubricación de la piel se deben empezar de manera precoz mediante cremas. Permiten la restitución de la capa hidrolipídica y reduce la sequedad cutánea y el prurito (29,30).

Además, se ha demostrado que la masoterapia da buenos resultados respecto a la flexibilidad de la piel debido a la perturbación mecánica del tejido cicatricial fibroso (30).

En fase inicial, cuando el recubrimiento de la piel es más débil, se debe aplicar cremas de manera suave teniendo en cuenta la fragilidad de la epidermis. Más adelante, cuando la cicatriz es más fuerte, se asocia la movilización de la piel. Dependiendo del estado cutáneo se pueden utilizar distintas técnicas de masaje manual que son más o menos intensas y profundas para mejorar los diferentes planos deslizantes: palpación simple, estiramiento cutáneo, maniobras de desapego y flexibilidad (22,29,31,32).

Cuando la cicatriz es suficientemente fuerte, se recomienda la vacuoterapia que permite un desprendimiento de la piel por aspiración. Es una técnica poco traumática, indolora y eficaz para flexibilizar las zonas fibrosas (29,31).

2.3.2 Terapia de compresión

La terapia por compresión reduce la proliferación de miofibroblastos, que son células con propiedades retráctiles. Esta terapia se utiliza como primer medio de prevención para luchar contra la retracción cutánea e hipertrofia y permite reducir el grosor de las cicatrices y parece que disminuye el enrojecimiento de las cicatrices (29,30).

La terapia por compresión debe empezar lo más temprano posible para disminuir el edema y se debe seguir hasta la maduración cicatricial. Además, para ser eficaz debe ser continua, 23 horas por día, y con una presión superior a 20 mmHg (pero inferior a 40 mmHg porque puede provocar complicaciones como parestesias) (29,30).

A nivel de la mano se suele utilizar guantes de compresión o bandas de algodón tubulares elásticas, cortadas para hacer prendas de compresión, y vendajes cohesivos

tipo Cohebant ® o Rolflex ® que permiten comprimir los dedos individualmente y las manos de los niños mientras las cicatrices permanezcan frágiles (29).

2.3.3 Tratamiento ortopédico

El tratamiento ortopédico en el niño quemado es esencial para proteger las heridas, prevenir las complicaciones y mantener una posición funcional y proteger las heridas.

Mediante el tratamiento postural primario, en fase de cicatrización, no se busca una posición funcional sino una posición para evitar las posibles retracciones. Las muñecas y las manos deben permanecer en una férula estática con los dedos extendidos. El tratamiento es preventivo, pero no evita siempre la aparición de retracciones que pueden limitar el rango articular.

El tratamiento postural secundario, después de la cicatrización, consiste en mantener posturas específicas mediante ortesis que pueden ser estáticas o dinámicas y siempre asociadas a una compresión. El tipo de férula y la duración son elegidos dependiendo del sitio de la lesión y de la importancia de las retracciones. La duración del uso de la ortesis varía de unos días a 3 meses para férulas permanentes y alrededor de los 6 meses para las férulas nocturnas.

2.3.4 Ejercicios terapéuticos

Los ejercicios terapéuticos son esenciales para reducir el edema y los efectos de la inmovilización, mantener y aumentar el rango articular y la fuerza muscular para que el paciente pueda recuperar un nivel óptimo de funcionalidad. Son la base y la estrategia terapéutica más importante en la rehabilitación de pacientes quemados (33).

Las posturas ortopédicas siempre deben ir acompañadas de posturas manuales y preceden sistemáticamente a la realización de éstas para obtener el máximo rango de movimiento. Consisten en llevar gradualmente el movimiento articular deseado a la máxima amplitud y luego mantener la postura durante unos quince minutos (29).

Los ejercicios terapéuticos incluyen movilizaciones activas, pasivas y activas-asistidas, ejercicios de resistencia y estiramientos. La intensidad debe ser ajustada en función del dolor y de la tolerancia del paciente. Los movimientos deben ser realizados de manera lenta, con insistencia en amplitud máxima. Consisten en flexión, extensión e inclinación de muñeca, flexión y extensión metacarpofalángica, flexión y extensión de los dedos, apertura de la primera comisura, oposición del pulgar y 5to dedo (22).

Cuando aparecen retracciones deben estirarse hasta blanquearse en su totalidad y suele ser necesario la colaboración de dos rehabilitadores (29).

Además, todos esos ejercicios se pueden hacer delante de un espejo para ayudar a reintegrar la mano dentro de un esquema corporal (22).

Se ha demostrado que estas técnicas son eficaces e importante para el manejo del paciente quemado en la mano. Sin embargo, existen algunas limitaciones de esta rehabilitación tradicional, que incluyen la mano de obra que se necesita para las movilizaciones y el dolor percibido por los pacientes durante los estiramientos y el trabajo de rango articular.

Además, los niños, a diferencia de los adultos, suelen sufrir de kinesofobia y se niegan a participar en programas de rehabilitación debido al dolor o al miedo. Por eso, requieren enfoques de rehabilitación adicionales y motivacionales, y la utilización de realidad virtual parece ser una buena herramienta complementaria de la rehabilitación convencional (5,34).

2.4 Realidad virtual

La realidad virtual (RV) se define como un entorno real generado por un ordenador, en la que a través de una interfaz hombre – máquina se produce una interacción sensorial que permite al usuario interactuar con elementos dentro del escenario simulado (35).

2.4.1 Principios de la realidad virtual

La realidad virtual está caracterizada por tres características que son la percepción, la inmersión y la interacción (36,37).

2.4.1.1 La percepción

La percepción no corresponde solo a la integración y el tratamiento de las informaciones captadas por nuestros sentidos. Va más allá de este concepto ya que hablamos de percepción activa, es decir que se considera como una actividad. El sistema de percepción se puede considerar como una fuente de conocimientos sobre el entorno que nos rodea.

Por lo tanto, la percepción es un proceso activo entre las acciones que realizamos y las informaciones sensoriales que resultan de aquellas. Hace parte del proceso sensoriomotor. Esto tendrá una gran importancia respecto a los principios de inmersión e interacción.

2.4.1.2 La interacción y la inmersión

Los fenómenos de interacción e inmersión van muy ligados y son codependientes.

El objetivo es dar la ilusión de estar en una ubicación física diferente, pero donde uno puede actuar sincrónicamente con el espacio en el que se encuentra y dar la ilusión al usuario de estar en un lugar donde no está (36).

La inmersión está caracterizada por tres parámetros:

- La inmersión sensorio motriz: el usuario no se da más cuenta del dispositivo con el cual interactúa.
- La inmersión cognitiva: el usuario se siente presente dentro del entorno virtual.
- La inmersión funcional: el usuario realiza acciones dentro de este entorno.

Se permite una mayor inmersión cuando más integración e interacción hay. Según Robles - García, más vías sensoriales son estimuladas por el sistema de realidad virtual, más próxima de la realidad será la experiencia (37).

2.4.2 Grados de inmersión de la realidad virtual

Según el grado de inmersión que propone el dispositivo, la realidad puede ser inmersiva, semi inmersiva o no inmersiva.

En el sistema no inmersivo, se muestra el entorno virtual a través de una pantalla y la interacción se hace por medio de un teclado, un micrófono o un joystick entre otros.

En el sistema semi inmersivo el usuario usa lentes y dispositivos de seguimiento de movimientos de cabeza e interactúa con varias pantallas que lo rodean.

En los sistemas no inmersivos y semi inmersivos el usuario se mantiene conectado con el mundo real a través de estímulos visuales, de olores o de sonidos.

En el sistema inmersivo el usuario se siente dentro del mundo virtual que está explorando. Existen diferentes dispositivos que se pueden emplear como los guantes, los cascos y los trajes especiales entre otros. Aquellos dispositivos permiten que el usuario visualiza y se siente inmerso dentro de este mundo virtual (38).

2.4.3 Rehabilitación y realidad virtual

La realidad virtual se incorpora cada vez más en la práctica de fisioterapia, sobre todo en el ámbito neurológico, porque puede inducir diversos mecanismos de plasticidad neuronal que facilitan la recuperación funcional. La realidad virtual tiene varias ventajas con respecto a la rehabilitación convencional como una retroalimentación en tiempo real (biofeedback), un aumento de la motivación de los pacientes, la seguridad del entorno simulado. Además, se pueden adaptar las actividades terapéuticas a la condición física, temporal y espacial de los pacientes y se puede graduar la intensidad, la duración y la complejidad de aquellas (37,39–41).

Múltiples estudios han demostrado que la rehabilitación con realidad virtual es más efectiva en pacientes con ictus o con enfermedad de Parkinson respecto a la rehabilitación convencional por sí sola. También, se sabe que la utilización de ejercicios de entrenamiento repetitivos mediante la realidad virtual tiene un efecto significativo en la rehabilitación funcional de la mano en pacientes post-ictus (5).

En población pediátrica se ha demostrado que la utilización de la Nintendo Wii © mejora el equilibrio en niños/as con síndrome de Down (42). Según Bayon et al., en niños con parálisis cerebral la realidad virtual permite una integración a la vez física y cognitiva lo que conduce a mejor resultados de recuperación funcional, pero se recomienda utilizarla en complemento a una rehabilitación tradicional (43). Además, se evidencia que la realidad virtual mejora la rehabilitación funcional del miembro superior de niños con parálisis braquial obstétrica mediante el dispositivo Armeo © pero no se ha comprobado la eficacia con otras técnicas de RV inmersiva (23,41).

En población con quemaduras, se han realizado muchos estudios sobre la realidad virtual como apoyo en el cuidado de las quemaduras con el fin de reducir el dolor (44–47). Sin embargo, se han realizado pocos estudios sobre la mejora de la funcionalidad de la mano y, en particular, la mejora de la movilidad articular de la mano (44).

Según un estudio de Joo & al., la realidad virtual puede ser tan efectiva como la rehabilitación convencional para la recuperación de la función de la mano después de una quemadura y puede considerarse una opción de tratamiento en estos pacientes. Sin embargo, en este estudio no se ha valorado el parámetro ROM lo que es imprescindible para evaluar la función de la mano (48). Un estudio de Wu & al. demuestra que la mano entrenada con el Leap Motion Control (LMC) muestra una mejoría significativa en la función de la mano respecto a la rehabilitación tradicional por sí sola en los adultos. Se nota una mejora del grosor de la cicatriz, del ROM, de la fuerza de agarre y del índice de Barthel (AVD) (49).

Un estudio de Samham & al. concluye que la terapia robótica asistida de videojuegos mejora el TAM, la fuerza de agarre y la funcionalidad de la mano en niños con quemaduras de mano. No obstante, no tiene los resultados a largo término ya que hay un seguimiento de solo 3 meses (5). Otro estudio de Kamel & al, demuestra que el entrenamiento con la Xbox Kinect en niños quemados mejora significativamente la función de la mano con un aumento del ROM, de la fuerza de agarre y fuerza de pinza respecto a la rehabilitación tradicional (4).

Por tanto, los dispositivos que se suelen utilizar para la rehabilitación funcional de la mano en niños son no inmersivos incluyendo la Xbox Kinect y la terapia robótica con videojuegos (4,5,48).

La realidad virtual inmersiva se usa sobre todo como distracción para el cuidado de las quemaduras de los niños con el fin de reducir el dolor y la ansiedad utilizando los productos HTC Vive, PlayStation VR o Oculus Rift por ejemplo(44–46) . Sin embargo, no hay estudios que demuestran que la realidad virtual inmersiva mejoraría la rehabilitación funcional de la mano en una población pediátrica con quemadura. Tampoco se sabe cuál grado de inmersión de realidad virtual tendría mejor eficacia.

2.5 Justificación del trabajo

La mano representa solo un 2% de la superficie corporal, pero tiene una importancia imprescindible. Con frecuencia está expuesta a quemaduras en los niños durante el reflejo de defensa (1). Las quemaduras constituyen una causa importante de morbimortalidad en la edad pediátrica. Corresponden a la tercera causa de muerte accidental en menores de 14 años y la segunda en menores de 4 años (7). Entre 80 y 90% de las quemaduras en niños son producidas por escaldaduras (líquido caliente) en los niños menores de 5 años, mientras que en niños mayores las quemaduras suelen ocurrir por llama (5,7). Los niños corren mayor riesgo de quemaduras debido a comportamientos arriesgados al explorar el entorno, el juego de fuego y un retraso del mecanismo reflejo de defensa (5). Las quemaduras de la mano pediátrica se consideran como una de las causas más comunes de heridas en la mano y ocasionan un deterioro de la función de la mano y secuelas psicológicas (7,25). Aunque no son la principal causa de mortalidad, pueden provocar deficiencias y deformidades como contractura cicatricial, entumecimiento, hipoestesia, amputación de dedos, debilidad muscular, rango de movimiento limitado y dolor. Estas deficiencias perjudican la calidad de vida de los niños afectando la capacidad para llevar a cabo actividades de la vida diaria (comer, vestirse, jugar) y de destreza o habilidades motoras finas (escribir, cortar, competencias de construcción). La mano es imprescindible para la prensión, pero también es el medio por el cual nos comunicamos con el mundo exterior. Está dotada de una gran riqueza de sensibilidad y de movimientos, de hecho, el homínulo atestigua la importancia de la mano en la escala de nuestro cuerpo (5,7,46). Por lo tanto, una rehabilitación óptima es esencial para garantizar una buena recuperación funcional y promover una buena calidad de vida. (44,46).

La fisioterapia dispone de varias intervenciones respecto a la rehabilitación funcional de la mano. Se pueden mencionar las férulas, la masoterapia, la terapia de

compresión y los ejercicios de ROM y de fuerza (50). Existen varios métodos, pero presentan algunas limitaciones que son la mano de obra que se requiere para la terapia manual y el sufrimiento de los pacientes durante los ejercicios (51). Más encima, hay que tener en cuenta que los niños son diferentes que los adultos y necesitan enfoques motivacionales y de rehabilitación adicionales porque tienen fobia al movimiento y se niegan a participar en programas debido al dolor y la ansiedad (5).

A medida que pasan los años hay cada vez más avances de tecnología. En los últimos 20 años, la realidad virtual (RV) se ha manifestado como una herramienta novedosa en la práctica de la fisioterapia que facilita la recuperación funcional (37). La RV se define como un entorno real generado por un ordenador, en la que a través de una interfaz hombre – máquina se produce una interacción sensorial que permitirá al usuario interactuar con elementos dentro del escenario simulado (35). Según el grado de inmersión en el cual se encuentra el usuario varían los ambientes virtuales. La inmersión se refiere “a la capacidad de un dispositivo para generar presencia, es decir, que el usuario se sienta parte del entorno virtual” (37). Existen tres tipos de dispositivos de RV: los sistemas inmersivos, los semi inmersivos y los no inmersivos.

Múltiples estudios han demostrado que la rehabilitación con RV es más efectiva que la rehabilitación convencional por sí sola en varias patologías como en pacientes con ictus y enfermedad de Parkinson, pero también en niños con síndrome de Down y parálisis cerebral (42,43). También, se sabe que la realidad virtual ayuda a mejorar la funcionalidad de miembro superior en niños con parálisis braquial obstétrica (23,41) . Respecto a las quemaduras en adultos, hoy en día se ha demostrado que la reeducación basada en la realidad virtual mejora la calidad de vida de estos pacientes, aumenta el ROM, reduce la intensidad percibida de dolor e incrementa la motivación en el proceso de rehabilitación (40). En los niños quemados en la mano se ha demostrado que la realidad virtual no inmersiva da buenos resultados respecto a la rehabilitación funcional de la mano. Sin embargo, no se encuentran estudios que pongan en evidencia que la realidad virtual inmersiva es una herramienta que puede mejorar la funcionalidad de la mano en niños quemados. Por esta razón el objetivo de este estudio es proporcionar más evidencia sobre el dispositivo de realidad virtual (inmersivo y no inmersivo) que sería el más efectivo para una rehabilitación óptima de la mano en el niño quemado.

3. Hipótesis y objetivos

3.1 Hipótesis

La rehabilitación con realidad virtual inmersiva es un tratamiento más efectivo que la realidad virtual no inmersiva para mejorar la funcionalidad de la mano en pacientes pediátricos quemados.

3.2 Objetivos

Objetivo general: Comparar la eficacia de la rehabilitación con realidad virtual inmersiva y realidad virtual no inmersiva respecto a la recuperación funcional de la mano en niños quemados.

Objetivos específicos:

- Evaluar la amplitud articular y la fuerza muscular en ambos grupos
- Evaluar la destreza motora en ambos grupos
- Evaluar la calidad de vida y el dolor percibido en ambos grupos
- Evaluar los efectos a largo plazo

4. Metodología

4.1 Ámbito del estudio

El estudio se lleva a cabo en Francia, en el departamento del Ain en el Centro Medical Romans Ferrari en Miribel (cerca de Lyon). El centro se especializa en reeducación pediátrica y recibe niños que sufren de patologías neurológicas, ortopédicas y los grandes quemados. Respecto a los quemados, el centro acoge niños de 0 a 20 años que son en hospitalización completa o en hospitalización de día.

Los niños tienen un seguimiento por un equipo pluridisciplinar que consta de un equipo medical (pediatras, farmacéutico y enfermeras), de reeducación (fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, logopeda, terapeutas psicomotores, costureras y balneoterapia), psicólogos, trabajadores sociales y un departamento escolar.

Los niños que llegan al centro Romans Ferrari vienen después de una hospitalización debido a un accidente. Al inicio el niño y su familia son recibidos en el grupo post – agudo donde están informados sobre el modo de funcionamiento del centro y después, una vez el periodo de adaptación acabado, son derivados a otras unidades de vida según su edad (52).

4.2 Diseño del estudio

Este proyecto de investigación propone la realización de un estudio experimental, prospectivo y de tipo ensayo clínico controlado aleatorio durante 3 años. A lo largo de este estudio se comparan dos tratamientos de fisioterapia, por tanto, se forman dos grupos de intervención: el grupo control (GC) y el grupo experimental (GE). Cada paciente es asignado a uno de los dos grupos de forma aleatoria.

Los pacientes del grupo control reciben tratamiento convencional y tratamiento con RV no inmersiva, mientras que los pacientes del grupo experimental reciben TC y tratamiento con RV inmersiva.

Durante 1 año se realiza la intervención a todos los participantes y posteriormente se hace un seguimiento durante 2 años tras la intervención para observar la evolución y si los efectos permanecen a lo largo del tiempo. En efecto, como el niño sigue creciendo, el impacto en las habilidades motoras finas y gruesas puede persistir en los años posteriores a la quemadura (2).

4.3 Población y muestra

Aunque la franja de edad quemada con mayor frecuencia a nivel de la mano se encuentra entre 0 y 6 años, me interesó específicamente en niños en edades de hablar para expresarse verbalmente y de leer para seguir las instrucciones durante los juegos de RV. Por tanto, decidí centrar mi interés en una población de 7 a 15 años.

En Francia, el conocimiento epidemiológico de las quemaduras está poco documentado, y los últimos datos que encontramos son del año 2014. Además, el presente estudio está dirigido a una población concreta, que son los quemados de la mano. Como es una población bastante específica no se encuentran datos epidemiológicos tan precisos sobre los niños quemados a nivel de la mano lo que dificulta el cálculo de la muestra.

Sin embargo, existe un estudio de Kamel & Al. que trata de la misma población (niños de 7 a 14 años) y que compara la eficacia de la realidad virtual no inmersiva y la rehabilitación convencional. Este estudio concluyó que hubo diferencia significativa respecto a la mejora de la funcionalidad de la mano en una muestra de 50 participantes (4). Por lo tanto, decidí elegir una población de 50 participantes para el presente estudio.

4.4 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Niños/as de 7 a 15 años
- Saber leer
- Salida reciente de cuidados agudos (fase post aguda)
- Profundidad de la quemadura: > 2do grado superficial
- Extensión de la quemadura: > 50% de la mano y muñeca, < 30% de la superficie corporal
- Cicatrización espontanea dentro de 1 mes
- Consentimiento informado firmado por los padres

Criterios de exclusión:

- Infecciones
- Lesiones tendinosas o musculares
- Enfermedad articular degenerativa
- Enfermedad de los nervios periféricos
- Niños que dependen de un respirador
- Antecedentes de convulsiones
- Antecedentes de claustrofobia
- Trastornos psicológicos o cognitivos preestablecidos (déficit cognitivo, afasia extrema)

4.5 Intervención

El estudio empezará en enero 2024 y durará 3 años. A lo largo de este estudio se compararán dos intervenciones: la rehabilitación con RV no inmersiva y la rehabilitación con RV inmersiva. Por tanto, habrá dos grupos de 25 participantes formados de manera aleatoria.

Un total de cinco fisioterapeutas participan al estudio. Dos fisioterapeutas se encargan de la rehabilitación convencional, un fisioterapeuta se encarga de la intervención con RV no inmersiva, otro de la intervención con RV inmersiva, y el último se encarga de la recogida de datos (es el evaluador ciego).

La primera visita se hará de manera individual: el fisioterapeuta recibe al paciente y sus padres (o responsable legal) y recoge los diferentes datos necesarios durante la anamnesis y realiza las diferentes pruebas y la primera recogida de datos. Además, el fisioterapeuta tendrá que informar al paciente y sus padres del desarrollo del estudio,

de los objetivos y si hace falta, tendrá que resolver las dudas de aquellos. Se dará a los responsables legales los documentos de compromiso del estudio que deben firmar y se conservará una copia.

La intervención tendrá una duración de 12 semanas en total. Cada semana, ambos grupos se beneficiarán de 3 sesiones de terapia convencional de una duración de 40 minutos y 3 sesiones de tratamiento con RV de una duración de 40 minutos también.

Entonces, los dos grupos recibirán el mismo tiempo de tratamiento: 40 minutos de TC y después 40 minutos de RV. Lo pauto de esa manera para que los resultados obtenidos no se vean influenciados por los tiempos totales de intervención.

Al final de la intervención, después de las 12 semanas de tratamiento, se hará otra recogida de datos.

Otro objetivo del presente estudio es evaluar los beneficios a largo plazo. Por lo tanto, se hará un seguimiento de todos los pacientes durante 2 años, con una recogida de datos cada 6 meses una vez finalizado el tratamiento.

En resumen, habrá un total de 6 recogidas de datos:

- Primer día y último día de tratamiento (12 semanas)
- Seguimiento: 6 meses, 12 meses, 18 meses y 24 meses después de haber finalizado el tratamiento

4.5.1 Protocolo de terapia convencional

Durante estas 12 semanas de tratamiento, los pacientes de ambos grupos (GC y GE) se beneficiarán de 36 sesiones de rehabilitación convencional a razón de 3 sesiones por semana (lunes, miércoles y viernes) con una duración de 40 minutos. Las sesiones se componen de las herramientas siguientes:

- **Masaje cicatricial (10 minutos)**

El masaje de la cicatriz es una parte imprescindible del tratamiento tras una quemadura. Permite tratar las adherencias y aumentar la elasticidad cutánea. Las principales técnicas de masaje recomendadas son el “palper – rouler”, los pliegues estáticos, la presión circular con las pulpas de los dedos y los estiramientos ortodérmicos de René Morice (31,32).

- **Tratamiento de movilizaciones pasivas (15 minutos):**

Se realizan en capacidad cutánea máxima, lo que corresponde a la posición de estiramiento de la piel hasta que se obtiene una tensión local y un blanqueamiento de

la piel. Consiste en estirar los tejidos cicatriciales en el sentido inverso a la retracción cutánea presente o previsible. Las maniobras deben ser lentas, suaves, tener una duración de 10 a 15 minutos y el dolor debe ser tolerable para el paciente. Inicialmente se hace con una sola articulación y después aumenta progresivamente el número de articulaciones implicadas hasta realizar el estiramiento de una cadena cutánea máxima (32,53).

- **Entrenamiento de fuerza muscular: técnicas de movilizaciones activo – asistidas, asistidas y contra resistencia (15 minutos):**

Es preferible hacer las movilizaciones activas, porque permiten trabajar la amplitud de movimiento, pero también la fuerza muscular. Sin embargo, si los niños no son capaces participar, el movimiento activo - asistido se deberá implementar hasta que pueden trabajar en movilizaciones activas.

En un principio se moviliza las articulaciones de manera analítica y después de manera global. Las movilizaciones que se hacen son las siguientes:

- Flexión, extensión, abducción y aducción de articulaciones metacarpofalángicas, interfalángicas distales y proximales
- Apertura y cierre de la mano
- Flexión palmar, flexión dorsal, desviación radial y desviación cubital de muñeca
- Flexión, extensión, pronación y supinación de codo

Cuando el paciente tendrá suficientemente fuerza se agregará movilizaciones contra resistencia: el fisioterapeuta aplica una ligera/moderada resistencia a cada uno de los movimientos. En fase más avanzada, el paciente puede trabajar la fuerza muscular con materiales como elásticos o bolas.

Hay que tener en cuenta que cada paciente tiene una capacidad de trabajo distinta, así como una velocidad de mejora diferente. Entonces, hay que individualizar la progresión y adaptar la intervención a cada sujeto.

4.5.2 Protocolo de terapia con realidad virtual no inmersiva

El primer grupo corresponde al grupo control. Los pacientes incluidos en este grupo completaron 40 minutos de juegos a través de RV no inmersiva después de 40 minutos de TC.

Existen diferentes sistemas de RV no inmersiva como la Nintendo Wii, la Xbox Kinect o el Leap Motion Controller (LMC). Elijo usar este último ya que es un dispositivo que

se puede utilizar para la rehabilitación motora fina y gruesa y es el que tiene mayor potencial de rehabilitación de movimientos de los dedos y de muñeca. El LMC es un módulo que es capaz capturar y realizar un seguimiento de los movimientos de las manos y dedos discerniendo los huesos y las articulaciones. Además, permite una interacción libre ya que no necesita sensores sobre el cuerpo y proporciona una retroalimentación visual y auditiva (54). Mediante este dispositivo el usuario puede extender la mano, golpear, pellizcar y agarrar a través del contenido digital y se muestran las interacciones en la pantalla.

Es un dispositivo pequeño, portátil y de bajo coste y se puede conectar a un PC con Windows (o Mac) así como a gafas de RV como Oculus Rift o HTC Vive. Sin embargo, para este grupo el dispositivo está conectado a un PC para que el usuario se encuentre en un entorno no inmersivo (Anexo 3).

En la página Web del LMC, AirStore Space, se puede encontrar una multitud de aplicaciones cuyas 75 son gratuitas. Cada uno de los videojuegos elegidos permite trabajar un movimiento clave de la muñeca y de los dedos (Anexo 4).

4.5.3 Protocolo de terapia con realidad virtual inmersiva

El segundo grupo corresponde al grupo experimental. Los pacientes incluidos en este grupo completan 40 minutos de juegos a través de RV inmersiva después de 40 minutos de TC.

Para este grupo se utilizará también el sistema LMC, pero se conectará a gafas Oculus Rift (Anexo 5). De esta manera, los participantes de este grupo benefician de un entorno virtual inmersivo.

Ante todo, antes de empezar las sesiones de RV con el casco Oculus Rift, el primer día se hará una prueba para ver si el niño soporta el casco de realidad virtual y si no tiene efectos adversos como mareos, náuseas, cefaleas o vértigos al practicar RV inmersiva. Si hay efectos secundarios suelen aparecer 20 minutos después de haber empezado.

Además, se harán dos pausas en cada sesión de RV inmersiva ya que es recomendado entre una o dos pausas en cada sesión con el fin de no saturar a los pacientes y no generar efectos adversos (54).

Los videojuegos elegidos serán los mismos que para el grupo control para que los resultados entre los dos grupos no sean influenciados por los juegos.

4.6 Variables y método de medida

Para realizar este estudio se recogen diferentes datos que coinciden con distintas variables. Existen tres tipos de variables: la variable independiente, las variables dependientes y las variables de ajuste.

4.6.1 Variable independiente

La variable independiente es la variable principal, la que nos permite explicar la variabilidad de la variable principal.

En el presente estudio corresponde al tratamiento que recibe el paciente, según el grupo en el cual esté asignado.

4.6.2 Variables dependientes

Las variables dependientes son nuestras variables de efecto que se pueden modificar debido a la variabilidad de nuestra variable principal.

Este estudio consta de las variables dependientes siguientes:

- Amplitud articular
- Fuerza muscular
- Destreza motora
- Función global de la mano
- Calidad de vida
- Dolor

Tabla 1: Variables dependientes

Variable	Tipo	Unidad de medida	Método de recogida
Amplitud articular	Cuantitativa Continua	Grados (°)	Goniómetro / TAM
Fuerza muscular	Cuantitativa Continua	Kg	Dinamómetro
Destreza motora	Cuantitativa Continua	Segundos	Nine Hole Peg Test
Valoración funcional global	Cuantitativa Continua	Segundos	Prueba de Jensen - Taylor
Calidad de vida	Cuantitativa Discreta	0 – 100	Burn Outcome Questionnaire 5-18
Dolor	Cuantitativa Discreta	0 – 10	Escala Analógica de Color

Fuente: Elaboración propia

Todas las herramientas de medida están resumidas en la tabla 1 y detalladas en el Anexo 6.

4.6.3 Variables de ajuste

Las variables de ajuste se deben tener en cuenta ya que pueden modificar la relación entre las variables independientes y dependientes. En el presente estudio, las variables ajuste son las siguientes:

- Edad
- Sexo
- Lateralidad

Variable	Tipo	Unidad de medida	Método de recogida
Edad	Cuantitativa Discreta	Años	Anamnesis
Sexo	Cualitativa Nominal	Femenino / Masculino	Anamnesis
Lateralidad	Cualitativa politómica	Diestro / Zurdo / Ambidextro	Anamnesis

Fuente: Elaboración propia

4.7 Análisis de los registros

El análisis de los registros nos permite evaluar los diferentes objetivos del estudio y aceptar o refutar la hipótesis. Todos los resultados obtenidos mediante las distintas recogidas de datos serán guardados en un documento Excel y luego serán analizados gracias al programa de análisis estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Primero, se deben cumplir las pruebas de normalidad de las variables utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (ya que la muestra consta de más de 30 participantes).

Segundo, se debe realizar el análisis de las variables de descripción de la muestra completa mediante el cálculo de tablas de contingencia, porcentajes y las estadísticas descriptivas (medias, mediana, moda, desviación típica, cuartiles y valores mínimos y máximos). Después, se debe realizar el mismo análisis, pero por grupo.

En tercer lugar, se debe hacer una comparación de medias en muestras relacionadas según la distribución. Se utiliza la prueba t-Student para las variables con una distribución normal y la prueba no paramétrica de Wilcoxon para las variables con una distribución no normal.

Por fin, se debe realizar una comparación de medias entre los grupos con la prueba t-Student para las variables comuna distribución normal y la prueba U de Mann-Whitney para las variables comuna distribución no normal.

Se considera que hay una diferencia significativa si $p < 0,05$.

4.8 Limitaciones del estudio

Es importante reconocer y describir las limitaciones de este estudio porque pueden comprometer el estudio si no se corrigen o si no se toman en cuenta. Aporta una autocrítica del estudio y puede ayudar para futuras investigaciones.

Las limitaciones del presente estudio son las siguientes:

- **Datos epidemiológicos:** La población elegida para este estudio es muy específica. Por lo tanto, no se pudo encontrar datos epidemiológicos exactos que nos den la incidencia de las quemaduras de manos en los niños. Debido a esta limitación no pude calcular el tamaño de muestra ideal.
- **Duración del estudio:** El estudio tiene una duración total de 3 años. Después de la intervención los niños tendrán un seguimiento cada 6 meses para ver la evolución y si los beneficios perduran a lo largo del tiempo. Por diferentes razones puede que los niños no se presenten a las sesiones de seguimiento lo que podría comprometer el análisis de los resultados a largo plazo.
- **Heterogeneidad de la muestra:** Aunque hay criterios de inclusión, hay que tener en cuenta que hará una heterogeneidad respecto a los participantes de la muestra.
- **Limitaciones económicas:** Los dispositivos de realidad virtual son bastante costosos y pueden ser una limitación del presente estudio. Un LMC cuesta aproximadamente 200€ y las gafas Rift 360€.
- **Casco de RV (Oculus Rift):** Aunque el casco de Oculus Rift se puede arreglar bien a la cabeza de los niños, puede que molesta a los niños ya que no es un casco diseñado específicamente para los niños.

4.9 Aspectos éticos

El presente estudio se debe enviar al Comité de ética de investigación clínica para tener la autorización y poder cumplir con las normas de la Declaración de Helsinki y de la Ley General de Salud en materia de investigación.

La declaración de Helsinki de 1964, elaborada por la Asociación Médica Mundial, es una referencia importante para los investigadores y los comités de ética durante la realización de un estudio científico que involucre seres humanos. Precisa la importancia de la ética en la búsqueda y de la protección de los participantes. Esta declaración enuncia los principios que se deben respetar en un estudio científico que son la beneficencia, la no maleficencia, la equidad, la justicia y respecto de las personas.

Durante la primera visita se entrega a cada participante y su representante legal una hoja informativa del estudio. Los participantes (y/o representante legal) que aceptan participar al proyecto de investigación deben firmar el consentimiento informado en el cual aparece el título y los objetivos del estudio, los datos del responsable del proyecto, los métodos utilizados, los beneficios y riesgos del estudio, la participación voluntaria, el anonimato de los datos, el derecho de retirarse del proyecto en cualquier momento y la firma.

La protección de datos de carácter personal se respeta en este trabajo y todos los participantes tendrán un código de identificación para garantizar el anonimato de los datos.

5. Utilidad práctica de los resultados

Las quemaduras de la mano en la edad pediátrica se consideran como una de las causas más comunes de heridas en la mano y ocasionan un deterioro funcional. Además, afectan la calidad de vida y tienen un impacto psicológico relacionado con el dolor y la apariencia.

Tras una quemadura es imprescindible una reeducación eficiente para evitar secuelas y recuperar un máximo de funcionalidad. Se demostró que la realidad virtual da buenos resultados respecto a la recuperación funcional después de una quemadura. Sin embargo, no hay evidencia sobre el dispositivo más efectivo para una reeducación óptima y funcional de la mano.

A través de este proyecto se quiere saber si la terapia con RV inmersiva tiene mayor efecto respecto a la recuperación funcional de la mano que la RV no inmersiva. La realidad virtual como herramienta en la reeducación de la motricidad fina es un tema poco estudiado y este proyecto puede aportar conocimientos esenciales mediante las distintas variables. En efecto, el trabajo no mide solo la recuperación funcional tras una quemadura (amplitud articular, fuerza muscular y destreza motora), sino también el dolor percibido y la calidad de vida de los niños que participan en el estudio.

Si la hipótesis es validada tras este ensayo clínico, el uso de RV inmersiva podría ser añadido en la práctica clínica de fisioterapia. Los pacientes pediátricos tendrían la posibilidad de descubrir una nueva herramienta de rehabilitación a través de la gamificación. Además, sería interesante estudiar la utilidad del tratamiento con RV inmersiva en otras patologías que suelen provocar una pérdida de funcionalidad de la mano. Esto podría abrir nuevas puertas en el campo del entrenamiento de la motricidad fina ofreciendo un mayor uso de la tecnología.

6. Bibliografía

1. Voulliaume D, Papalia I, Chichery A, Mojallal A, Foyatier JL. Traitement des séquelles de brûlures. Brûlures des mains. EMC - Chirurgie. 2005 ;2(5):579–91.
2. Palmieri T, Nelson-Mooney K, Kagan R, Stubbs TK, Meyer W, Herndon D, et al. Impact of hand burns on health-related quality of life in children younger than 5 years. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2012 ;73(3):197–204.
3. Beressa I, Azzouz M, Zerougua H. Les séquelles de brûlure de la main chez l'enfant. *Hand Surg Rehabil*. 2018;37(6):433.
4. Kamel FAH, Basha MA. Effects of Virtual Reality and Task-Oriented Training on Hand Function and Activity Performance in Pediatric Hand Burns: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021 Jun 1 ;102(6):1059–66.
5. Samhan AF, Abdelhalim NM, Elnaggar RK. Effects of interactive robot-enhanced hand rehabilitation in treatment of paediatric hand-burns: A randomized, controlled trial with 3-months follow-up. *Burns*. 2020 Sep 1;46(6):1347–55.
6. Quemaduras. Organización Mundial de la Salud. 2018.
7. Manrique Martínez I, Angelats Romero CM. Abordaje de las quemaduras en Atención Primaria. *Pediatría Integral*. 2018 ;23(2):81–9.
8. Organización Mundial de la Salud. Quemaduras. Organización Mundial de la Salud. 2018.
9. Rigou A, Thélot B. Hospitalisations pour brûlures à partir des données du Programme de médicalisation des systèmes d'information - France métropolitaine, 2008. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, editor. 2010.
10. Paget LM, Thélot B. Les victimes de brûlures hospitalisées en France métropolitaine en 2014 et évolution depuis 2009. 2018.
11. Gall O, Rigou A, Thélot B. Les brûlures d'enfants de moins de 15 ans en France métropolitaine : Épidémiologie et clinique. *Medecine Therapeutique Pediatrie*. 2009 Jul;12(4):207–12.
12. Fernández Santervás Y, Melé Casas M. Quemaduras. Protocolos diagnósticos y terapéuticos en urgencias de pediatría. 2020;1:275–87.
13. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 13th ed. Vol. 13. 2013.
14. Muñoz García F. Cuidados para la curación de heridas y quemaduras. España: Hospital Asepeyo 2006.
15. Wong R, Geyer S, Weninger W, Guimberteau JC, Wong JK. The dynamic anatomy and patterning of skin. *Exp Dermatol*. 2016 Feb 1 ;25(2):92–8.
16. Dorado García J, Alonso Fraile P. Anatomía y fisiología de la piel. *Pediatría integral*. 2021 ;24(3):156.e1-156.e13.

17. Laseca-Arranz A, Sánchez-Dengra B, Bermejo-Sanz M, González-Álvarez I, González-Álvarez M. Formulaciones para la cicatrización de heridas, presente y futuro. *Revista Española de ciencias farmacéuticas*. 2021 ;2(1):1–12.
18. Pérez Mármol JM. Valoración funcional de la mano. In: *Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica*. Universidad Internacional de Andalucía; 2020. p. 31–41.
19. Lin SY, Chang JK, Chen PC, Mao HF. Hand function measures for burn patients: a literature review. *Burns*. 2013 Feb ;39(1):16–23.
20. Zhou YQ, Zhou JY, Luo GX, Tan JL. Effects of early rehabilitation in improvement of paediatric burnt hands function. *World J Clin Cases*. 2021 Nov 16;9(32):9741–51.
21. Omar MT, Ibrahim ZM, Salama AB. Patterns and predictors of hand functional recovery following pediatric burn injuries: Prospective cohort study. *Burns*. 2022 Dec 1 ;48(8).
22. Tromel MF, Leclerc J. Rééducation de la main brûlée. *Annals Mediterranean Burns Club*. 1994 Sep 3 ;7(3).
23. Palomo - Carrión R, Sánchez R. Fisioterapia aplicada en la extremidad superior a niños de 0 a 10 años con parálisis braquial obstétrica: revisión sistemática. *Rev Neurol*. 2020 Jul 1 ;71(1):1–10.
24. Xu X, Ceng Y, Shi J. [Clinical investigation of the combined therapy on deformed fingers after burn injury]. *Zhongguo xiu fu Chong Jian wai ke za zhi*. 2006 Sep 1 ;20(9):902–5.
25. Conti E. Les brûlures de la main chez l'enfant. *Chir Main*. 2013 Sep 1 ;32(1):63–71.
26. Schoofs M, Ebelin M. Cobertura cutánea de la mano y de los dedos. *EMC - Cirugía Plástica Reparadora y Estética*. 2010 ;18(1):1–21.
27. Benbrahim A, Benchamkha Y, Elamrani D, Elmansouri N, Diouri M, Ezzoubi M, et al. Chirurgie plastique des séquelles de brûlures de la main. Expérience du centre national des brûlés, centre hospitalier universitaire de Casablanca. *Ann Burns Fire Disasters*. 2009;22(3):155–9.
28. Belleville J, Vermignon V. Rééducation des patients grands brûlés au centre pédiatrique Romans Ferrari. *Kinésithérapie, la Revue*. 2022 ;22(251):24–31.
29. Descamps H, Baze Delecroix C, Jauffret E. Rééducation de l'enfant brûlé. In: *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*. 2001.
30. Anthonissen M, Daly D, Janssens T, van den Kerckhove E. The effects of conservative treatments on burn scars: A systematic review. *Burns*. 2016 May 1;42(3):508–18.
31. Valange M, Frasson N, Almeras I, Ster G. Massages et brûlures : recommandations et bonnes pratiques. *Actualités en Médecine Physique et de Réadaptation*. 2021;01–02:36–9.
32. Chauvineau - Mortelette V, Queruel P. Cicatrization pathologique des brûlures et grands principes de la prise en charge des brûlés en rééducation et réadaptation

- Partie 2. Actualités en Médecine Physique et de Réadaptation. 2021;01–02:13–7.
33. Cen Y, Chai J, Chen H, Chen J, Guo G, Han C, et al. Guidelines for burn rehabilitation in China. *Burns Trauma*. 2015 Dec 1;3(20).
 34. Pereira MF, Prahm C, Kolbenschlag J, Oliveira E, Rodrigues NF. Application of AR and VR in hand rehabilitation: A systematic review. *J Biomed Inform*. 2020 Nov 1;111:103584.
 35. Pino M. Realidad virtual en la rehabilitación motora de la mano en pacientes post ictus. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*. 2018;10(2):1–11.
 36. Auvray M, Fuchs P. Perception, immersion et interactions sensorimotrices en environnement virtuel. *Intellectica*. 2007; 45:23–35.
 37. Robles-García V. Realidad virtual como herramienta en fisioterapia, ¿ficción o realidad? *Fisioterapia*. 2018 ;40(1):1–3.
 38. Marotta F, Addati GA, Montes de Oca JA. Simulaciones con realidad inmersiva, semi inmersiva y no inmersiva. Buenos Aires; 2020. Report No.: 740.
 39. Roldan González E, Ardila Muñoz CA, Hurtado Otero ML, Zambrano Capera MY, Villarreal Moreno NG, Tunubala Yalanda JA, et al. Realidad virtual en la valoración y seguimiento del proceso de rehabilitación funcional en pacientes con limitación motriz de miembros superiores. *Revista Virtual Universitaria*. 2021;16(2):78–83.
 40. Lan X, Tan Z, Zhou T, Huang Z, Huang Z, Wang C, et al. Use of Virtual Reality in Burn Rehabilitation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2023 Aug 27;104(3):502–13.
 41. El-Shamy S, Alsharif R. Effect of virtual reality versus conventional physiotherapy on upper extremity function in children with obstetric brachial plexus injury. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2017;17(4):319–26.
 42. Ruvira-Quintana L, Pinto E. Fisioterapia y realidad virtual para mejorar el equilibrio en niños/as con síndrome de Down: revisión sistemática. *Cuestiones de fisioterapia: revista universitaria de información e investigación en Fisioterapia*. 2020 ;49(1):65–71.
 43. Bayon C, Raya R, Lerma Lara S, Ramirez O, Serrano J I, Rocon E. Robotic Therapies for Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Transl Biomed*. 2016;7(1).
 44. Czech O, Wrzeciono A, Batalík L, Szczepańska-Gieracha J, Malicka I, Rutkowski S. Virtual reality intervention as a support method during wound care and rehabilitation after burns: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Med*. 2022 Sep 1;68:1028–37.
 45. Won AS, Bailey J, Bailenson J, Tataru C, Yoon IA, Golianu B. Immersive virtual reality for pediatric pain. *Children*. 2017 Jul 1;4(7):52.
 46. Garrido-Ardila EM, Santos-Domínguez M, Rodríguez-Mansilla J, Torres-Piles ST, Rodríguez-Domínguez MT, González-Sánchez B, et al. A Systematic Review of the Effectiveness of Virtual Reality-Based Interventions on Pain and

- Range of Joint Movement Associated with Burn Injuries. *Journal of Personalized Medicine*. 2022;12:1269.
47. Quitolina Scapin S, Echevarría-Guanilo ME, Boeira Fuculo PR, Celi Martins J, da Ventura Barbosa M, Lopes Pereira MJ. Use of virtual reality for treating burned children: case reports. *Rev Bras Enferm*. 2017 Nov 1 ;70(6):1291–5.
 48. Joo SY, Cho YS, Lee SY, Seok H, Seo CH. Effects of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Burned Hands: A Prospective, Randomized, Single-Blind Study. *Journal of Clinical Medicine* 2020, Vol 9, Page 731. 2020 Mar 9 ;9(3):731.
 49. Wu YT, Chen KH, Ban SL, Tung KY, Chen LR. Evaluation of leap motion control for hand rehabilitation in burn patients: An experience in the dust explosion disaster in Formosa Fun Coast. *Burns*. 2019 Feb 1;45(1):157–64.
 50. Alonso Calvete A, Cuña Carrera I da, González González Y. Terapia física en el paciente quemado: una revisión bibliográfica. *Trances: Transmisión del conocimiento educativo y de la salud*. 2019 ;11(3):459–78.
 51. Wu Y, Chen K, Ban S, Tung K, Chen L. Evaluation of leap motion control for hand rehabilitation in burn patients: An experience in the dust explosion disaster in Formosa Fun Coast. *Burns*. 2019 ;45(1) :157–64.
 52. Soins des grands brûlés au Centre Romans Ferrari à Miribel.
 53. Cugnet M, Joly V, Chauvineau - Mortelette V, Bartholomei MN, Queruel P. Capacité cutanée maximale et rééducation après brûlure : où, quand, comment ? *Actualités en Médecine Physique et de Réadaptation*. 2021;01–02:28–31.
 54. Cantero Téllez R. Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica. Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía; 2020. 263–275 p.
 55. Lee JS, Kim YH. Factors associated with limited hand motion after hand trauma. *Medicine*. 2019;98(3).
 56. Escalona P, Naranjo J, Lagos V, Solís F. Parámetros de Normalidad en Fuerzas de Prensión de Mano en Sujetos de Ambos Sexos de 7 a 17 Años de Edad. *Rev Chil Pediatr*. 2009;80(5):435–43.
 57. Chilakamuri S, Nirmala SVSG, Nuvvula S. The effect of pre-cooling versus topical anesthesia on pain perception during palatal injections in children aged 7–9 years: a randomized split-mouth crossover clinical trial. *J Dent Anesth Pain Med*. 2020;20(6):377–86.
 58. Pan R, Egberts MR, Nascimento LC, Rossi LA, Vandermeulen E, Geenen R, et al. Health-Related Quality of Life in adolescent survivors of burns: Agreement on self-reported and mothers' and fathers' perspectives. *Burns*. 2015;41(5):1107–13.

7. Anexos

Anexo 1: Clasificación de las quemaduras según la profundidad de la lesión (12)

Profundidad	Apariencia	Sensación	Tiempo de recuperación
Superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Eritema • Edema mínimo • Blanquea a la presión • No exudativa • No flictenas 	Dolorosa	3-6 días No cicatriz
Espesor parcial superficial (afectan <50% dermis)	<ul style="list-style-type: none"> • Rosado hasta rojo brillante • Ampollas intactas • Exudativo • Blanquea a la presión 	Muy dolorosas	7-21 días No cicatriz (salvo infección) Puede dejar despigmentación
Espesor parcial profundo (afectan >50% dermis)	<ul style="list-style-type: none"> • Pálido y moteado • Ampollas rotas • Exudativas • No blanquea a la presión 	Hipoalgesia o hiperalgesia	>21 días Sí cicatriz Pérdida de vello Puede precisar cirugía (injertos cutáneos)
Espesor total	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco nacarado hasta negruzco • Escara • Aspecto apergaminado • Vasos trombosados 	No dolor o solo dolor a la presión profunda	Raramente curan salvo si cirugía Sí cicatriz
Lesión más profunda (cuarto grado)	Afectación de fascia o músculo	No dolor	Nunca curan salvo si cirugía Sí cicatriz

Anexo 2: Tabla de Lund-Browder modificada para evaluar el porcentaje de quemadura total en la superficie corporal (12)

Zona*	<1 año	1 a 4 años	5 a 9 años	10 a 14 años	Adulto
Cabeza	9,5	8,5	6,5	5,5	4,5
Cuello	1	1	1	1	1
Tronco	13	13	13	13	13
Parte superior del brazo	2	2	2	2	2
Antebrazo	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mano	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Muslo	2,75	3,25	4	4,25	4,5
Pierna	2,5	2,5	2,5	3	3,25
Pie	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Nalga	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Genitales	1	1	1	1	1

Anexo 3: Leap Motion Controller (LMC)



Anexo 4: Juegos de LMC

- **Juego 1: Navegar un transbordador espacial**

Trabajo de flexión, extensión, desviación cubital y radial de muñeca y pronosupinación de antebrazo.



- **Juego 2: Agarrar cubos y hacer una torre**

Trabajo de flexión y extensión de los dedos.



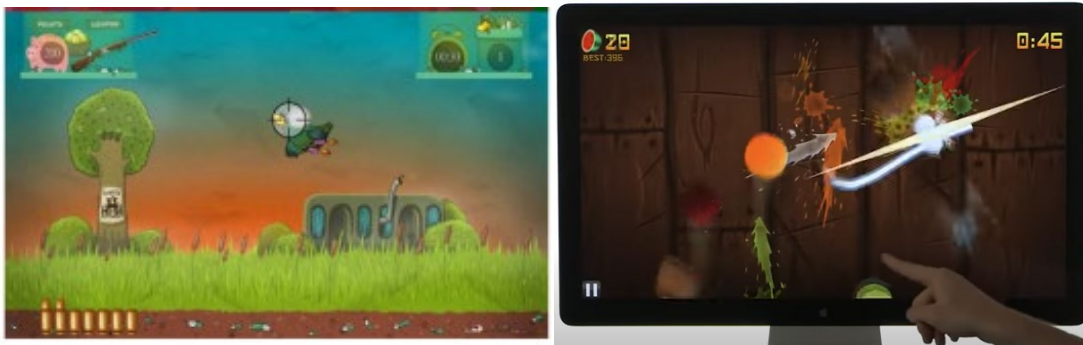
- **Juego 3: Sacar pétalos de flores**

Trabajo de pinza digital



- **Juego 4: Disparar pájaros o Fruit Ninja**

Trabajo de abducción y aducción de los dedos



Anexo 5: Oculus Rift y dispositivo Leap Motion Controller



Anexo 6: Herramientas de medida

a. Amplitud de movimiento (55)

Para evaluar la amplitud de movimiento de los dedos se utiliza un goniómetro de dedos. Se pide al paciente una flexión máxima y una extensión máxima de cada uno de los dedos. Cada dedo se mide individualmente mientras la muñeca está en posición neutra con el antebrazo en pronación.

Después se hace el cálculo del movimiento activo total (TAM) mediante la fórmula siguiente: TAM = posición de flexión (MCP + IPP + IPD) – posición de extensión (MCP + IPP + IPD).

Además, se mide los grados de abducción y aducción de cada uno de los dedos.

Se evalúa también la amplitud de movimiento de la muñeca con un goniómetro: flexión palmar, flexión dorsal, desviación cubital y desviación radial.

Todos esos valores se obtienen en grados y se deben medir en ambas manos.

b. Fuerza muscular (56)

La fuerza de prensión de la mano se mide mediante un dinamómetro hidráulico Jamar. El paciente está en sedestación en una silla con reposabrazos. Debe tener el codo flexionado en 90°, la muñeca en posición neutra y los pulgares hacia arriba, al final de la silla. Se pide al paciente que agarra el dinamómetro y que aprete tan fuerte como puede durante todo el tiempo que puede. Se registra el resultado y se debe repetir la misma prueba con la otra mano. Cada prueba se repite 3 veces con un intervalo de 30 segundos entre cada intento y se hace la media de cada intento. Se obtiene un resultado en kg. Antes de empezar la prueba se debe comprobar que la aguja roja del dinamómetro esté en 0.



La fuerza de pinza de cada dedo se evalúa mediante un dinamómetro de pinza (*Jamar Hydraulic Pinch Gauge*). El paciente tiene que apretar tan fuerte como puede el dinamómetro todo el tiempo que puede. Cada prueba se repite 3 veces con un intervalo de 30 segundos entre cada intento, y el valor medio se obtiene en kg.



c. Nine Hole Peg Test (18)

Es un test que evalúa de manera cuantitativa la destreza manual. El paciente está colocado en una mesa en la cual hay un tablero con nueve clavijas y un recipiente. El paciente tiene que tomar las nueve piezas una por una lo más rápido posible con una sola mano y colocarlas en los orificios del tablero y después, retirarlas de la misma forma para ponerlas de nuevo en el recipiente.

El examinador empieza a cronometrar la prueba cuando el paciente toca la primera pieza y se detiene el cronometro cuando la última pieza toca el recipiente, y se registra el tiempo total de la tarea.

Se pide al paciente que lo haga con una mano y después con la otra mano.

d. Prueba de Jebsen – Taylor (19)

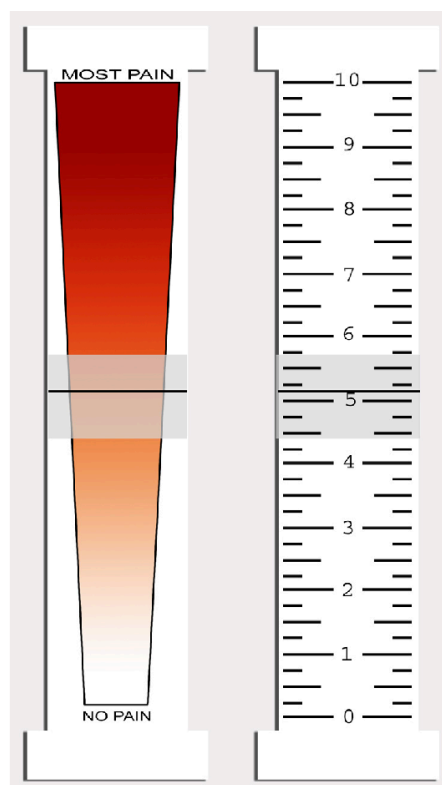
La prueba de función de la mano de Jebsen - Taylor es una medida estandarizada y objetiva de la función global de la mano y es la más utilizada para evaluar la función de la mano en pacientes quemados. Evalúa la función de la mano a través de siete tareas utilizadas en las actividades de la vida diaria. Incluyen escribir, girar cartas, recoger objetos pequeños, alimentación simulada, apilar damas, recoger objetos grandes y ligeros y recoger objetos grandes y pesados.

El paciente debe estar en sedestación delante de una mesa de una altura adecuada. Se debe identificar la mano dominante del paciente (lateralidad) y se debe realizar cada tarea en ambas manos.

Se registra el tiempo empleado para completar cada una de las tareas, se hace la suma que todos los ítems y se registra el resultado en segundos. Los tiempos más cortos indican una mayor funcionalidad de la mano.

e. Escala Analógica de Color (57)

La Escala Analógica de Color (*Color Analogue Scale*) es una franja de color en la cual el color cambia gradualmente de blanco (0 = no dolor) a través de tonos de rosa a rojo oscuro (10 = peor dolor posible). Se pide al niño que mueve el control deslizante para señalar su nivel de dolor. Se coloca una escala paralela a la franja de color para obtener el número correspondiente al área que señaló el niño.



f. BOQ 5-18 (58)

El Burn Outcome Questionnaire 5-18 fue desarrollado por la American Burn Association y Shriners Hospitals for Children. Es un instrumento multidimensional que mide la calidad de vida relacionada con la salud en pacientes quemados de 5 a 18 años. Este compuesto por 12 áreas: función del miembro superior, función física y deportes, transferencias y movilidad, dolor, picazón, apariencia, adherencia, satisfacción con el estado actual, salud emocional, ruptura familiar, preocupación de los padres, reintegración escolar. El cuestionario será administrado a los niños, pero también a los padres.

8. Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor, Iván Romero Delgado, por su implicación, su ayuda y su disponibilidad a lo largo de la realización de este TFG. Sus consejos fueron invaluable y me permitieron llevar a cabo este trabajo.

Además, quiero agradecer a mi familia. A mi padre y a mis hermanos por su apoyo durante estos 4 años de estudio. Me gustaría agradecer a mi hermano y compañero de clase, Brice, con quien compartí estos 4 años de estudio. Por darme la motivación y la fuerza para emprender estos estudios, y por apoyarme en los momentos más difíciles. Quiero agradecer a mi pareja, José, por su paciencia y su apoyo a lo largo de mis estudios. También, me gustaría dedicar este trabajo a mi hija, por el amor y la fuerza que me ha dado, por su alegría y su forma de adaptarse a cada situación.

Por último, me gustaría dar las gracias a la Universidad de Vic y a todo el profesorado por el acompañamiento y todo el conocimiento que me han transmitido para poder ser fisioterapeuta.

9. Nota final del autor

La realización de este trabajo fue un trabajo muy enriquecedor, a nivel profesional pero también a nivel personal.

Me di cuenta que la fisioterapia es una profesión que evoluciona de manera constante y, por tanto, hay que actualizarse continuamente que sea por búsqueda de artículos, pero también mediante la formación continua.

También, pude aprender sobre un tema específico. En efecto, las quemaduras son un tema que no solemos estudiar en clase. Sin embargo, el fisioterapeuta tiene un papel imprescindible en la reeducación post – quemadura. Mediante este trabajo pude aprender mucho sobre el manejo fisioterapéutico tras una quemadura y la importancia de adaptarla para los niños.

Además, este trabajo me permitió aprender a trabajar de manera autónoma, a hacer una búsqueda científica, a buscar soluciones frente a varios problemas, a desarrollar sentido crítico y a confiar en mí.