

DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA



“EFECTIVIDAD CLÍNICA DE LA APP REHAND EN LA REHABILITACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE MUÑECA, MANO Y DEDOS”

Memoria presentada para optar al grado de Doctor por
la Universidad de Sevilla por:

Jesús Blanquero Villar

Directora: Prof. Dra. María Dolores Cortés Vega





Dña. **MARÍA DOLORES CORTÉS VEGA**, Doctora por la Universidad de Sevilla y profesora del Departamento de Fisioterapia de la Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología de la Universidad de Sevilla

CERTIFICA: Que **D, JESÚS BLANQUERO VILLAR** Graduado en Fisioterapia por la Universidad de Sevilla, ha realizado su memoria de **TESIS DOCTORAL** con el título **EFFECTIVIDAD CLÍNICA DE LA APP REHAND EN LA REHABILITACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE MUÑECA, MANO Y DEDOS** bajo mi tutela y dirección para optar al grado de **DOCTOR EN FISIOTERAPIA** por la Universidad de Sevilla, dando mi conformidad para que sea presentada, leída y defendida ante el Tribunal que le sea asignado para su juicio crítico y calificación.

Y para que conste donde convenga firmo el presente en Sevilla a 10 de septiembre de 2021.

Fdo.: María Dolores Cortés Vega.

AGRADECIMIENTOS

“Y yo seré como la mimbre, y que la bambolea el aire, pero se mantiene firme”

Camarón de la Isla.

Dedicado a todos aquellos que, con su amor, hicieron esto posible. A mis abuelos, que me guiaron con dulzura desde pequeño al mundo de la experiencia, del esfuerzo y del sacrificio, pero, fundamentalmente, del cariño y el querer. A mis padres María del Valle y José Miguel, a los que les debo todo lo que soy hoy y seré mañana, que me llevaron de la mano por la senda de los valores, de la perseverancia, de la resiliencia... pero, ante todo, por la senda del corazón. A mi hermana pequeña, María, incomparable ser de luz de la que aprendo cada día, mi mayor tesoro. *Por mucho que tú no lo creas, eres muy grande, algún día te percatarás de ello.* A mi pareja Paula, cariño y amor en estado puro, compañera de vida y pilar en los momentos buenos y en los no tan buenos, siempre dispuesta a ofrecerme su mano en la flaqueza. Sin ti no habría llegado hasta aquí, eres parte fundamental de mi vida. A mis amigos de siempre, Alejandro, Alfonso, Emilio, Germán, Manuel, Raúl, por ser esa parte de la familia que se elige, hermanos no de sangre que crecimos juntos desde pequeños, que se quieren y protegen, que independientemente de la distancia, siempre están ahí. A Alejandro y José Manuel, porque comenzamos nuestro camino siendo niños y, a base de cabezazos y cicatrices, fuimos creciendo hasta crear algo que merece la pena, que genera valor, que realmente impacta en la vida de las personas; no se me ocurren mejores compañeros con los que soñar despierto y cambiar el mundo. Al resto del equipo: Pablo, M^a Nieves, Manolo, Lorena, Ángela, Fernando... porque hemos demostrado que juntos podemos llegar a dónde nos propongamos, movidos por la ilusión de un mañana mejor, por las ganas de ayudar a los demás. A todas aquellas personas que me han apoyado o guiado en el camino, en todas las localizaciones posibles, que habéis sido muchas: Álvaro, Lola, Enrique, Familia Villar, Dueñas, José, Mastro, Antonio, Jota... Solo puedo daros las gracias por dejarme aprender de vosotros.

Y, por supuesto, a mi directora de tesis. Mariloli, gracias por ser un faro en el camino -sabes que en muchas ocasiones no había mucha luz y que habría dejado todo esto de no ser por ti-. Gracias por ser mi guía en lo profesional y, algunas veces, también en lo personal, en este camino tan arduo que es la vida. Recordaré siempre al chaval que, en cuarto de carrera, fue a tu despacho plagado de nervios y preguntas, a describirte un dispositivo que había ideado haciendo unas prácticas. Y ese solo fue solo el comienzo.

Gracias a tod@s.

Especialmente dedicado a mi abuela Antonia, te añoramos cada día.

AGRADECIMIENTOS

La memoria de la tesis por compendio de publicaciones que aquí se presenta para la obtención del título de Doctor por la Universidad de Sevilla está basada en una serie de estudios que aparecen nombrados a lo largo de dicha memoria como I-III.

- I. **Editorial para la colección de artículos sobre trastornos del codo, la muñeca y la mano** (*publicado en Journal of Physiotherapy 2021, IFJCR 5.440; Q1*) (1).

- II. **Los ejercicios guiados por *feedback* y ejecutados en las pantallas táctiles de dispositivos Tablet mejoran el retorno al trabajo, la funcionalidad, la fuerza y el uso de la atención médica en comparación con un programa de ejercicio prescrito en papel en personas con lesiones de muñeca, mano o dedos: ensayo clínico aleatorizado.** (*publicado en Journal of Physiotherapy 2020, IFJCR 5.440; Q1*) (2).

- III. **Los ejercicios realizados mediante una aplicación para la pantalla táctil de la Tablet mejoraron la funcionalidad más que un programa de ejercicios prescrito en papel en personas sometidas a una liberación del túnel carpiano: ensayo clínico aleatorizado.** (*publicado en Journal of Physiotherapy 2019, IFJCR 5.440; Q1*) (3).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	6
2. CAPÍTULO I – <i>Editorial para la colección de artículos sobre trastornos del codo, la muñeca y la mano</i>	18
3. CAPÍTULO II – <i>Los ejercicios guiados por feedback y ejecutados en las pantallas táctiles de dispositivos Tablet mejoran el retorno al trabajo, la funcionalidad, la fuerza y el uso de la atención médica en comparación con un programa de ejercicio prescrito en papel en personas con lesiones de muñeca, mano o dedos: ensayo clínico aleatorizado</i>	27
4. CAPÍTULO III – <i>Los ejercicios realizados mediante una aplicación para la pantalla táctil de la Tablet mejoraron la funcionalidad más que un programa de ejercicios prescrito en papel en personas sometidas a una liberación del túnel carpiano: ensayo clínico aleatorizado</i>	52
5. DISCUSIÓN GENERAL	76
6. CONCLUSIONES	87
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
8. ANEXOS	109



INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

La función de la mano es crucial para las actividades de la vida diaria, ya que su realización generalmente requiere de interacciones precisas entre mano y objetos. Así, su afectación, frecuentemente generada por lesiones traumáticas óseas y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos, origina un problema tanto para el individuo como para la sociedad, fundamentalmente por la limitación que genera en los ámbitos laboral y social (4). De todas las lesiones que llegan a los departamentos de urgencias, el 29% son de mano (5). De ellas, un gran porcentaje son lesiones laborales, siendo la mano el segmento del cuerpo más frecuentemente afectado por lesiones laborales de origen traumático (6). Las lesiones laborales en la mano generan altos costes en asistencia sanitaria, conllevan tiempos prolongados de baja laboral, y perjudican la salud física y mental (7,8). Estos altos niveles de incidencia y costes reportados, hace que estas afectaciones representen una gran carga económica para la sociedad.

Una revisión sistemática de los estudios de costes de las lesiones de mano y muñeca concluyó que la mediana de los costes totales por caso es de US\$ 6951 (IQR \$3357-\$22274) (4). Tres de los estudios que incluye esta revisión están centrados específicamente en las fracturas de muñeca, ya sean por fractura osteoporótica de muñeca (9,10), como por fractura no desplazada del escafoides (11). La mediana de los costes totales de las fracturas de muñeca por caso es de US\$ 2551 (IQR \$1345.25-\$5752.50). No obstante, dado el hecho de que dos de los estudios se centran en la fractura osteoporótica, cuya incidencia es más elevada en personas de edad avanzada, se sugiere que el coste normal de las fracturas en personas de mediana edad es aún mayor dada la pérdida de productividad que supone en este tipo de pacientes.

En un estudio de base poblacional llevado a cabo en Países Bajos, se observó que las lesiones de mano y muñeca en este país tenían un coste anual estimado de 740 millones de dólares americanos, constituyéndose así como la lesión más costosa. Concretamente, los costes estimados fueron un 32% mayores que los de fracturas de los miembros inferiores, un 39% mayores que los de las fracturas de cadera y 108% mayores que los de las lesiones en la cabeza (12). Esta gran carga económica para la sociedad, junto con la creciente industrialización y mecanización, hace que la investigación para mejorar el manejo y la rehabilitación de las lesiones de mano sea una prioridad en los países desarrollados y en vías de desarrollo (13).

A pesar de que en los últimos años algunos autores han puesto en duda la efectividad de los programas de ejercicio tras la afectación traumática del miembro superior (14), un amplio número de guías de práctica clínica internacionales y revisiones sistemáticas recomiendan la prescripción de programas de ejercicios, junto con estrategias de autogestión del dolor y educación, para el manejo de las afecciones musculoesqueléticas (6,19), siendo considerados los programas de ejercicio domiciliario la intervención más costo-efectiva, por ejemplo en patología dolorosa de hombro (15). Concretamente en condiciones musculoesqueléticas de las extremidades superiores, los programas de ejercicio domiciliario ofrecen una rehabilitación efectiva. Tras una fractura distal del radio, se ha comprobado que los programas de ejercicio domiciliario mejoran la actividad a las 3 semanas y reducen el dolor a las 3 y 6 semanas (16), generando unos beneficios similares a los obtenidos en un programa supervisado por un terapeuta (17). Los programas de ejercicio domiciliario también ayudan a restablecer la fuerza y la funcionalidad tras las fracturas de mano (18), así como tras intervenciones quirúrgicas en el segmento, como la reparación tendinosa (19–21). Además, y más allá de la recuperación clínica, los programas de rehabilitación de la mano adaptados al paciente y

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

que conllevan una movilización temprana también pueden reducir los costos relacionados con la pérdida de productividad al acelerar la vuelta al trabajo (22,23).

Una intervención quirúrgica de especial relevancia en el segmento es la liberación del túnel carpiano, debido al gran porcentaje de pacientes que se someten a intervención quirúrgica tras el tratamiento conservador. Diferentes directrices europeas (24) establecen que los ejercicios deberían ser considerados para el período postoperatorio, concluyendo la revisión sistemática de Huisstede et al. (25) que los programas de ejercicios domiciliarios tienen efectos similares a los de la rehabilitación presencial sobre la funcionalidad, la destreza y la fuerza tras la liberación del túnel carpiano. En relación con esta similitud en los resultados, Pomerance et al. (26), uno de los estudios incluidos en esta revisión, cita la falta de justificación de la rehabilitación presencial frente a los programas de ejercicio domiciliario en pacientes con incisiones cortas convencionales que no presentan complicaciones.

A raíz del auge de la telerehabilitación en los últimos años, se ha demostrado que la tecnología aplicada a la rehabilitación, en concreto la telerehabilitación, tiene un amplio potencial para mejorar la atención del paciente logrando resultados clínicos similares o mejores que los generados por las intervenciones convencionales, mejores niveles de adherencia al tratamiento, y una gran satisfacción entre los pacientes y los terapeutas (27). La telerehabilitación se define como "la prestación de un servicio de rehabilitación a distancia utilizando la tecnología de las telecomunicaciones como medio" (28). Esas tecnologías incluyen plataformas telefónicas, de realidad virtual o de videoconferencia (29). De esta forma, podemos decir que la telerehabilitación engloba todas las diversas tecnologías, siempre que estén dirigidas a permitir un intercambio de información en tiempo real entre los profesionales y los pacientes, con el fin último de la rehabilitación de éstos.

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

La revisión sistemática y meta-análisis de Cottrell et al. (29) observó que la telerehabilitación en afecciones musculoesqueléticas es efectiva para la recuperación de la función física. Específicamente la combinación de la telerehabilitación con el tratamiento convencional, fue más efectiva que la atención convencional por sí sola, y tan eficaz como la atención presencial en la mejora de la función física y el dolor (29). De esta forma, la efectividad de los programas de ejercicio domiciliario para las principales patologías de muñeca, mano y dedos podría aumentar gracias a las nuevas tecnologías, tanto en los resultados clínicos como en los relacionados con los costes (27).

Además de utilizar la tecnología como medio para la comunicación a distancia -tal y como hemos definido anteriormente- entre profesionales y pacientes, la telerehabilitación puede consistir en el uso de la propia tecnología como instrumento de rehabilitación. Dentro de esta forma de aplicar la tecnología a la rehabilitación, encontramos el término “serious games”, aplicaciones informáticas interactivas, con o sin un componente relevante de hardware, que: (i) tienen un objetivo desafiante; (ii) son divertidos de jugar y atractivos; (iii) incorporan algún concepto de puntuación; (iv) e involucran una habilidad, conocimiento o actitud del usuario que puede ser utilizada en el mundo real (30). Meijer et al. (31), en su revisión sistemática acerca del uso de “serious games” después de lesiones traumáticas óseas y de tejidos blandos, observó que éstos pueden mejorar de manera segura el dolor y los resultados funcionales tanto como la fisioterapia convencional. Esta revisión también concluye con la necesidad de ampliar el campo de conocimiento a través de estudios con análisis de costes (31).

Las aplicaciones para Tablet han sido propuestas previamente para la rehabilitación de la función motora del miembro superior, con el objetivo de usar la amplia pantalla táctil de estos dispositivos como herramienta, no solo para integrar un nuevo formato de

programas de ejercicio domiciliario, sino para estimular la reorganización cortical mediante tareas guiadas por *feedback* y orientadas a objetivos concretos (32). Algar et al. (33) propusieron el uso de aplicaciones para la pantalla táctil de *smartphones* para el tratamiento de la patología del segmento muñeca-mano-dedos, y abordaron su potencial para actuar a niveles de control propioceptivo y neuromuscular. Larsen et al. (34) demostraron que los ejercicios de destreza realizados directamente en las pantallas táctiles de los dispositivos Tablet mejoran el impulso corticoespinal a las motoneuronas espinales.

Dentro del uso de la propia tecnología aplicada a la terapia, existe un término que va más allá de los “serious games”, el “digital therapeutic”. Las herramientas digitales *software* usadas en la práctica clínica, como los programas de ordenador y las aplicaciones que definíamos anteriormente, solo son consideradas "digital therapeutic" si se desarrollan para una condición médica específica, están basadas en *software* de alta calidad, y existe evidencia de efectividad con su uso. Se espera que este novedoso concepto cambie los paradigmas de la tecnología aplicada al tratamiento (35).

Dentro del campo de los “digital therapeutics” encontramos la Plataforma ReHand. ReHand es lo que se conoce como un “*Software as a Medical Device*” (SAMd), un *software* considerado un producto sanitario según la regulación europea MDR, en concreto de Clase I. ReHand permite al paciente la ejecución de su programa de ejercicios a través de un dispositivo Tablet, bien en consulta como en domicilio, mediante un formato innovador de ejecución. Asimismo, permite al profesional sanitario que prescribe al paciente la configuración y monitorización en todo momento del programa de su paciente.

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

ReHand (www.rehand.net) comprende tres sistemas, de prescripción, tratamiento y monitorización, para la rehabilitación de las lesiones óseas y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos.



Figura 1: ReHand, una solución formada por tres sistemas.

- Sistema de prescripción: El sistema de prescripción web permite a los sanitarios prescribir un programa de ejercicios para sus pacientes. ReHand cuenta con una gama de ejercicios que son establecidos según la patología específica de cada paciente. Así, cada paciente tiene configurado su propio programa de ejercicios cuando sus datos son introducidos por primera vez por el sanitario. Además, cada ejercicio progresa automáticamente en función de mecanismos automáticos de inteligencia artificial, siguiendo determinadas variables que tratan de reflejar el grado de recuperación de cada paciente.
- Sistema de tratamiento: El sistema de tratamiento es una aplicación para Tablet (iOS y Android), para que los pacientes realicen su programa de ejercicios. Todos los ejercicios se realizan a través de toques y recorridos por la pantalla táctil de la Tablet (Figura 4), lo que permite que los ejercicios integren los

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

principios del abordaje sensoriomotor y se adaptan en todo momento al rango de movimiento sin dolor de cada paciente.

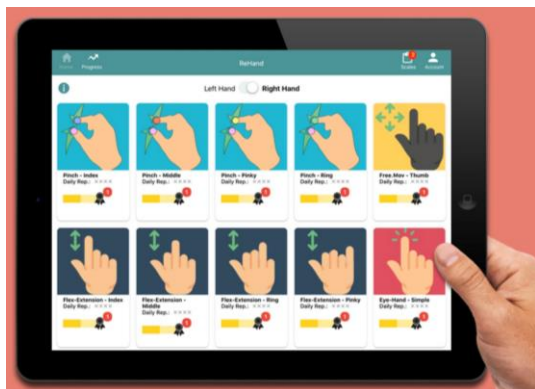


Figura 2. Programa de ejercicios. ReHand App.



Figura 3. Ajuste de ejercicios. ReHand App.

Programa de ejercicios: El sistema proporciona al paciente el tratamiento prescrito por sus especialistas, los ejercicios específicos para su patología y la frecuencia necesaria.

Ajuste: Ajuste previo de la mano y los dedos para adaptar cada ejercicio a la patología y al tamaño de la mano del paciente.

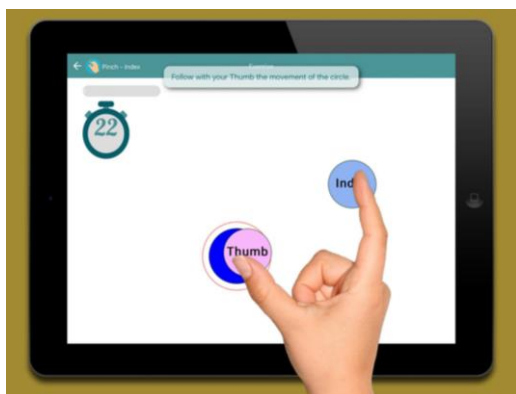


Figura 4. Gamificación ejercicios. ReHand App.

Ejercicio gamificado: Realización de los ejercicios en la pantalla de la Tablet siguiendo unas sencillas pautas acerca del procedimiento de realización, el tiempo y la puntuación obtenida.



Figura 5. Evolución de ejercicios. ReHand App.

Evolución: Estadísticas de la evolución del paciente para comprometerlo en el tratamiento, y adaptación de los ejercicios prescritos a través de inteligencia artificial.

- Sistema de monitorización: Los datos generados por el paciente a través de los toques y recorridos realizados sobre la pantalla táctil durante la ejecución de los

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

ejercicios son recogidos, así como las respuestas de los pacientes a los cuestionarios clínicos y las escalas que se envían semanalmente a través de la aplicación. Todos estos datos son encriptados y enviados a una base de datos en la nube, permitiendo la generación de informes de monitorización. El sistema de monitorización envía estos informes en PDF resumiendo el progreso de cada paciente, que llegan a los sanitarios enlazados con el paciente.

La presente tesis doctoral gira en torno a un único eje de actuación: Tras la patología traumática y ortopédica del segmento muñeca-mano-dedos, ¿Existe una modalidad de ejercicio terapéutico que, a través de la tecnología, pueda optimizar la recuperación de estas patologías, bien como única forma de tratamiento o como complemento al tratamiento presencial?

Por tanto, el objetivo general de investigación es Evaluar el efecto de un formato tecnológico innovador de tratamiento mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet, sobre la recuperación tras la patología traumática y ortopédica del segmento muñeca-mano-dedos.

Este objetivo general será concretado en objetivos específicos, detalladamente explicados en los capítulos que conforman esta tesis doctoral (I, II, III). Es destacable que la organización de dichos capítulos no será cronológica en función de las fechas de publicación en las revistas científicas, con el fin de crear un hilo argumental claro que acompañe al lector en este viaje del presente al futuro de los programas de ejercicio en el segmento muñeca-mano-dedo. Así, los objetivos específicos son:

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS

- Comprender de forma global y práctica las líneas de investigación actuales y futuras acerca de la aplicación y el beneficio del ejercicio sobre la lesión ósea y del tejido blando en el segmento muñeca-mano-dedos.
- Evaluar si, en pacientes con lesión ósea y del tejido blando en el segmento muñeca-mano-dedos que genere una limitación de la funcionalidad, la intervención mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet, en comparación con los programas convencionales de ejercicio en papel, ambos utilizados como complemento a la terapia presencial, genera un beneficio clínico y en la gestión de costes. En concreto, se evalúa su efecto sobre:
 - a) Tiempo hasta reincorporación al puesto de trabajo
 - b) Uso de asistencia sanitaria
 - c) Funcionalidad
 - d) Intensidad del dolor
 - e) Fuerza de prensión y de pinza
- Evaluar si, en pacientes con una patología ortopédica representativa por su alta incidencia como es la liberación quirúrgica del túnel carpiano, la intervención mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet, en comparación con los programas convencionales de ejercicio en papel, ambos utilizados como única forma de tratamiento, genera un beneficio clínico. En concreto, se evalúa su efecto sobre:
 - a) Funcionalidad
 - b) Intensidad del dolor
 - c) Fuerza de prensión
 - d) Destreza

INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS



CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

CHAPTER I

Editorial for article collection on elbow, wrist and hand disorders

This editorial introduces one of *Journal of Physiotherapy*'s article collections. These are collections of papers in a specific field of research, published in the *Journal of Physiotherapy* within the past decade and curated to alert readers about important findings and research trends in that field, while highlighting avenues for further research.

Thanks to the papers included in this Thesis, our findings were recognized for their contribution and impact on current lines of research, thus receiving a formal invitation from the Journal of Physiotherapy for this Editorial.

This article collection examines physiotherapy interventions for musculoskeletal disorders of the elbow, wrist and hand. Evidence in this field of research is accumulating rapidly in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro), as shown in **Figure 6** (inglés).

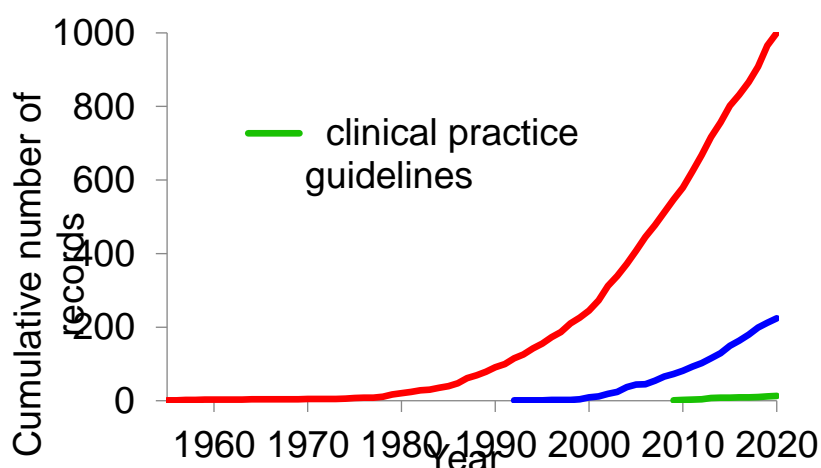


Figure 6 (inglés). Cumulative evidence on the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) about the effects of physiotherapy interventions on musculoskeletal disorders of the elbow, wrist and hand, based on the October 2020 update of the database.

CAPÍTULO I

Editorial para la colección de artículos sobre trastornos del codo, la muñeca y la mano

En este editorial se presenta una de las colecciones de artículos de la *Journal of Physiotherapy*. Estas consisten en colecciones de artículos en un campo específico de investigación, publicados en la *Journal of Physiotherapy* en la última década y curados para alertar a los lectores sobre importantes hallazgos y tendencias de investigación en ese campo, a la vez que se destacan las vías de investigación futura.

Gracias a los diferentes trabajos incluidos en esta memoria de tesis, nuestros hallazgos fueron reconocidos por su aportación e impacto sobre las líneas de investigación actuales, recibiendo así la invitación formal por parte de la revista *Journal of Physiotherapy* para la realización de esta Editorial.

En esta colección de artículos se examinan las intervenciones de fisioterapia para los trastornos musculoesqueléticos del codo, la muñeca y la mano. La evidencia en este campo de investigación se está acumulando rápidamente en la Physiotherapy Evidence Database (PEDro), como se muestra en la Figura 6 (español).

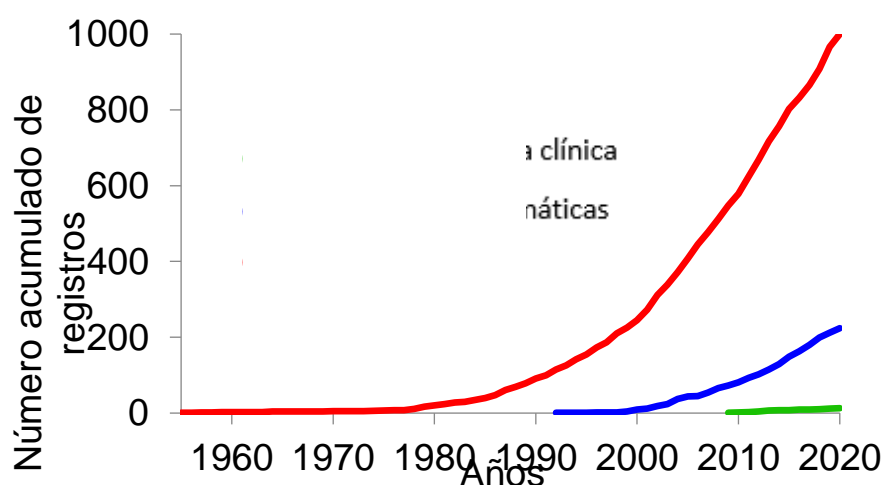


Figura 6 (español). Evidencia acumulada en la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) sobre los efectos de las intervenciones de fisioterapia en los trastornos musculoesqueléticos del codo, la muñeca y la mano, basada en la actualización de la base de datos de octubre de 2020.

CAPÍTULO I

Tal y como definíamos en el Capítulo 1, las intervenciones de rehabilitación tienen un gran potencial para reducir el gran impacto económico de la patología del segmento muñeca-mano-dedos. Entre esas intervenciones, el ejercicio ha sido una de las estrategias terapéuticas más investigadas, y ha demostrado ser ampliamente beneficioso con escasos efectos adversos, no sólo en el miembro superior sino también en muchos otros trastornos musculoesqueléticos (36).

Entre las personas que estaban en lista de espera para la cirugía del túnel carpiano, los ejercicios combinados con ferulización y educación redujeron la conversión a cirugía del túnel carpiano (37). En este estudio con 105 participantes, Lewis et al. (37) también observaron una mayor mejoría percibida y satisfacción en el grupo experimental, en comparación con el grupo control en la lista de espera. De manera análoga, los ejercicios y recomendaciones también fueron beneficiosos para las personas que habían sufrido una fractura distal del radio. En el ensayo realizado por Kay et al. (16), los ejercicios y recomendaciones redujeron el dolor a las 3 y 6 semanas, y aumentaron la actividad de los pacientes a las 3 semanas.

Más recientemente, se han investigado nuevos tipos y combinaciones de ejercicios dentro de los programas de ejercicio convencionales. Por ejemplo, también en la fractura distal del radio, Reid et al. (38) observaron los efectos de añadir ejercicios de "movilización con movimiento" en supinación y extensión a un programa de ejercicios y recomendaciones. La adición de esos ejercicios produjo mejoras mayores y más rápidas en la amplitud de movimiento y la capacidad funcional a las 4 y 12 semanas.

Además de añadir nuevos ejercicios, otra posible modificación de los programas de ejercicios y recomendaciones es el uso de una férula dinámica. Jongs et al. (39) examinaron el efecto de esta adición en un ensayo con 40 personas con contractura tras

fractura distal de radio. La adición de la férula dinámica al programa de rehabilitación no tuvo ningún efecto terapéutico en la extensión activa de la muñeca, la flexión, la desviación radial y cubital, ni al final de la intervención de 8 semanas ni 4 semanas después de ésta.

Independientemente de la adición o no de nuevos ejercicios o intervenciones, y a pesar de los beneficios reportados ampliamente por la evidencia, se ha cuestionado el efecto terapéutico de los ejercicios en sí. En concreto, Bruder et al. (40) no observaron beneficio en añadir un programa de ejercicio a un programa estructurado de recomendaciones, en concreto en la recuperación de la funcionalidad a las 7 y 24 semanas, en pacientes en fase de rehabilitación tras una fractura distal del radio.

Además, una revisión sistemática realizada por Bruder et al. (14) no identificó un efecto terapéutico evidente de muchos programas de ejercicio en la reducción de las limitaciones y la mejora de la actividad tras una fractura del miembro superior, demostrando únicamente que, en fractura de radio distal, de la cabeza del radio y del húmero proximal, el ejercicio temprano combinado con una fase de inmovilización más corta es más eficaz que comenzar el ejercicio después de una fase de inmovilización más larga.

En esta revisión, los investigadores llegaron a la conclusión de que muchos programas de ejercicio no mostraban de forma manifiesta un efecto sobre la actividad y las limitaciones generadas tras una fractura de la extremidad superior. Sugirieron que una de las posibles causas de estos hallazgos es que los regímenes de ejercicio empleados pueden tener una dosis insuficiente (en intensidad, duración, repetición o progresión) para lograr una remodelación de los tejidos blandos o un efecto verdaderamente desafiante en el sistema neuromuscular. Según los autores, ese efecto sí que podría

CAPÍTULO I

lograrse con el programa de recomendaciones, porque los fisioterapeutas alientan a los pacientes a continuar con sus tareas de la vida cotidiana, lo que requiere fuerza y amplitud de movimiento del codo, la muñeca y la mano.

Esta concepción acerca de la necesidad de optimizar los ejercicios incluidos en los programas de ejercicio hacia una perspectiva más funcional, de alta repetición y desafiante fue compartida por nuestras investigaciones. Estas investigaciones y sus resultados se describen detalladamente en capítulos posteriores, pero procedemos a resumirlas brevemente, con objeto de que se comprenda el potencial efecto disruptivo sobre el campo de conocimiento citado. En comparación con los programas convencionales de ejercicio prescritos en papel, se observó un mayor beneficio empleando un nuevo formato de ejercicios guiados por *feedback*, realizados a través de toques y recorridos sobre la pantalla táctil de un dispositivo Tablet, en dos ensayos (2,3). En concreto, en pacientes con lesiones óseas y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos, la adición de estos ejercicios guiados por *feedback* a la terapia presencial logró: una reincorporación más temprana al puesto de trabajo, una reducción del uso de asistencia sanitaria y una mejora de la funcionalidad y la fuerza en la segunda semana, en comparación con la terapia presencial combinada con un programa de ejercicios convencionales en papel (2). Esta mejora temprana de la funcionalidad en comparación con los ejercicios convencionales también se observó en personas que se habían sometido a una liberación del túnel carpiano, pero que utilizaban la intervención con ejercicio domiciliario como única intervención -en lugar de en combinación con la terapia presencial- (3). Explicado de forma sucinta, se sugirió que esta modalidad de ejercicio puede tener un efecto en la plasticidad cerebral, induciendo una reorganización del sistema sensoriomotor después su afectación por la lesión, cirugía y/o inmovilización del segmento muñeca-mano-dedos.

Esta tendencia a buscar con las intervenciones no sólo efectos a nivel periférico en la zona lesionada del segmento muñeca-mano-dedos, sino a lograr un efecto central, puede relacionarse parcialmente con las conclusiones de Villafañe et al. (41). Estos investigadores demostraron que, en personas con artrosis carpometacarpiana del pulgar, el deslizamiento del nervio radial aplicado a una mano sintomática afectada producía efectos hipoalérgicos en la mano contralateral. Sugirieron que el dolor en la osteoartritis no debía atribuirse únicamente a la nocicepción periférica, y que las terapias dirigidas periféricamente podían modular la percepción del dolor bilateralmente. Esta sugerencia hacia el enfoque central, más concretamente hacia la sensibilización central, también está presente en otras patologías como la epicondilitis lateral (codo de tenista) (42).

En resumen, este Editorial intentó abordar, de manera clara y concisa, las líneas de investigación actuales y futuras acerca del tratamiento fisioterapéutico de los trastornos del segmento muñeca-mano-dedos, principalmente en relación con el ejercicio. Así, del artículo pueden extraerse dos líneas de investigación a abordar a corto plazo:

A. Qué modalidad de ejercicios y dosis son los mejores para la rehabilitación de los trastornos del codo, la muñeca y la mano

B. Qué papel y relevancia tienen los mecanismos centrales y los efectos sobre el sistema sensoriomotor en estos trastornos, y cómo abordar estos mecanismos para mejorar los resultados de los pacientes

Ambas líneas de investigación son las que se abordan en los dos capítulos posteriores, donde se profundiza acerca del efecto del anteriormente citado formato innovador de ejercicio usando las pantallas táctiles de los dispositivos Tablet, sobre la recuperación clínica y la gestión de costes, tras la patología traumática y ortopédica del segmento

CAPÍTULO I

muñeca-mano-dedos, haciendo especial mención a su impacto sobre los mecanismos centrales.



CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

CHAPTER II

Feedback-guided exercises performed on a Tablet touchscreen improve return to work, function, strength and healthcare usage more than an exercise program prescribed on paper for people with wrist, hand or finger injuries: a randomised trial.

Question: In people with bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, do feedback-guided exercises performed on a Tablet touchscreen hasten return to work, reduce healthcare usage and improve clinical recovery more than a home exercise program prescribed on paper?

Design: Randomised, parallel-group trial with concealed allocation, assessor blinding and intention-to-treat analysis.

Participants: Seventy-four workers with limited functional ability due to bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/ or fingers.

Intervention: Participants in the experimental and control groups received the same in-patient physiotherapy and occupational therapy. Participants in the experimental group received a home exercise program using the ReHand Tablet application, which guides exercises performed on a Tablet touchscreen with feedback, monitoring and progression. Participants in the control group were prescribed an evidence-based home exercise program on paper.

Outcome measures: The primary outcome was the time taken to return to work. Secondary outcomes included: healthcare usage (number of clinical appointments); and functional ability, pain intensity, and grip and pinch strength 2 and 4 weeks after randomisation.

Results: Compared with the control group, the experimental group: returned to work sooner (MD -18 days, 95% CI -33 to -3); required fewer physiotherapy sessions (MD -7.4, 95% CI -13.1 to -1.6), rehabilitation consultations (MD -1.9, 95% CI -3.6 to 0.3) and plastic surgery consultations (MD -3.6, 95% CI -6.3 to -0.9); and had better short-term recovery of functional ability and pinch strength.

Conclusion: In people with bone and soft-tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, prescribing a feedback-guided home exercise program using a Tablet-based application instead of a conventional program on paper hastened return to work and improved the short-term recovery of functional ability and pinch strength, while reducing the number of required healthcare appointments.

CAPÍTULO II

Los ejercicios guiados por *feedback* y ejecutados sobre las pantallas táctiles de dispositivos Tablet mejoran el retorno al trabajo, la funcionalidad, la fuerza y el uso de la atención médica en comparación con un programa de ejercicio prescrito en papel en personas con lesiones de muñeca, mano o dedos: ensayo clínico aleatorizado.

Pregunta: En personas con lesiones óseas y de tejidos blandos de muñeca, mano y/o dedos, ¿los ejercicios guiados por *feedback* y realizados sobre la pantalla táctil de una Tablet aceleran el regreso al trabajo, reducen el uso de la atención médica y mejoran la recuperación clínica más que un programa domiciliario de ejercicios prescrito en papel?

Diseño: Ensayo clínico aleatorizado de grupos paralelos con asignación oculta, cegado del evaluador y análisis por intención de tratar.

Participantes: Setenta y cuatro trabajadores con limitación de la funcionalidad debida a lesiones óseas y de tejidos blandos de muñeca, mano y/o dedos.

Intervención: Los participantes en los grupos experimental y control recibieron las mismas intervenciones de fisioterapia y terapia ocupacional a nivel presencial. Además, los participantes en el grupo experimental recibieron un programa de ejercicios domiciliarios usando la aplicación para Tablet ReHand, que guía los ejercicios realizados en la pantalla táctil de la Tablet mediante *feedback*, monitorización y progresión. A los participantes del grupo control se les prescribió un programa de ejercicios domiciliarios en papel basados en la evidencia.

Variables: La variable principal fue el tiempo que se tardó en reincorporarse al puesto de trabajo. Las variables secundarias fueron: uso de asistencia sanitaria (número de

CAPÍTULO II

citas); y funcionalidad, intensidad del dolor, y fuerza de prensión y de pinza, a las 2 y a las 4 semanas después de la asignación aleatoria.

Resultados: En comparación con el grupo control, el grupo experimental: se reincorporó al trabajo antes (DM -18 días, IC del 95%: -33 a -3); requirió menos sesiones de fisioterapia (DM -7,4, IC del 95%: -13,1 a -1,6), consultas de rehabilitación (DM -1,9, IC del 95%: -3,6 a 0,3) y consultas de cirugía plástica (DM -3,6, IC del 95%: -6,3 a -0,9); y tuvo una mejor recuperación a corto plazo de la funcionalidad y la fuerza de la pinza.

Conclusión: En las personas con lesiones óseas y de los tejidos blandos de muñeca, mano y/o dedos, la prescripción de un programa de ejercicios domiciliarios guiados por *feedback* utilizando una aplicación para Tablet en lugar de un programa convencional en papel aceleró el regreso al trabajo y mejoró la recuperación a corto plazo de la funcionalidad y la fuerza de la pinza, al mismo tiempo que redujo el número de citas de atención médica necesarias.

INTRODUCCIÓN

Como mencionamos en el Capítulo I, el 29% de lesiones que llegan a los departamentos de urgencias son de mano (5), siendo este segmento el más frecuentemente afectado por lesiones laborales de origen traumático (6). Los altos costes sanitarios, de productividad, y el detrimento que generan en la salud mental y física (7,8), junto con la creciente industrialización y mecanización, hace que la investigación para optimizar su manejo sea una prioridad en los países desarrollados y en vías de desarrollo (13).

Como fue ampliamente desarrollado en el Capítulo I, la efectividad de los ejercicios domiciliarios ha sido ampliamente comprobada en afecciones musculoesqueléticas de extremidades superiores (15) y, en concreto, en patología traumática (16–18) y ortopédica (19–21) del segmento muñeca-mano-dedos. Además, se ha constatado que estos programas de ejercicio tienen un gran potencial para reducir los costos relacionados con la pérdida de productividad al acelerar la vuelta al trabajo (22,23).

Por otro lado, la capacidad de la tecnología para optimizar los procesos de rehabilitación es ya una realidad, pudiendo generar un aumento de la efectividad de los programas de ejercicio domiciliario tanto en los resultados clínicos como en los relacionados con los costes (27). Más allá de esta mejora de los resultados por la tecnología en sí, las pantallas táctiles de los dispositivos Tablet se han propuesto como un aliado para estimular la reorganización cortical mediante tareas guiadas por *feedback* y orientadas a objetivos (32), pudiéndose generar, a través de ejercicios de destreza realizados directamente sobre dichas pantallas, una mejora del impulso corticoespinal a las motoneuronas espinales (34).

En este tercer capítulo, el objetivo es evaluar si, en pacientes con lesión ósea y del tejido blando en el segmento muñeca-mano-dedos que genere una limitación de la funcionalidad, la intervención mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las

pantallas táctiles de dispositivos Tablet, en comparación con los programas convencionales de ejercicio en papel, ambos utilizados como complemento a la terapia presencial, acelera la reincorporación al trabajo, reduce el uso de la atención médica, y mejora la recuperación clínica.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

Ensayo controlado aleatorizado de dos grupos paralelos con cegado del evaluador, realizado entre marzo y junio de 2019, en los Servicios Centrales de Ibermutua, en Madrid. El estudio fue previamente aprobado por el Comité Ético de Investigación Médica de Madrid (CEIm-R) y registrado en la ANZCTR (Australian New Zealand Clinical Trials Registry) con el número de registro ACTRN12619000344190.

Muestra y examinadores

La muestra estuvo conformada por pacientes de entre 18 y 65 años afectados por una lesión ósea o de tejidos blandos en el segmento muñeca-mano-dedos que generaba una limitación de la funcionalidad, en los Servicios Centrales de Ibermutua, en Madrid.

Tras recibir una hoja informativa sobre el estudio, tres fisioterapeutas experimentadas, a través de muestro consecutivo a medida que iniciaban su proceso de terapia en el servicio, realizaron el cribado de todos los pacientes que tenían una lesión ósea o de tejidos blandos en el segmento muñeca-mano-dedos que generaba una limitación de la funcionalidad, excluyendo aquellos que: (i) habían necesitado una reintervención quirúrgica; (ii) tenían algún antecedente de trastorno psiquiátrico/cognitivo; (iii) o

CAPÍTULO II

presentaban en su historial problemas laborales/legales como quejas a la empresa o solicitudes de cambio de trabajo o de contingencia.

Tras la confirmación de la elegibilidad, un asistente externo asignó aleatoriamente a los participantes al grupo experimental o al control a través de una tabla de aleatorización. Este investigador también: (i) explicó la intervención asignada; (ii) solicitó al participante que no revelara su intervención a ninguno de los investigadores del estudio; y (iii) respondió a todas las preguntas de los participantes. Tras la asignación aleatoria, un dispositivo Tablet fue provisto a aquellos participantes del grupo experimental que no tenían acceso a uno, y las evaluaciones basales fueron realizadas por una terapeuta ocupacional experimentada cegada, es decir, que carecía de información acerca del grupo asignado al participante.

De los 87 sujetos examinados, 74 cumplieron finalmente los criterios de selección y fueron aleatorizados al grupo experimental (n=40) y al control (n=34). La edad media de los participantes en el grupo experimental fue de 45 años (DT 11), de los cuales 27 eran hombres y 13 mujeres. La edad media de los participantes en el grupo control fue de 42 años (DT 11), de los cuales 19 eran hombres y 15 mujeres. Al inicio, ambos grupos presentaron características similares en todas las variables.

Las patologías de los participantes se agrupan y enumeran en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Lista y frecuencia de las patologías incluidas en el estudio.

Patología	Exp (n = 40)	Con (n = 34)
Fracturas de radio, cúbito y/o escafoides	10	7
Fracturas de una o más falanges de la mano	7	9
Trastornos de la sinovia, tendón y/o bursa	3	10
Fracturas de hueso(s) metacarpiano(s)	4	4
Esguinces y torceduras de la muñeca y la mano	5	0
Heridas abiertas en el antebrazo, la mano y/o dedo(s)	4	1
Contusión de la muñeca, la mano y/o dedo(s)	3	1

CAPÍTULO II

Síndromes del túnel carpiano	2	0
Dislocaciones de dedo(s)	1	1
Amputaciones traumáticas de dedo(s), necrosis con la pérdida de una parte del cuerpo, de dos o más dedos de la mano	1	0
Necrosis profunda de los tejidos subyacentes con pérdida de parte del cuerpo, de dos o más dedos de la mano incluyendo el pulgar	0	1

Con = grupo control, Exp = grupo experimental.

Evaluación de la reincorporación al trabajo

La reincorporación al trabajo se definió como el número de días naturales que transcurrieron entre el primer día de baja por enfermedad y el día en el que el participante recibió el alta y regresó al entorno laboral.

Evaluación del uso de asistencia sanitaria

Se contabilizó el uso de los siguientes recursos relacionados con la recuperación de la lesión: número de sesiones de fisioterapia, número de sesiones de terapia ocupacional, número de consultas de rehabilitación, número de consultas al traumatólogo, y número de consultas de cirugía plástica.

Evaluación de la funcionalidad

La funcionalidad se evaluó mediante el cuestionario autoadministrado Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH). El cuestionario DASH ha demostrado ser fiable y válido, y se ha traducido con éxito al español (43,44). En concreto, se empleó la forma abreviada del cuestionario DASH (QuickDASH) -presente en el Anexo 3-, que

CAPÍTULO II

tiene una capacidad discriminativa, una fiabilidad transversal y una fiabilidad test-retest similar a la del cuestionario DASH (45).

Evaluación de la fuerza de prensión

La fuerza de prensión se evaluó utilizando un dinamómetro hidráulico. Los participantes estaban sentados cómodamente, con ambos pies en el suelo, los hombros aductos y neutralmente rotados, el codo del miembro a evaluar flexionado a 90 grados, el antebrazo en rotación neutra, y la muñeca entre 0 y 30 grados de dorsiflexión y entre 0 y 15 grados de desviación cubital. Se realizaron dos prensiones solicitando un esfuerzo máximo, con 5 minutos de descanso entre cada medición, y se seleccionó el valor más alto (46), que además coincidió con el procedimiento empleado por los servicios de Ibermutua en sus evaluaciones convencionales.

Evaluación de la fuerza de la pinza

La fuerza de la pinza se evaluó con un dinamómetro hidráulico, sostenido por el participante con los pulpejos del índice y del pulgar, mientras el examinador ayudaba al mismo a mantener el antebrazo y la mano firmes y paralelos al suelo. La fuerza de la pinza se midió dos veces con 5 minutos de descanso entre cada medición, y se seleccionó el valor más alto.

Evaluación del dolor

La intensidad del dolor se evaluó en una escala analógica visual de 0 a 10 cm, en la que una puntuación de 0 equivalía a "ningún dolor" y 10 a "el dolor más intenso".

Evaluación de la destreza

La destreza se midió con el Nine Hole Peg Test, una de las herramientas más utilizadas para evaluar la destreza (47). El participante debía tomar del contenedor una a una las 9 piezas cilíndricas y colocarlas en los agujeros del contenedor, hasta que todos los agujeros estuvieran rellenos en cualquier orden. Después, el participante debía retirar todas las piezas cilíndricas de una en una y devolverlas al contenedor. Se dieron instrucciones estándar para la prueba junto con una breve demostración (48). Los participantes realizaron una breve prueba de práctica antes de la ejecución real del test.

Intervenciones similares en ambos grupos

Todos los participantes recibieron las mismas intervenciones de fisioterapia y terapia ocupacional a nivel presencial, de acuerdo con su patología y los procedimientos internos de la mutualidad. La terapia para ambos grupos incluía una combinación de técnicas de ferulización, terapia manual, electroterapia, ejercicios activos y trabajo sensoriomotor. Cada paciente fue tratado al menos 3 días a la semana, entre 30 y 60 minutos por sesión. La fisioterapeuta y la terapeuta ocupacional que realizaban estas intervenciones estaban cegadas, desconociendo así el grupo al que pertenecía cada participante. El programa de ejercicios domiciliarios fue la única diferencia entre las intervenciones de los dos grupos.

Intervención específica en el grupo experimental

CAPÍTULO II

Para la prescripción del programa de ejercicios domiciliario del grupo experimental se usó ReHand, que cuenta con las funcionalidades descritas en la Introducción General. En el grupo experimental, los programas de ejercicio domiciliario vía ReHand tuvieron una duración de 20 a 30 minutos. La Tabla 2 muestra un ejemplo de los ejercicios para la fractura de radio. Para ayudar a los participantes a entender cada ejercicio de su programa individualizado, estos recibieron tras la aleatorización una demostración inicial de 10 minutos acerca de cómo realizar cada ejercicio. Además, la aplicación ReHand dispone de vídeos acerca de la ejecución óptima de cada uno de los ejercicios incluidos en el programa personalizado. Por otro lado, un investigador de Ibermutua estuvo disponible para responder a las preguntas de los participantes.

Tabla 2. Descripción del programa de ejercicios del grupo experimental para la rehabilitación tras fractura de radio.

Ejercicios	Repeticiones
Ejercicio de pinza con el dedo índice, realizando un movimiento controlado en un rango de no dolor guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de pinza con el dedo medio, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de pinza con el dedo anular, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de pinza con el dedo meñique, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de destreza ojo-pulgar, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por un patrón continuamente cambiante	4
Ejercicio de coordinación óculo-manual, realizando pulsaciones en la pantalla con cada dedo al cambiar los círculos de color	4
Mano abierta y dedos extendidos, muñeca estabilizada y meñique en contacto con la pantalla de la Tablet. Movimiento controlado de flexo-extensión guiado por <i>feedback</i> en un rango no doloroso	4
Mano cerrada rodeando un bolígrafo táctil, muñeca estabilizada y bolígrafo táctil en contacto con la pantalla de la Tablet. Movimiento controlado de flexo-extensión guiado por <i>feedback</i> en un rango no doloroso	4
Mano abierta, muñeca estabilizada y dedos del 2º al 5º extendidos y en contacto con la pantalla de la Tablet. Movimiento controlado de la muñeca en desviación radial y cubital, siguiendo el <i>feedback</i> con los dedos.	4

Intervención específica en el grupo control

Los participantes del grupo control recibieron un programa de ejercicios domiciliarios en papel. Este programa se utiliza convencionalmente en Ibermutua para lesiones óseas y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos. Dicho programa comprende ejercicios para la muñeca, la mano y los dedos extraídos de la evidencia científica y de los mejores resultados empíricos. El programa de ejercicios domiciliario fue desarrollado para ser realizado dos veces al día, con una duración total de 20 a 30 minutos. Los ejercicios incluidos en el programa se detallan en la Tabla 3. El seguimiento de los ejercicios realizados por el participante fue efectuado semanalmente por uno de los investigadores, verbalmente en una de las sesiones presenciales semanales.

Tabla 3. Descripción del programa de ejercicio en el grupo control.

Ejercicios	Repeticiones
Con el puño semi-cerrado, realizar movimientos circulares de la muñeca	15
Con el puño semi-cerrado, realizar movimientos de flexo-extensión de la muñeca	15
Con la mano abierta y dedos extendidos, realizar una supinación y luego una pronación	15
Con la mano abierta y dedos extendidos, realizar una desviación radial y luego una desviación cubital	15
Con la mano abierta y dedos extendidos, realizar un movimiento combinado de flexión palmar y desviación cubital	15
Con la mano abierta y dedos extendidos, realizar un movimiento combinado de flexión dorsal y desviación radial	15
Contactar cada uno de los pulpejos de los dedos con el pulpejo del pulgar	15
Contactar el pulpejo del pulgar con la cara palmar de la cabeza de cada hueso metacarpiano	15
Con la mano abierta y los dedos extendidos, realizar flexión de las articulaciones interfalángicas distales y proximales para lograr el contacto de los pulpejos de los dedos con la mano	15

CAPÍTULO II

Con la mano abierta y los dedos extendidos, realizar flexión de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas distales y proximales para lograr el contacto de los dedos con la mano	15
Hacer un puño y luego extender los dedos	15
Con la mano abierta y los dedos extendidos, extender al máximo los dedos	15
Con la mano abierta sobre una mesa, extender los dedos uno a uno	15
Con la mano abierta y los dedos extendidos, mantener la articulación metacarpofalángica extendida y realizar una flexión de las articulaciones interfalángicas distales y proximales	15

RESULTADOS

Cumplimiento del protocolo de estudio

Después de la aleatorización y antes de la evaluación basal a la semana 0, cinco de los participantes se retiraron de la intervención y de la evaluación de sus resultados clínicos, aunque todavía estaban disponibles para las evaluaciones de la variable principal y el uso de la asistencia sanitaria. Los motivos de la retirada fueron, en el grupo experimental, falta de familiaridad con la tecnología (n=1), desorden psicológico (n=1) y complicación de salud (n=1), mientras que el grupo control el motivo de dicha retirada fue complicaciones de salud (n=2). De los 69 participantes restantes, dos del grupo experimental no recibieron la intervención asignada debido a problemas de compatibilidad de sus dispositivos Tablet. Algunos participantes ya habían regresado al trabajo a la cuarta semana, por lo que no estaban disponibles para la medición de los resultados clínicos en ese momento, como se muestra en la Figura 7.

CAPÍTULO II

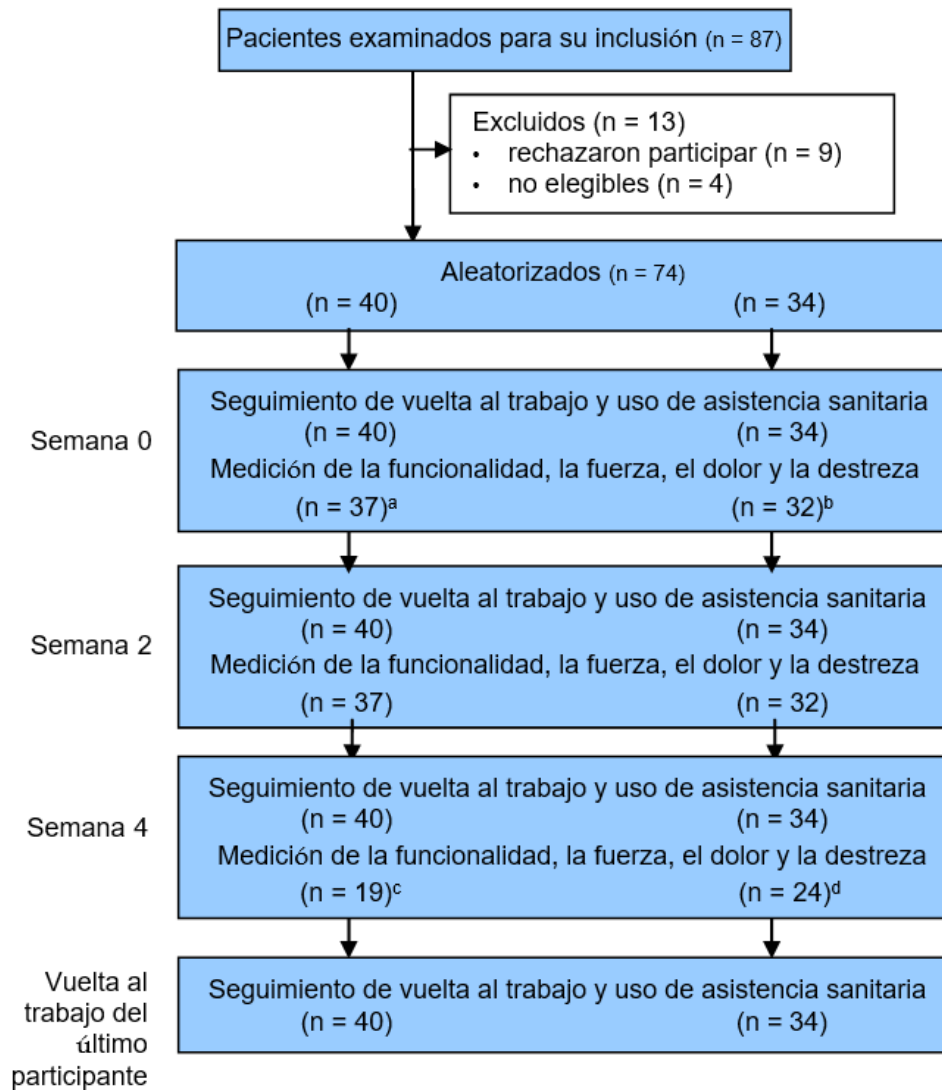


Figura 7. Diseño y flujo de participantes en el ensayo clínico del Capítulo II.

^aTres participantes rechazaron la intervención y las mediciones clínicas debido a la falta de familiaridad con la tecnología (n = 1), trastorno psicológico (n = 1) y complicación sanitaria (n = 1).

^bDos participantes rechazaron la intervención y las mediciones clínicas debido a una complicación sanitaria.

^cDieciocho participantes no estuvieron disponibles para las mediciones clínicas después de su vuelta al trabajo.

^dOcho participantes no estuvieron disponibles para las mediciones clínicas después de volver al trabajo.

Efecto de la intervención en el retorno al trabajo

El tiempo medio de regreso al trabajo fue de 76 días (DT 33) en el grupo experimental y 94 días (DT 32) en el grupo control. Por consiguiente, se calculó que el efecto de la

intervención experimental en el tiempo de retorno al trabajo era de una reducción de 18 días, es decir, conseguiría la reincorporación laboral 18 días antes de media. Este número de días superó el previamente determinado como el “mínimo efecto útil” (“smallest worthwhile effect”) de 7 días. El intervalo de confianza confirmó que el efecto fue beneficioso (MD -18 días, 95% CI -33 a -3). Sin embargo, debido a que el intervalo de confianza abarcaba el “mínimo efecto útil” (“smallest worthwhile effect”), había cierta incertidumbre acerca de si este efecto por sí solo haría que la intervención fuera clínicamente significativa (“clinically worthwhile”). Este resultado se resume en la Tabla 4.

Efecto de la intervención en el uso de la atención sanitaria

Además de acelerar el retorno al trabajo, la intervención experimental también redujo el número de citas y consultas clínicas a las que asistieron los participantes. Los datos resumidos se presentan en la Tabla 4. La intervención del grupo experimental redujo el número medio de sesiones de fisioterapia en unas siete, de consultas de rehabilitación en unas dos, y de consultas de cirugía plástica en unas cuatro. Los intervalos de confianza en torno a estas estimaciones del efecto confirmaron el beneficio (Tabla 4), aunque incluyeron estimaciones tan pequeñas como una reducción de menos de una visita. El efecto estimado de dicha intervención sobre el número de citas con otros clínicos como el terapeuta ocupacional y el traumatólogo también favoreció al grupo experimental, pero las estimaciones fueron imprecisas.

Tabla 4. *Media (SD) de los grupos y diferencia media (95% CI) inter-grupos para el tiempo de retorno al trabajo y el uso de la atención sanitaria en los grupos experimental y control.*

CAPÍTULO II

Variable	Exp (n = 40)	Con (n = 34)	Diferencia inter-grupos (95% CI) Exp – Con
Regreso al trabajo (d), media (DT)	76 (33)	94 (32)	-18 (-33 to -3)
Sesiones de fisioterapia (n), media (DT)	18.7 (10.6)	26.0 (14.0)	-7.4 (-13.1 to -1.6)
Sesiones de terapia ocupacional (n), media (DT)	14.8 (11.3)	19.1 (12.9)	-4.3 (-9.9 to 1.3)
Consultas de rehabilitación (n), media (DT)	1.9 (1.6)	3.8 (4.9)	-1.9 (-3.6 to -0.3)
Consultas de traumatología (n), media (DT)	1.1 (2.4)	1.8 (3.7)	-0.6 (-2.1 to 0.8)
Consultas de cirugía plástica (n), media (DT)	2.6 (4.9)	6.2 (6.9)	-3.6 (-6.3 to -0.9)

Con = grupo control, Exp = grupo experimental

Efecto de la intervención en las variables clínicas

La funcionalidad (evaluada del 0 al 100 con el cuestionario QuickDASH) favoreció al grupo experimental en la semana 2 (DM -12, IC del 95%: -22 a -3). Ese intervalo de confianza indicó que el efecto de la intervención fue beneficioso, pero no excluía la posibilidad de que el efecto fuera pequeño. Aunque la diferencia media en la Semana 4 también favoreció al grupo experimental (DM -11), esta estimación fue demasiado imprecisa para mostrar claramente que el efecto fuera beneficioso (IC del 95%: -25 a 3). Igualmente, la fuerza de pinza favoreció al grupo experimental en la Semana 2 (DM 0,94 kg, IC del 95%: 0,02 a 1,87), pero dicha mejoría tampoco fue clara en la Semana 4. Todos los demás resultados secundarios tuvieron estimaciones medias del efecto que favorecían la intervención experimental en ambos momentos temporales, pero todos

tenían intervalos de confianza que eran demasiado imprecisos para indicar claramente si el verdadero efecto era beneficioso. Estos resultados se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. (SD) de los grupos, diferencia media (SD) intra-grupos, y diferencia media (95% CI) inter-grupos en las variables clínicas.

Variable	Grupos						Diferencia intra-grupo				Diferencia inter-grupos	
	Semana 0		Semana 2		Semana 4		Semana 2 menos Semana 0		Semana 4 menos Semana 0		Semana 2 menos Semana 0	Semana 4 menos Semana 0
	Exp (n = 37)	Con (n = 32)	Exp (n = 37)	Con (n = 32)	Exp (n = 19)	Con (n = 24)	Exp	Con	Exp	Con	Exp menos Con	Exp menos Con
Funcionalidad (QuickDASH) (0 to 100)	51 (18)	48 (20)	30 (15)	39 (23)	26 (17)	38 (23)	-21 (23)	-9 (14)	-24 (27)	-13 (19)	-12 (-22 to -3)	-11 (-25 to 3)
Fuerza de prensión (kg)	14.8 (8.8)	13.7 (10.0)	22.6 (8.9)	19.4 (13.1)	22.9 (8.8)	20.1 (14.6)	7.8 (6.9)	5.7 (6.3)	10.8 (7.4)	7.2 (8.6)	2.1 (-1.1 to 5.3)	3.5 (-1.5 to 8.6)
Fuerza de pinza (kg)	3.44 (3.18)	3.81 (3.15)	5.25 (2.37)	4.68 (3.56)	5.58 (3.69)	5.15 (3.80)	1.81 (1.91)	0.86 (1.93)	2.74 (3.72)	2.22 (2.75)	0.94 (0.02 to 1.87)	0.52 (-1.47 to 2.51)
Dolor (EVA) (0 to 10)	4.2 (2.0)	4.4 (2.4)	3.1 (1.6)	3.6 (2.0)	2.7 (1.7)	3.6 (2.0)	-1.2 (1.9)	-0.8 (1.8)	-1.1 (2.3)	-0.9 (2.0)	-0.4 (-1.3 to 0.5)	-0.2 (-1.6 to 1.1)
Destreza (NHPT) (s)	33 (15)	36 (19)	26 (8)	29 (12)	25 (5)	28 (8)	-7 (11)	-6 (10)	-12 (16)	-11 (14)	-1 (-6 to 4)	-1 (-10 to 8)

Con = grupo control, Exp = grupo experimental, EVA = escala visual analógica, NHPT = Nine-Hole Peg Test, QuickDASH = formato acortado del cuestionario *Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand*.

DISCUSIÓN

Después de una lesión ósea y de los tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos, la prescripción de un programa domiciliario de ejercicios guiados por *feedback* a través de toques y recorridos realizados en la pantalla táctil de dispositivos Tablet, en comparación con la entrega de un programa de ejercicio domiciliario en papel, aceleró el tiempo de retorno al trabajo, redujo el uso de la atención sanitaria y mejoró la recuperación en el corto plazo de la fuerza y la funcionalidad. A continuación,

CAPÍTULO II

buscamos comprobar si los beneficios observados merecen ser considerados, tanto individualmente como en su conjunto.

La estimación del efecto de la intervención experimental sobre el tiempo de retorno al trabajo (es decir, una reducción de 18 días) fue un efecto más beneficioso que el efecto previamente determinado como el “mínimo efecto útil” (“smallest worthwhile effect”), de 7 días. Sin embargo, debido a que el intervalo de confianza abarcaba el “mínimo efecto útil” (“smallest worthwhile effect”), había cierta incertidumbre acerca de si este efecto por sí solo haría que la intervención fuera clínicamente significativa. Sin embargo, se sugiere que incluso el extremo más débil de este intervalo de confianza (es decir, una reducción de 3 días) valdría la pena. El principal inconveniente de utilizar una aplicación Tablet en lugar del formato papel para prescribir y llevar a cabo programas de ejercicio domiciliario es la necesidad de un dispositivo Tablet. Los dispositivos Tablet pueden comprarse por unos pocos cientos de dólares y volverse a utilizar entre los participantes, por lo que la reducción de la pérdida de productividad obtenida al volver al trabajo 3 días antes puede ser suficiente para compensar el gasto de sustituir el soporte papel por la Tablet.

Independientemente de que se considere o no que solo el efecto sobre la variable primaria ya merece ser considerada “útil” o “que merece la pena” (*worthwhile*), es necesario valorarlo teniendo en cuenta el resto de los beneficios observados en las variables secundarias. La provisión del programa de ejercicio domiciliario a través de la aplicación ReHand también redujo el número de consultas de fisioterapia, de rehabilitación y de cirugía plástica. Además, dicha intervención mejoró la recuperación precoz de la funcionalidad y de la fuerza de la pinza. Aunque el beneficio individual estimado en cada una de las variables clínicas secundarias puede no ser “útil” o “merecer la pena” (“*worthwhile*”) desde el punto de vista clínico, considerando estos

CAPÍTULO II

beneficios en conjunto, y acompañados de la aceleración de la vuelta al trabajo, deben contribuir a que sean considerados como “útiles” o que “merecen la pena” (“*worthwhile*”). Es más, estos beneficios podrían tener una implicación económica, que también debería tenerse en cuenta para considerar el conjunto de beneficios como “útiles” o que “merecen la pena” (“*worthwhile*”).

Aunque la costo-efectividad no se evaluó formalmente, se prevén ahorros de costes por la vuelta al trabajo precoz y la reducción del uso de atención sanitaria. En un estudio con pacientes que se sometieron a transferencia tendinosa en el sistema de salud alemán, se estimó que los ahorros de costes asociados a una vuelta al trabajo precoz equivalían a 50 dólares por día (23). Tomando este cálculo como referencia para realizar una estimación con los resultados de nuestro estudio, equivaldría a un ahorro promedio de 900 dólares por paciente (IC del 95%: 150 a 1.650). Se podrían realizar fácilmente cálculos similares para el ahorro de costos debido a la reducción del número de consultas de fisioterapia, rehabilitación y cirugía plástica. En nuestro estudio no se evaluó el coste de cada sesión pero, considerando un precio por sesión de 20 dólares según un análisis previo de costos en relación con estas lesiones (23), se puede estimar un ahorro por paciente de 220 dólares únicamente teniendo en cuenta los costes de fisioterapia y terapia ocupacional. Las consultas de rehabilitación, cirugía plástica y traumatología no se evaluaron en estudios anteriores, por lo que no podemos hacer una estimación correcta de sus costes.

Existen varios mecanismos que pueden explicar los beneficios observados en las variables primarias y secundarias. Algunos ejemplos son: (i) Los participantes pueden haber encontrado el formato de ejecución del ejercicio domiciliario vía Tablet más atractivo, lo que habría generado una mayor adherencia que con el programa en papel. (ii) La progresión de los objetivos y la dosificación del ejercicio por la inteligencia

CAPÍTULO II

artificial de ReHand puede haber sido más inmediata que las reuniones presenciales semanales en el grupo control, generando una adaptación más rápida del programa de ejercicios a la patología y al momento de recuperación del paciente. (iii) La intervención puede haber activado un mecanismo más complejo a través del abordaje sensoriomotor, dando lugar a un efecto más allá del tejido lesionado, por ejemplo, en la corteza cerebral.

Este último punto es el que se sugiere como máximo responsable de dichos beneficios. Se ha demostrado que la lesión (49), la cirugía de la mano (50) y la inmovilización del miembro superior (51) tienen un efecto en la plasticidad cerebral. Además, a través de estimulación magnética transcraneal se ha observado una reducción de la activación de la corteza sensoriomotora después de la inmovilización (52,53).

Por otro lado, a través de resonancia magnética se han observado modificaciones significativas a nivel estructural que conducen a una reorganización del sistema sensoriomotor (51). En la mano, estos cambios conducen al "olvido" temporal de su funcionamiento óptimo (54), y al ineficiente control central del movimiento, que luego requerirá un reentrenamiento del movimiento (55).

Este deterioro del sistema sensoriomotor es necesario abordarlo. Una de las intervenciones que ha demostrado tener un efecto directo a este nivel es la realización de tareas que requieren gran atención (56) y que son influenciadas por la práctica (57), como las incluidas en nuestra intervención. Esos ejercicios generan cambios a nivel corticoespinal, mejorando así la función de la corteza sensoriomotora (57) y el rendimiento motor (58). Méndez-Balbuena et al. (58) sugirieron que esta optimización proviene de fenómenos tanto eferentes como aferentes. En primer lugar, esto puede ocurrir a través de la inducción de la plasticidad sináptica entre la corteza motora y las

CAPÍTULO II

alfa-motoneuronas y, por lo tanto, la inducción de la sincronización de fase. En segundo lugar, puede ocurrir a través de la percepción de la tarea motora por parte de los husos musculares, los receptores de la piel y las articulaciones, y las terminaciones secundarias, contribuyendo a la recogida de información por el sistema fusimotor y mejorando la integración sensoriomotora.

Con el objetivo de implementar este tipo de tareas en la práctica clínica, se ha propuesto la utilización de las pantallas táctiles de los dispositivos Tablet. En un estudio de 16 mujeres sanas que realizaron tres intervenciones de 10 minutos realizando acciones motoras sobre la pantalla táctil de un dispositivo Tablet, se observaron cambios en la conducción corticoespinal a las motoneuronas espinales implicadas en la destreza manual (34).

Además, es posible que las diferencias observadas en el grupo experimental también estén influenciadas por el uso de nuevas tecnologías. El uso de la telerehabilitación para las afecciones musculoesqueléticas, cuando se utiliza junto con la asistencia sanitaria convencional, ha demostrado que es más eficaz que la asistencia sanitaria convencional por sí sola (27). Específicamente, los “serious games” han demostrado generar efectos comparables a los de la fisioterapia habitual en los resultados funcionales y el dolor, cuando se emplean para la rehabilitación tras lesiones traumáticas a nivel óseo y de tejidos blandos (31).

LIMITACIONES

Una limitación de este estudio fue que no evaluó la adherencia al tratamiento de los programas de ejercicio domiciliarios, lo que podría haber ayudado a determinar el mecanismo por el cual se produjeron los beneficios clínicos.

CAPÍTULO II

Otra limitación fue que había muy pocos participantes con la misma lesión como para examinar los efectos en subgrupos, pero el amplio rango de lesiones incluidas implica que los resultados tienen una fuerte validez externa dentro de las lesiones de muñeca, mano y dedos. Los estudios futuros deberían tener como objetivo evaluar los efectos de la intervención en las lesiones específicas, es decir, analizándolas por separado.

CONCLUSION

En personas con lesiones óseas y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos, la prescripción de un programa de ejercicio domiciliario utilizando la aplicación para Tablet ReHand en lugar de los programas en papel aceleró el regreso al trabajo y mejoró la recuperación a corto plazo de la capacidad funcional y la fuerza de prensión, a la vez que redujo el número de citas de atención sanitaria necesarias.

CAPÍTULO II



CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

CHAPTER III

Exercises using a touchscreen tablet application improved functional ability more than an exercise program prescribed on paper in people after surgical carpal tunnel release: a randomised trial

Question: In people who have undergone surgical carpal tunnel release, do sensorimotor-based exercises performed on the touchscreen of a tablet device improve outcomes more than a conventional home exercise program prescribed on paper?

Design: Randomised, parallel-group trial with concealed allocation, assessor blinding, and intention-to-treat analysis.

Participants: Fifty participants within 10 days of surgical carpal tunnel release.

Intervention: Each participant was prescribed a 4-week home exercise program. Participants in the experimental group received the ReHand Tablet application, which administered and monitored exercises via the touchscreen. The control group was prescribed a home exercise program on paper, as is usual practice in the public hospital system.

Outcome measures: The primary outcome was functional ability of the hand, reported using the shortened form of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (QuickDASH) questionnaire. Secondary outcomes were grip strength, pain intensity measured on a 10-cm visual analogue scale, and dexterity measured with the Nine-Hole Peg Test. Outcomes were measured by a blinded assessor at baseline and at the end of the 4-week intervention period.

Results: At Week 4, functional ability improved significantly more in the experimental group than the control group (MD -21, 95% CI -33 to -9) on the

QuickDASH score (0 to 100). Although the mean estimates of effect on the secondary outcome also all favoured the experimental group, none reached statistical significance: grip strength (MD 5.6 kg, 95% CI -0.5 to 11.7), pain (MD -1.4 cm, 95% CI -2.9 to 0.1), and dexterity (MD -1.3 seconds, 95% CI -3.7 to 1.1).

Conclusion: Use of the ReHand tablet application for early rehabilitation after carpal tunnel release is more effective in the recovery of functional ability than a conventional home exercise program. It remains unclear whether there are any benefits in grip strength, pain or dexterity.

CAPÍTULO III

Los ejercicios realizados mediante una aplicación para la pantalla táctil de la Tablet mejoraron la funcionalidad más que un programa de ejercicios prescrito en papel en personas sometidas a una liberación del túnel carpiano: ensayo clínico aleatorizado

Pregunta: En personas que han sido sometidas a una liberación quirúrgica del túnel carpiano, ¿los ejercicios basados en el abordaje sensoriomotor y realizados en la pantalla táctil de la Tablet mejoran la recuperación clínica más que un programa domiciliario de ejercicios prescrito en papel?

Diseño: Ensayo clínico aleatorizado de grupos paralelos con asignación oculta, cegado del evaluador y análisis por intención de tratar.

Participantes: Cincuenta participantes dentro de los 10 días desde la liberación quirúrgica del túnel carpiano.

Intervención: A cada participante se le prescribió un programa de ejercicios domiciliario de 4 semanas. Los participantes del grupo experimental recibieron la aplicación para Tablet ReHand, que proporcionó y monitorizó los ejercicios a través de la pantalla táctil. Al grupo control se le prescribió un programa de ejercicios domiciliarios en papel, como es la práctica habitual en los hospitales del sistema público.

Variables: La variable principal fue la funcionalidad, evaluada mediante la forma abreviada del cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (QuickDASH). Las variables secundarias fueron la fuerza de prensión, la intensidad del dolor medida en una escala visual analógica de 10 cm y la destreza medida con el Nine Hole Peg Test. Las variables fueron evaluadas por un evaluador cegado previa a la primera intervención y al final del período de intervención de 4 semanas.

CAPÍTULO III

Resultados: A las 4 semanas, la funcionalidad mejoró significativamente más en el grupo experimental que en el grupo control (MD -21, 95% CI -33 a -9) en la puntuación del cuestionario QuickDASH (0 a 100). Aunque las “estimaciones medias del efecto” (“mean estimates of effect”) de las variables secundarias también favorecieron al grupo experimental, ninguna alcanzó a ser estadísticamente significativa: fuerza de prensión (DM 5,6 kg, IC del 95%: -0,5 a 11,7), dolor (DM -1,4 cm, IC del 95%: -2,9 a 0,1) y destreza (DM -1,3 segundos, IC del 95%: -3,7 a 1,1).

Conclusión:

En personas tras liberación del túnel carpiano, la prescripción de un programa de ejercicios domiciliarios guiados por *feedback* utilizando una aplicación para Tablet en lugar de un programa convencional en papel mejoró la recuperación a corto plazo de la funcionalidad. Sigue sin estar claro si existen beneficios en la fuerza de prensión, el dolor o la destreza.

INTRODUCCIÓN

Si en el resto de los capítulos hacíamos hincapié en la lesión ósea y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos, en este tercer capítulo nos centramos únicamente en la afectación ortopédica, en concreto en la rehabilitación tras la intervención de liberación del túnel carpiano, debido fundamentalmente a la alta incidencia de este síndrome y a la afectación a nivel central que genera.

El síndrome del túnel carpiano es una neuropatía focal y compresiva, originada por un aumento de la presión en el canal carpiano, que da lugar a una compresión del nervio mediano y a una disminución de la perfusión nerviosa, lo que produce molestias y parestesia en la mano (59,60). La descompresión del túnel carpiano es el tratamiento quirúrgico aceptado cuando fracasan las medidas conservadoras (59), y la tasa de intervención quirúrgica después del tratamiento conservador inicial se sitúa entre el 57 y el 66% (60). La liberación a cielo abierto del túnel carpiano es la técnica quirúrgica estándar (59).

La inmovilización postquirúrgica, a pesar de la escasa evidencia científica reportando su valor (25,61,62) y la existencia de evidencia de nivel 1 acerca de su falta de beneficio (63), sigue siendo empleada por aproximadamente la mitad de los cirujanos, aunque el número de profesionales que la fomentan está disminuyendo anualmente (63). Varios grupos de autores han demostrado que no se obtiene ningún beneficio de la inmovilización postoperatoria en comparación con el vendaje blando que permite el movimiento después de la liberación del túnel carpiano (64–66). Otros estudios han reportado que la movilización temprana da lugar a una mejora del dolor, y la fuerza de prensión y pinza (67), así como a una reducción del tiempo para volver a las actividades de la vida diaria y para la reincorporación laboral (67,68), en comparación con la

inmovilización. En base a esta evidencia, las directrices europeas (24) establecen que los ejercicios deberían ser considerados para el período postoperatorio.

Como manifestamos en la Introducción General, según la revisión de Huisstede et al. (25) los programas de ejercicios domiciliarios tienen efectos similares a los de la rehabilitación presencial sobre la funcionalidad, la destreza y la fuerza, tras la liberación del túnel carpiano. En uno de los estudios revisados, Provinciali et al. (69) compararon un programa de rehabilitación multimodal con un programa de ejercicios domiciliarios de dos semanas de duración en una muestra de 100 participantes; no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en el Boston Carpal Tunnel Questionnaire, la prueba de Jebsen-Taylor y el 9-Hole Peg Test después de 3 meses de seguimiento. Pomerance et al. (26) compararon, en una muestra de 150 participantes, el tratamiento presencial realizado por un terapeuta de mano con un programa de ejercicios domiciliario; no encontraron diferencias significativas en el dolor, en la fuerza de prensión y pinza, ni en la funcionalidad medida con el cuestionario “Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand” (DASH), después de 3 y 6 meses de seguimiento (26). Así, estos últimos autores concluyen la falta de justificación de la rehabilitación presencial en pacientes con incisiones cortas convencionales que no presentan complicaciones, frente a la prescripción de programas de ejercicios domiciliarios.

El síndrome del túnel carpiano no es sólo un problema periférico. Tiene una implicación central que la rehabilitación -incluidos los programas de ejercicio domiciliario- debe abordar. Esta implicación central se caracteriza por la reorganización cortical causada por la disfunción crónica del nervio mediano y la alteración de la aferencia somatosensorial (70). En las personas con síndrome del túnel carpiano, esto repercute en la integración sensoriomotora y el rendimiento motor (71,72), lo que da lugar a déficits en la manipulación hábil y en el control de la distribución de la fuerza en los dedos

(73,74). Esas capacidades son básicas para las actividades de la vida diaria, y se relacionan directamente con la limitación de la funcionalidad y el deterioro de la calidad de vida de las personas con síndrome del túnel carpiano.

Como hemos explicado en anteriores capítulos, diferentes autores han propuesto el potencial de las pantallas táctiles de los dispositivos Tablet para abordar esta reorganización cortical, a través de tareas guiadas por *feedback* y orientadas a objetivos concretos. El objetivo, por tanto, consiste en evaluar si, en pacientes con patología ortopédica representativa por su alta incidencia como es la liberación quirúrgica del túnel carpiano, la intervención mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet, en comparación con los programas convencionales de ejercicio en papel, ambos utilizados como única forma de tratamiento, genera un beneficio en la recuperación clínica.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

Ensayo controlado aleatorizado de dos grupos paralelos con cegado del evaluador, realizado entre noviembre de 2018 y enero de 2019, en los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío de Sevilla. El estudio fue previamente aprobado por el Comité Ético de Investigación de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocío y registrado en la ANZCTR (Australian New Zealand Clinical Trials Registry) con el número de registro ACTRN12618001887268.

Muestra y examinadores

CAPÍTULO III

La muestra estuvo conformada por pacientes de entre 18 y 65 años sometidos a una liberación quirúrgica del túnel carpiano, en los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío de Sevilla.

Dos cirujanas de mano experimentadas realizaron el cribado en función de los siguientes criterios de inclusión: (i) diagnóstico de síndrome de túnel carpiano basado en historia médica, examen clínico y estudios de conducción nerviosa, (ii) liberación quirúrgica de túnel carpiano con un enfoque quirúrgico estándar no más de 10 días antes de la medición inicial; (iii) disponibilidad de un dispositivo Tablet por el paciente durante el tiempo de estudio. Se excluyó a los posibles participantes si tenían: (i) antecedentes de trastornos neurológicos, psiquiátricos o cognitivos; (ii) o un plan para recibir fisioterapia durante el período de estudio de cuatro semanas.

Tras la confirmación de la elegibilidad y la medición de las variables al inicio, otro investigador asignó aleatoriamente a los participantes mediante un programa de asignación aleatoria generado por ordenador, sin conocimiento de los resultados de las mediciones basales. Este investigador también: (i) explicó cómo llevar a cabo la intervención asignada; (ii) pidió al participante que no revelara esta intervención a ninguno de los investigadores del estudio; (iii) respondió a cualquier pregunta del participante; (iv) proporcionó apoyo telefónico; (v) monitorizó a los participantes semanalmente.

Dado que no fue posible cegar a los participantes, se procuró que éstos no supieran los detalles de la intervención que se asignaba al grupo opuesto. Por esta razón, las dos intervenciones se describieron en la hoja de información como programas de ejercicios domiciliarios en formatos diferentes.

CAPÍTULO III

De los 72 sujetos examinados, 50 cumplieron finalmente los criterios de selección y completaron el estudio (N=50). La edad media de los participantes fue de 50 años (DT 8), de los cuales 9 (18%) eran hombres y 41 (82%) mujeres. La edad media de los participantes en el grupo experimental fue de 51 años (DT 8), de los cuales 3 eran hombres y 22 mujeres. La edad media de los participantes en el grupo control fue de 49 años (DT 7), de los cuales 6 eran hombres y 19 mujeres. Al inicio, ambos grupos presentaron características similares en todas las variables.

Evaluación de la funcionalidad

La funcionalidad medida a través del cuestionario autoadministrado Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) se considera una de las principales mediciones en la investigación del túnel carpiano (62). Tal y como definimos ampliamente en el capítulo anterior, se empleó la forma abreviada del cuestionario DASH (QuickDASH), presente en el Anexo 3.

Evaluación de la fuerza de prensión

La fuerza de prensión se evaluó utilizando un dinamómetro hidráulico. Los participantes estaban sentados cómodamente, con ambos pies en el suelo, los hombros aductos y neutralmente rotados, el codo del miembro a evaluar flexionado a 90 grados, el antebrazo en rotación neutra, y la muñeca entre 0 y 30 grados de dorsiflexión y entre 0 y 15 grados de desviación cubital. Se realizaron tres pruebas sucesivas para cada medición, con 30 segundos de descanso entre cada prueba. En el análisis se utilizó la media de las tres mediciones. Este procedimiento ha sido empleado previamente para la

CAPÍTULO III

evaluación de la fuerza de prensión en pacientes que han sido sometidos a intervención quirúrgica de túnel carpiano (75), y ha sido documentado como fiable (76).

Evaluación del dolor

La intensidad del dolor se evaluó en una escala analógica visual de 0 a 10 cm, en la que una puntuación de 0 equivalía a "ningún dolor" y 10 a "el dolor más intenso".

Evaluación de la destreza

La destreza se evaluó usando el Nine Hole Peg Test, usando el mismo procedimiento que el definido en el capítulo III.

Intervenciones

A todos los participantes se les prescribió un programa de ejercicio domiciliario realizado de forma autónoma, debiendo completar una sesión diaria al menos 5 días a la semana, durante 4 semanas. El programa de ejercicios duró aproximadamente 25 minutos por sesión.

Intervención específica en el grupo experimental

Para la prescripción del programa de ejercicios domiciliario del grupo experimental se usó ReHand, que cuenta con las funcionalidades descritas en la Introducción General. En el grupo experimental, se diseñó un programa de ReHand específico para la rehabilitación temprana tras la liberación del túnel carpiano, que se describe en detalle

en la Tabla 6, con una duración aproximada de 25 minutos. Para ayudar a los participantes a entender cada ejercicio de su programa individualizado, tras la aleatorización un investigador proporcionó a cada uno de los participantes una demostración inicial de 5 minutos acerca de cómo realizar cada ejercicio, información sobre cómo descargar la aplicación desde fuentes Android e iOS, provisión de un nombre de usuario y una contraseña, y asistencia telefónica. Además, la aplicación ReHand dispone de vídeos acerca de la ejecución óptima de cada uno de los ejercicios incluidos en el programa personalizado.

Tabla 6. Descripción del programa de ejercicios del grupo experimental para la rehabilitación tras liberación quirúrgica del túnel carpiano.

Ejercicios	Repeticiones
Ejercicio de pinza con el dedo índice, realizando un movimiento controlado en un rango de no dolor guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de pinza con el dedo medio, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de pinza con el dedo anular, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de flexo-extensión del dedo índice, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de flexo-extensión del dedo medio, realizando un movimiento controlado en un rango no doloroso guiado por <i>feedback</i>	4
Ejercicio de coordinación óculo-manual, realizando pulsaciones en la pantalla con cada dedo al cambiar los círculos de color	4
Mano abierta y dedos extendidos, muñeca estabilizada y meñique en contacto con la pantalla de la Tablet. Movimiento controlado de flexo-extensión guiado por <i>feedback</i> en un rango no doloroso	4
Mano cerrada rodeando un bolígrafo táctil, muñeca estabilizada y bolígrafo táctil en contacto con la pantalla de la Tablet. Movimiento controlado de flexo-extensión guiado por <i>feedback</i> en un rango no doloroso	4

Intervención específica en el grupo control

CAPÍTULO III

Los participantes del grupo control recibieron el programa convencional de ejercicios domiciliarios en papel. Este programa se utiliza usualmente en el Sistema Sanitario Público Andaluz para la rehabilitación temprana tras la liberación quirúrgica del túnel carpiano. Los ejercicios se basan en la movilidad del miembro superior, haciendo hincapié en los ejercicios relacionados con la mano. Estos ejercicios se detallan en la Tabla 7. El seguimiento de los ejercicios realizados por el participante fue realizado semanalmente por uno de los investigadores mediante una llamada telefónica.

Tabla 7. Descripción del programa de ejercicio en el grupo control.

Ejercicios	Series	Reps.
Hacer un puño y luego extender los dedos	3	15
Con la mano abierta y los dedos extendidos, extender al máximo los dedos	3	15
Con la mano abierta y los dedos extendidos, separar al máximo los dedos	3	15
Contactar cada uno de los pulpejos de los dedos con el pulpejo del pulgar	3	15
Con el puño semi-cerrado, realizar movimientos circulares de la muñeca	3	15
Con la mano abierta y dedos extendidos, realizar una desviación radial y luego una desviación cubital	3	15
Con el puño semi-cerrado, realizar movimientos de flexo-extensión de la muñeca	3	15
De pie o sentado en una silla, extender el codo de manera que el miembro superior cuelgue al lado del cuerpo	3	10
Desde la posición anterior, levantar lentamente el miembro superior hasta el plano horizontal con el codo en extensión	3	10
Desde la posición anterior, flexionar el codo y tocar el hombro homolateral con los dedos	3	10

RESULTADOS

Cumplimiento del protocolo de estudio

Todos los participantes recibieron la intervención correspondiente de acuerdo con su grupo asignado, y se sometieron a las mediciones basales y finales. Ninguno de los participantes reveló su grupo al evaluador.

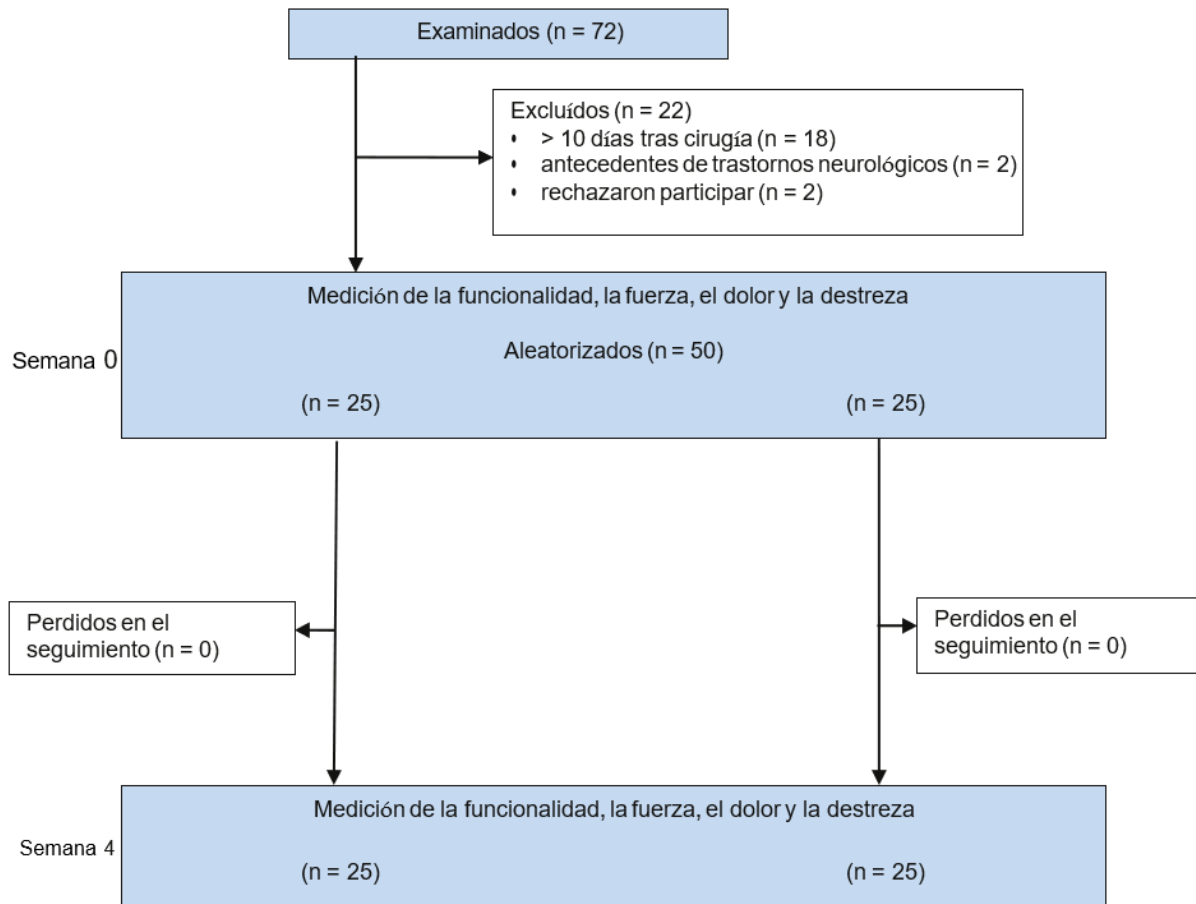


Figura 8. Diseño y flujo de participantes en el ensayo clínico del Capítulo III.

Efecto de la intervención

La funcionalidad, variable principal, (evaluada del 0 al 100 con el cuestionario QuickDASH) favoreció al grupo experimental a las 4 semanas (DM -12, IC del 95%: -22 a -3). Todos los demás resultados tuvieron “estimaciones medias del efecto” (“mean estimates of effect”) que favorecían a la intervención experimental, pero todos tenían intervalos de confianza que eran demasiado imprecisos para indicar claramente si el verdadero efecto era beneficioso: fuerza de prensión (DM 5,6 kg, IC del 95%: -0,5 a

11,7), dolor (DM -1,4 cm, IC del 95%: -2,9 a 0,1) y destreza (DM -1,3 segundos, IC del 95%: -3,7 a 1,1). Estos resultados se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8. Media (SD) de los grupos, diferencia media (SD) intra-grupos, y diferencia media (95% CI) inter-grupos.

Variable	Grupos				Diferencia intra-grupo		Diferencia inter-grupos
	Semana 0		Semana 4		Semana 4 menos Semana 0		Semana 4 menos Semana 0
	Exp (n = 25)	Con (n = 25)	Exp (n = 25)	Con (n = 25)	Exp	Con	Exp menos Con
Funcionalidad (QuickDASH) (0 to 100)	73 (14)	66 (24)	39 (24)	53 (24)	-34 (18)	-13 (24)	-21 (-33 to -9)
Dolor (EVA) (0 to 10)	5.1 (2.6)	4.8 (2.9)	4.0 (2.7)	5.0 (3.2)	-1.2 (2.8)	0.2 (2.3)	-1.4 (-2.9 to 0.1)
Destreza (NHPT) (s)	22.7 (3.9)	23.4 (5.3)	18.1 (2.3)	20.1 (4.7)	-4.6 (3.6)	-3.3 (4.6)	-1.3 (-3.7 to 1.1)
Fuerza de prensión (kg)	17.6 (12.0)	17.4 (14.7)	31.6 (12.7)	25.9 (13.1)	14.1 (12.2)	8.5 (8.9)	5.6 (-0.5 to 11.7)

Con = grupo control, Exp = grupo experimental, EVA = escala visual analógica, NHPT = Nine-Hole Peg Test, QuickDASH = formato acortado del cuestionario *Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand*.

DISCUSIÓN

Después de la liberación quirúrgica del túnel carpiano, la prescripción de un programa domiciliario de ejercicios guiados por *feedback* a través de toques y recorridos realizados en la pantalla táctil de dispositivos Tablet, en comparación con la entrega de un programa de ejercicio domiciliario en papel, mejoró la recuperación en el corto plazo de la funcionalidad. Estos resultados sugieren una rehabilitación más efectiva tras dicha

intervención que con el empleo de la prescripción de los ejercicios convencionales en papel.

Es importante considerar si el efecto observado en la variable principal es “útil” o “merece la pena” (“*worthwhile*”) desde el punto de vista clínico. El protocolo de este estudio no designó prospectivamente el “mínimo efecto útil” (“*smallest worthwhile effect*”) sobre la variable principal, que permitiría concluir si sería “útil” o “merecería la pena” (“*worthwhile*”) o no el uso de esta tecnología para la ejecución del programa de ejercicios, en lugar de emplear el programa convencional en papel. No obstante, parece razonable suponer que este “mínimo efecto útil” (“*smallest worthwhile effect*”) sea mínimo, dado que los costos, riesgos e inconvenientes de las intervenciones en el grupo experimental y control en el estudio no fueron muy diferentes.

Más concretamente, las aplicaciones son por lo general poco costosas, el riesgo de efectos adversos fue bajo en ambos grupos (ninguno de los participantes de los dos grupos informó de algún evento adverso), y el tiempo y el esfuerzo necesarios para realizar los ejercicios fue muy similar en ambos grupos.

Un factor que aumentaría el coste de la intervención experimental sería el suministro de un dispositivo Tablet a los pacientes que no tienen acceso a uno. Sin embargo, muchos pacientes ya tienen uno o tienen acceso -aunque sea temporal de un familiar o conocido- a uno de estos dispositivos, e incluso una institución podría entregarlas en préstamo con la aplicación experimental instalada a los sucesivos pacientes después de la liberación del túnel carpiano. Por tanto, se considera que la estimación media del efecto (21 puntos de beneficio extra en el QuickDASH de 100 puntos totales, solo por el uso de la aplicación Tablet en lugar del programa en papel) haría que la intervención fuera “útil” o “mereciera la pena” (“*worthwhile*”). Podría decirse que incluso el extremo inferior del

intervalo de confianza (es decir, 9 puntos extra de mejora por el uso de la aplicación) podría ser considerado de interés por los pacientes, especialmente los que ya tienen una Tablet.

También es importante examinar si los resultados de las variables primarias y secundarias son fiables y coherentes con otras investigaciones. La fiabilidad del resultado de la variable principal está bien respaldada por la solidez de los métodos del estudio, que incluyen la asignación oculta, el cegamiento del evaluador, el seguimiento completo y el análisis por intención de tratar. Por tanto, es poco probable que el resultado estadísticamente significativo sobre el resultado primario sea un error de tipo I (es decir, un hallazgo casual) porque se registró de manera prospectiva y sólo se realizaron cuatro pruebas estadísticas en total. No obstante, cabe señalar también que el resultado primario fue una medida subjetiva y que los beneficios observados no se hallaron en otras variables cuya medición es objetiva, lo que plantea la posibilidad de un efecto de "paciente cortés". Sin embargo, los participantes no fueron conscientes de la intervención del grupo opuesto, lo que debería haber minimizado la posibilidad de tal efecto. Además, se puede obtener una mayor comprensión de los resultados secundarios si se examinan cada uno de ellos individualmente.

Los datos sobre la fuerza de prensión son bastante consistentes con la evidencia científica. En el presente estudio, la fuerza de prensión aumentó de 17,4 a 25,9 kg en el grupo control. Este valor en el grupo control después de 4 semanas de intervención es similar a los datos observados por Pomerance et al. (26), en los que, después de 4 semanas de ejercicios domiciliarios se observó una fuerza de agarre de 24 kg. La diferencia media intergrupo en la fuerza de prensión en el presente estudio fue de 5,6 kg a favor del grupo experimental. Si bien este resultado no presenta significación estadística, el intervalo de confianza incluye la posibilidad de que el verdadero efecto

CAPÍTULO III

medio sea superior a 11 kg. Este aumento de la fuerza podría justificarse parcialmente por las conclusiones de Kamath et al. (77), según las cuales la mejora de la fuerza de prensión fue mayor entre el décimo día y el tercer mes después de la operación.

Nuestra hipótesis fue que el trabajo incluyendo el abordaje sensoriomotor, controlado y temprano que permite ReHand podría acelerar la recuperación de la fuerza. La recuperación temprana de la fuerza también puede estar relacionada con la mejora de otras medidas, como la funcionalidad y el dolor, alineándose con hallazgos de estudios anteriores. Por ejemplo, Pomerance et al. (26) hallaron un promedio de 18 sobre 100 y 1 sobre 10 puntos en las puntuaciones de funcionalidad y dolor, respectivamente, después de 6 meses de ejercicios domiciliarios tras la liberación del túnel carpiano. Esta progresión de la puntuación de la funcionalidad se ajusta a los resultados obtenidos en nuestro grupo control, en el que la puntuación de la funcionalidad mejoró de 66 a 53 puntos durante 1 mes de ejercicios convencionales, lo que sugiere que los participantes podrían seguir una evolución similar a la de Pomerance et al. (26) a los 6 meses. Sin embargo, también hay que considerar el final menos favorable del intervalo de confianza. Este efecto adverso insignificante (es decir, 0,5 kg menos de mejora en la fuerza de prensión) es tranquilizador porque, incluso en el peor de los casos, muestra que la mejora de la variable principal se obtuvo sin perjuicio sustancial de la recuperación de la fuerza de prensión.

La siguiente variable secundaria fue la destreza evaluada mediante el Nine-Hole Peg Test donde, al igual que en la fuerza de prensión, aunque las diferencias no obtuvieron significación estadística, sí que presentaban una estimación media que favoreció a la intervención del grupo experimental, con un intervalo de confianza que sólo se introdujo de forma muy leve en el rango perjudicial. Es decir, en el peor de los casos, 1 segundo menos de mejora en una prueba que tiene una duración media de unos 20

CAPÍTULO III

segundos. Por tanto, aunque no es seguro, sí que es posible que la mejora de la funcionalidad se deba a la mejora de la destreza (lo que sería plausible, dado que muchos de los ítems del cuestionario QuickDASH contienen un componente de destreza).

Para explicar los efectos generados por la intervención que dan lugar a tales resultados, se sugiere que podrían surgir de la mejora del sistema sensoriomotor tanto a nivel periférico como central, logrando una capacidad mayor y más controlada de activar unidades motoras, optimizando el reclutamiento de la musculatura implicada. La destreza manual está relacionada con el óptimo desarrollo y función del sistema corticoespinal (78). El principal contribuyente al sistema corticoespinal en los primates es la corteza motora primaria, que está relacionada directamente con la corteza somatosensorial primaria. Por tanto, la alteración de la corteza somatosensorial primaria condiciona el funcionamiento de la corteza motora primaria (79). La coherencia entre la actividad cortical registrada por electroencefalografía y la actividad muscular recogida mediante electromiografía se ha utilizado previamente para evaluar esta relación, proporcionando datos sobre el estado de la información enviada desde la corteza motora y su transmisión a las motoneuronas espinales durante la activación muscular (80).

Estudios anteriores han demostrado que la realización de tareas que requieren gran atención y precisión (56) y están influenciadas por la práctica (57) (como las actividades propuestas con la aplicación Tablet del grupo experimental) tienen un impacto en esta coherencia, generando cambios a nivel corticoespinal que reflejan una optimización en la integración sensoriomotora entre la corteza y el músculo (57), logrando mejoras en el rendimiento motor (58). Este fue uno de los resultados obtenidos por Larsen et al. (34) a través de la práctica motora en tabletas (3 x 10 minutos) con la mano no dominante en 16 mujeres sanas. Así pues, se propone que mediante la ejecución de este tipo de tareas

CAPÍTULO III

se puede facilitar la comunicación entre la corteza motora y las motoneuronas, induciendo y reforzando la plasticidad sináptica entre ambas estructuras, y una mayor coherencia (58).

Un efecto significativo de la intervención en la destreza tendría un gran potencial para justificar la existencia de este mecanismo, que incluso podría ser objeto de futuras investigaciones. Mientras tanto, podemos suponer que la mejora de la funcionalidad puede o no provenir de una mayor destreza, pero ciertamente no se produce a expensas de un detrimento sustancial de la misma.

La variable secundaria restante es el dolor, que tiene un papel fundamental en esta sincronía cortical. Como uno de los principales generadores de la alteración de las representaciones en la corteza somatosensorial primaria (81), el dolor crea una redistribución de la actividad dentro de un músculo (82) y cambia el comportamiento mecánico del movimiento (83). Esto sugiere que las actividades indoloras controladas (como las realizadas en ReHand mediante la calibración previa al ejercicio para permitir un ejercicio dentro del rango no doloroso) son apropiadas porque tratan de eludir los mecanismos que causan la alteración del sistema sensoriomotor, proporcionando un estímulo para volver al patrón inicial. Por lo tanto, se esperaría que una reducción del dolor en el grupo experimental hubiera contribuido a mejorar la funcionalidad. Sin embargo, una vez más, aunque el resultado no fue significativo, la estimación media favoreció al grupo experimental, y el intervalo de confianza excluyó todos los efectos perjudiciales salvo el más trivial, de 0,1 puntos menos de mejora en la escala analógica visual de dolor de 10 puntos.

Otra posible explicación de la presencia del efecto en la variable primaria pero no en el resto de variables podría ser la mayor variabilidad de las variables secundarias. Por

CAPÍTULO III

ejemplo, la acción fundamental del Nine-Hole Peg Test consiste en agarrar pequeños objetos. Esta acción implica dos movimientos: un movimiento controlado y preciso del índice y el pulgar para realizar la pinza, y otra acción que transporta la mano de ejecución (84). En las personas con síndrome del túnel carpiano, la desorganización a nivel central (71) puede causar una alteración en la función de todo el miembro superior, lo que correspondería a un aumento de la variabilidad a la hora de transportar la mano ejecutora (85). Esto puede tener un efecto en la cinemática de todo el miembro superior, ya que diferentes movimientos coordinados de todo el miembro superior (incluidos el codo y el hombro) participan en el transporte de la mano durante la ejecución del Nine-Hole Peg Test. Además, hubo una mejora considerable en el grupo experimental (de 22,7 a 18,1 segundos) y en el grupo control (de 23,4 a 20,1 segundos), lo que acercó a los participantes -especialmente a los del grupo experimental- a los valores normativos de 19 segundos en los hombres y 17,7 segundos en las mujeres (47).

Por lo tanto, para resumir todos los resultados de las variables secundarias: se desconoce si la mejora de la funcionalidad pudo deberse a mejoras en el dolor, la destreza y/o la fuerza, pero está claro que el beneficio significativo sobre la variable primaria se logró sin perjuicio sustancial de la recuperación en las tres variables secundarias.

LIMITACIONES

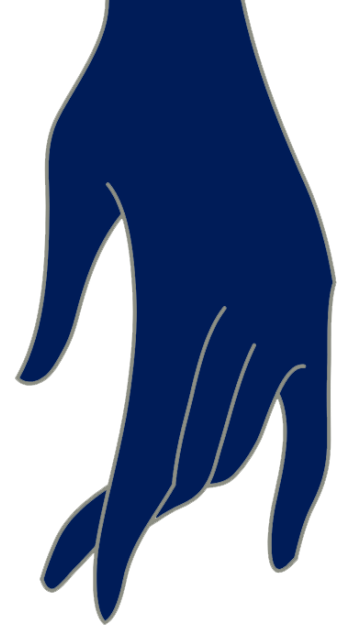
A continuación, se exponen algunas limitaciones. No se hicieron mediciones durante el período de tratamiento ni en el seguimiento posterior a la intervención. Esas medidas habrían ayudado a revelar la evolución de los beneficios observados, y saber si se mantuvieron o no. También podrían haber ayudado a discernir si los resultados de las

variables en el grupo control habrían alcanzado los del grupo experimental y cuándo. Otra limitación fue la ausencia de variables de costo-utilidad. Éstas podrían haber indicado los efectos de la intervención experimental en el consumo de recursos sanitarios en función de la calidad de vida reportada por los participantes.

CONCLUSION

En resumen, estos datos sugieren que un programa domiciliario realizado con la aplicación para Tablet ReHand para la rehabilitación precoz tras la liberación quirúrgica del túnel carpiano parece ser más eficaz en la recuperación de la funcionalidad que un programa domiciliario convencional prescrito en papel. Las investigaciones futuras deberían tratar de aclarar los efectos sobre las variables secundarias, que parecen prometedores pero que siguen siendo inciertos debido a la imprecisión de las estimaciones entre los grupos. Estos estudios futuros también podrían investigar el posible efecto sobre otras variables, como el sistema propioceptivo, la calidad de vida o el consumo de recursos, así como el efecto sobre otras patologías traumáticas de alta incidencia, como las fracturas distales del radio.

CAPÍTULO III



DISCUSIÓN GENERAL

DISCUSIÓN GENERAL

DISCUSIÓN GENERAL

Tal y como se expuso en la Introducción General, la siguiente memoria de tesis gira en torno a un único eje de actuación, que es el de evaluar el efecto de un nuevo formato de ejercicio a través de las pantallas táctiles, sobre la recuperación tras la patología ósea y del tejido blando del segmento muñeca-mano-dedos.

Para ello, dicho eje de actuación ha tenido que segmentarse permitiendo: el estudio de las líneas de investigación actuales y futuras en la intervención con ejercicio terapéutico sobre el segmento, la evaluación de la efectividad de dicho formato innovador de ejercicios empleado como complemento a la terapia presencial sobre la lesión ósea y del tejido blando del segmento, y la evaluación de esta efectividad pero empleando dicha intervención como única intervención, específicamente sobre el túnel carpiano intervenido.

El Capítulo I ha permitido visualizar y comprender el campo de conocimiento existente acerca de la intervención a través de ejercicio de la lesión ósea y del tejido blando del segmento muñeca-mano-dedos. Tal y como hemos observado, y si bien existe un consenso acerca de los beneficios del ejercicio en diferentes trastornos musculoesqueléticos (36), existe controversia en la efectividad de los programas de ejercicio en el segmento muñeca-mano-dedos. Por un lado, en dicho segmento existe un amplio campo de conocimiento demostrando los beneficios del ejercicio -combinado con recomendaciones y/o educación- en la reducción de intervenciones quirúrgicas, mejoría percibida por el paciente y satisfacción (37), dolor, actividad (16), fuerza y funcionalidad (18–21). Por otro lado, autores como Bruder et al. han pasado de corroborar el beneficio del ejercicio en el segmento a cuestionar dichos beneficios en los últimos años. Bruder et al., en su revisión sistemática de 2011 (86), concluye que

existe evidencia suficiente para confirmar el efecto de los programas de ejercicio en la reducción de la discapacidad y en la función del miembro superior tras una fractura del mismo. Sin embargo, los mismos autores, tras la ejecución y posterior publicación en 2016 de un ensayo clínico multicéntrico aleatorizado (40), comparando tras fractura de radio distal un programa de ejercicio progresivo y educación estructurada versus el programa de educación estructurada únicamente, concluyen que el ejercicio no consigue un beneficio extra en la funcionalidad del paciente. El año siguiente, en 2017, Bruder et al. (14) reafirma su postura acerca de la aparente escasez de beneficios del ejercicio en la patología del segmento muñeca-mano-dedos. En concreto los autores, en esta revisión sistemática de 2017 acerca de los programas de ejercicio para la rehabilitación tras diferentes fracturas de miembro superior, concluyen que existe evidencia emergente de que los regímenes de ejercicio prescritos actualmente pueden no ser eficaces para reducir la disfunción y mejorar la actividad tras una de estas fracturas. En cambio, según los autores, sí que sería efectivo empezar a hacer ejercicio pronto combinado con un periodo de inmovilización más corto, comparado con el ejercicio tras un periodo de inmovilización más largo, aunque no sería posible conocer cuál es el efecto por sí solo del ejercicio o de la reducción del periodo de inmovilización, ya que siempre se han aplicado combinados.

Un elemento importante en esta revisión sistemática de 2017 fue el análisis por parte de los autores acerca de las causas de esta falta de beneficio de los ejercicios en el segmento muñeca-mano-dedos. Se sugiere que la dosis empleada en los programas de ejercicios convencionales, en variables como la intensidad, duración, repetición o progresión, es demasiado baja para lograr una remodelación de los tejidos blandos o un efecto verdaderamente desafiante en el sistema neuromuscular.

Aunque en el Capítulo I nuestras investigaciones respaldan la concepción de estos autores, incidiendo en la necesidad de optimizar los ejercicios incluidos hacia una perspectiva más funcional, de alta repetición y con carácter desafiante, es necesario que nuestro respaldo se considere como parcial. Bruder et al. en esta revisión, para justificar la insuficiente dosis empleada en los programas de ejercicios convencionales, se basa en dos preceptos más que limitados.

Primero, su justificación de la insuficiencia de la dosis se sustenta en la evidencia acerca de la duración mínima del estiramiento para conseguir una adaptación estructural duradera de los tejidos blandos. De esta manera, basándose en la revisión sistemática Cochrane de 2010 (87) sugiere que, si la prescripción de al menos 30 minutos de estiramiento al día es requerida para ganar rango de movimiento y mejorar la extensibilidad de los tejidos, la duración de los programas de ejercicios convencionales no sería suficiente. Este análisis de Bruder et al. debe ser considerado solo correcto parcialmente. A pesar de que los autores de dicha revisión sistemática Cochrane señalen que, según los estudios previos de William et al. (88), el estiramiento diario durante 30 min. del sóleo de ratones aumenta el rango de movimiento, previene la pérdida de sarcómeros y aumenta el número de sarcómeros en serie en dicha musculatura cuando está inmovilizada en una posición de acortamiento, los mismos autores concluyen en su revisión que el estiramiento no genera efectos clínicamente relevantes sobre la movilidad articular en personas con, o con el riesgo de, desarrollar contracturas, si se desarrollan por menos de 7 meses. Estas conclusiones son reafirmadas también en la revisión sistemática Cochrane más actualizada acerca del estiramiento para el tratamiento y la prevención de contracturas, publicada en 2017 (89). Según ésta, existe una evidencia de alta calidad de que el estiramiento no genera efectos clínicamente relevantes sobre la movilidad en personas con o sin condiciones neurológicas, en el caso

de que sea aplicado durante menos de siete meses, por lo que Bruder et al. no debería haberse basado en tales afirmaciones para justificar la insuficiencia de la dosis.

En segundo lugar, y para reafirmarse en la escasa dosis de los ejercicios convencionales, Bruder et al. destaca que, para la mejora de la fuerza muscular, la intensidad de los ejercicios debería ser del 60 al 70% de 1RM (repetición máxima) y progresar entre el 2 y el 10%, para asegurar que el sistema neuromuscular sea continuamente retado. De nuevo, Bruder et al. realiza una interpretación de la evidencia que no podemos identificar como correcta, sin dejar patente en su discusión que estos parámetros de intensidad y progresión han sido extraídos del estudio de personas sanas, sin ninguna condición (90). Nuestras reflexiones acerca de la complejidad de aplicar estos parámetros de dosificación del ejercicio a personas con condiciones musculoesqueléticas son compartidas por otros autores como Sgramolo et al. (91) que, en pacientes con fractura distal de radio, destaca la complejidad en la aplicación de dichos parámetros de dosificación dadas las limitaciones de carga generadas por la patología o intervención.

Sin embargo, y pese a haber sugerido que las afirmaciones formuladas por Bruder et al. deben ser consideradas solo parcialmente por los sesgos identificados, sí que debemos tomar en consideración su advertencia acerca de la necesidad de modificar los programas de ejercicios convencionales, debido a la evidencia emergente acerca de que estos programas puedan no ser efectivos en la reducción de la discapacidad y en mejorar la actividad tras la fractura de miembro superior. No obstante, nuestros estudios sugieren que la explicación acerca de esta falta o menor efectividad defendida por Bruder et al. está más relacionada con la plasticidad cerebral y la conducción corticoespinal. Es decir, con la falta del abordaje de estas esferas con los programas convencionales de ejercicio domiciliario.

DISCUSIÓN GENERAL

Tal y como se ha explicado en anteriores capítulos, la lesión (49) y la cirugía de la mano (50), así como la inmovilización del miembro superior (51), tienen un efecto en la plasticidad cerebral a través de diferentes mecanismos corticoespinales (70), generando modificaciones estructurales que conducen a una reorganización del sistema sensoriomotor (51). Esto genera un "olvido" temporal del óptimo funcionamiento (54), impactando en la actividad motora, produciendo alteraciones en la manipulación hábil y en el control de la distribución de la fuerza de los dedos (73,74) y, por tanto, generando un ineficiente control central del movimiento, que requerirá un reentrenamiento del movimiento (55).

Intervenciones basadas en tareas que requieren gran atención (56) y que son influenciadas por la práctica (57), como las incluidas en nuestra intervención, han mostrado generar cambios a nivel corticoespinal, mejorando la función de la corteza sensoriomotora (57) y el rendimiento motor a través de fenómenos tanto eferentes como aferentes (58), definidos en los Capítulos II y III. Es por ello por lo que empleamos, en el grupo experimental de ambos ensayos clínicos (Capítulos II y III), la realización del ejercicio guiado por *feedback* a través de toques y recorridos sobre las pantallas táctiles de los dispositivos Tablet. Además, este tipo de intervenciones en Tablet ya había demostrado previamente generar cambios en la conducción corticoespinal a las motoneuronas espinales implicadas en la destreza manual (34).

De esta manera, en los resultados de ambos ensayos clínicos presentes en los Capítulos II y III se observan los beneficios de la intervención, bien sea aplicando la tecnología como complemento a la terapia presencial o como único formato de tratamiento.

El Capítulo II concluye que, en sujetos con limitación de la funcionalidad debida a lesiones óseas y de tejidos blandos de muñeca, mano y/o dedos, incluir un programa de

ejercicio domiciliario usando la aplicación para Tablet ReHand en lugar de la prescripción de un programa de ejercicio domiciliario en papel basado en la evidencia, reduce el tiempo de reincorporación al puesto laboral y el número de citas de atención médica, además de recuperar de forma precoz la funcionalidad y la fuerza. Conclusiones similares en relación con las variables clínicas pueden extraerse en el Capítulo III. En concreto, en sujetos intervenidos quirúrgicamente de liberación del túnel carpiano, la prescripción dentro de los primeros 10 días tras la liberación del túnel carpiano de un programa de ejercicio domiciliario de 4 semanas basado en la aplicación para Tablet ReHand, en comparación con la prescripción de los programas de ejercicios domiciliarios en papel -específicamente el protocolo usado convencionalmente en los hospitales del sistema público-, mejora la recuperación a corto plazo de la funcionalidad.

Más allá de los efectos conseguidos en la recuperación clínica de los pacientes, y aunque ninguno de los capítulos tuvo como objetivo evaluar formalmente la costo-efectividad, es relevante interpretar el posible impacto a nivel de gestión de costes derivado de la reincorporación laboral precoz y el menor uso de atención sanitaria, asociado a este nuevo formato de ejercicio a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet. Para realizar esta interpretación, se toman de referencia los 50€/día asociados a la vuelta al trabajo precoz y el precio de 20 dólares/sesión, empleados por Germann et al. (23) en su estudio acerca de la costo-efectividad de la movilización dinámica precoz versus la inmovilización postoperatoria, en pacientes con transferencia del Extensor indicis proprius. Según estos términos, se obtendría un ahorro promedio de 900 dólares por paciente (IC del 95%: 150 a 1.650) asociado a la reincorporación precoz, pudiendo incrementarse dicho ahorro en 220 dólares más por paciente debido a la reducción del número de sesiones de fisioterapia y terapia ocupacional. La no

existencia de análisis de costes previos relacionados con las consultas de rehabilitación, de cirugía plástica y de traumatología, impiden complementar este análisis con el ahorro estimado referente a los resultados obtenidos en estas variables. El sugerido impacto en los costes asociados generado por la intervención es fundamental en la patología del segmento muñeca-mano-dedos, considerada en algunos países entre las más costosas, por delante de las fracturas de cadera o las de miembros inferiores (12).

Teniendo en cuenta que el principal inconveniente de la intervención del grupo experimental -reportada en los Capítulos II y III- es la necesidad de un dispositivo Tablet, parece ser que los resultados compensan el gasto de sustituir el soporte papel por la Tablet, aun cuando el paciente no disponga de una y deba ser aportada por el prestador sanitario (hospitales, aseguradoras). Los dispositivos Tablet son dispositivos relativamente baratos y pueden comprarse por unos cientos de euros y reutilizarse en los pacientes, por lo que solo la aceleración de la vuelta al trabajo en 3 días (Capítulo II) parece ser suficiente para compensar la compra.

Para explicar los resultados comentados anteriormente en los Capítulos II y III, han podido existir ciertos factores contribuyentes, como son 1) que el formato interactivo de la ejecución del ejercicio domiciliario en Tablet potencie la adherencia al tratamiento, o 2) que la progresión automática e inmediata de los ejercicios -mecanismo de dosificación- consiga una mayor adaptación continua del programa al paciente con su respectivo efecto clínico. Ambos factores contribuyentes están muy relacionados con la tecnología aplicada al ámbito clínico, cuyo impacto ha sido constatado previamente. Así, se observa que, en afecciones musculoesqueléticas, complementar la asistencia convencional con la telerehabilitación consigue una mayor eficacia (27), o que en dichas afecciones los “serious games” han generado resultados clínicos similares a los obtenidos con fisioterapia habitual (31).

DISCUSIÓN GENERAL

Para intentar esclarecer qué porcentaje del efecto observado se debe a los factores anteriormente propuestos, o en qué patologías el efecto observado es mayor, se propone incluir en estudios futuros: a) la evaluación del efecto generado por la intervención en la conducción corticoespinal usando electroencefalografía y electromiografía, b) la evaluación del efecto generado por la mayor o menor adherencia en cada grupo, c) o la ejecución de ensayos clínicos aleatorizados centrados en conocer el efecto sobre una patología o intervención quirúrgica concreta -como el reportado en el Capítulo III-.

POSIBLES LÍNEAS DE APLICACIÓN FUTURA DE LA TECNOLOGÍA: EL ICTUS

Entre las posibles aplicaciones futuras de la tecnología ReHand destaca su uso para pacientes con ictus, al posicionarse éste como la segunda causa de muerte y la tercera causa de discapacidad a nivel mundial (92). A nivel del miembro superior, el 80% de los supervivientes presentan déficits residuales (92).

La neurorrehabilitación intensiva del miembro superior en pacientes neurológicos es el principal tratamiento para la recuperación de la capacidad funcional y la autonomía. Sin embargo, la evidencia actual pone de manifiesto la imposibilidad de realizar este tipo de rehabilitación de alta dosis en los sistemas sanitarios actuales debido al gran número de pacientes y a la escasez de recursos humanos y logísticos (93).

Diferentes autores han postulado los dispositivos Tablet como una alternativa barata dentro de las nuevas tecnologías, capaz de proporcionar neurorrehabilitación intensiva del miembro superior (94), empleando parámetros efectivos que no pueden ser proporcionados a través de métodos convencionales como son el trabajo de la velocidad de movimiento y reacción, cubriendo también el aspecto motivador necesario para conseguir una actuación intensiva por parte del paciente (95).

DISCUSIÓN GENERAL



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Existe controversia con respecto a la eficacia de los regímenes de ejercicio prescritos actualmente para reducir la disfunción y mejorar la actividad en la lesión ósea y del tejido blando en el segmento muñeca-mano-dedos.
- En personas con lesiones óseas y de tejidos blandos del segmento muñeca-mano-dedos que genera una limitación de la funcionalidad, la intervención mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet, en comparación con los programas convencionales de ejercicio en papel, ambos utilizados como complemento a la terapia presencial, acelera la reincorporación al puesto de trabajo, reduce el uso de asistencia sanitaria, y mejora la recuperación a corto plazo de la funcionalidad y la fuerza de la pinza.
- En personas sometidas a una liberación quirúrgica del túnel carpiano, la intervención precoz mediante ejercicios guiados por *feedback* a través de las pantallas táctiles de dispositivos Tablet, en comparación con los programas convencionales de ejercicio en papel, ambos utilizados como única forma de tratamiento, mejora la recuperación a corto plazo de la funcionalidad.

CONCLUSIONES



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blanquero J, Elkins M. Elbow, wrist and hand disorders. *J Physiother*. 2021 Jan 1;67(1):3–4.
2. Blanquero J, Cortés-Vega MD, Rodríguez-Sánchez-Laulhé P, Corrales-Serra BP, Gómez-Patricio E, Díaz-Matas N, et al. Feedback-guided exercises performed on a tablet touchscreen improve return to work, function, strength and healthcare usage more than an exercise program prescribed on paper for people with wrist, hand or finger injuries: a randomised trial. *J Physiother*. 2020 Oct 1;66(4):236–42.
3. Blanquero J, Cortés-Vega MD, García-Frasquet MÁ, Sánchez-Laulhé PR, Nieto Díaz de los Bernardos MI, Suero-Pineda A. Exercises using a touchscreen tablet application improved functional ability more than an exercise program prescribed on paper in people after surgical carpal tunnel release: a randomised trial. *J Physiother*. 2019 Apr 1;65(2):81–7.
4. Robinson LS, Sarkies M, Brown T, O'Brien L. Direct, indirect and intangible costs of acute hand and wrist injuries: A systematic review. *Injury*. 2016 Dec;47(12):2614–26.
5. Larsen CF, Mulder S, Johansen AMT, Stam C. The epidemiology of hand injuries in the Netherlands and Denmark. *Eur J Epidemiol*. 2004 Apr;19(4):323–7.
6. Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses Treated in Hospital Emergency Departments --- United States, 1998.
7. Wong JYP. Time Off Work in Hand Injury Patients. *J Hand Surg Am*. 2008

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- May;33(5):718–25.
8. Schaub TA, Chung KC. Systems of provision and delivery of hand care, and its impact on the community. *Injury*. 2006 Nov;37(11):1066–70.
 9. Dzajkowska B, Wertheimer AI, Mrhar A. The burden-of-illness study on osteoporosis in the Slovenian female population. *Pharm World Sci*. 2007 Aug;29(4):404–11.
 10. Borgström F, Lekander I, Ivergård M, Ström O, Svedbom A, Alekna V, et al. The International Costs and Utilities Related to Osteoporotic Fractures Study (ICUROS)--quality of life during the first 4 months after fracture. *Osteoporos Int*. 2013 Mar;24(3):811–23.
 11. Fusetti C, Garavaglia G, Papaloizos M, Wasserfallen J, Büchler U NL. Direct and indirect costs in the conservative management of undisplaced scaphoid fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2003;13(4):241–4.
 12. De Putter CE, Selles RW, Polinder S, Panneman MJM, Hovius SER, Van Beeck EF. Economic impact of hand and wrist injuries: Health-care costs and productivity costs in a population-based study. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 2012 May 2;94(9):e56(1).
 13. Siotos C, Ibrahim Z, Bai J, Payne RM, Seal SM, Lifchez SD, et al. Hand injuries in low- and middle-income countries: systematic review of existing literature and call for greater attention. Vol. 162, *Public Health*. Elsevier B.V.; 2018. p. 135–46.
 14. Bruder AM, Shields N, Dodd KJ, Taylor NF. Prescribed exercise programs may not be effective in reducing impairments and improving activity during upper

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- limb fracture rehabilitation: a systematic review. *J Physiother.* 2017 Oct;63(4):205–20.
15. Christiansen DH, Hjort J. Group-based exercise, individually supervised exercise and home-based exercise have similar clinical effects and cost-effectiveness in people with subacromial pain: a randomised trial. *J Physiother.* 2021;67(2):124–31.
 16. Kay S, McMahon M, Stiller K. An advice and exercise program has some benefits over natural recovery after distal radius fracture: A randomised trial. *Aust J Physiother.* 2008 Jan 1;54(4):253–9.
 17. Maciel JS, Taylor NF, McIlveen C. A randomised clinical trial of activity-focussed physiotherapy on patients with distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2005 Oct;125(8):515–20.
 18. Hardy MA. Principles of Metacarpal and Phalangeal Fracture Management: A Review of Rehabilitation Concepts. Vol. 34, *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004.
 19. Sameem M, Wood T, Ignacy T, Thoma A, Strumas N. A systematic review of rehabilitation protocols after surgical repair of the extensor tendons in zones V-VIII of the hand. *J Hand Ther.* 2011;24(4):365–73.
 20. Hall B, Lee H, Page R, Rosenwax L, Lee AH. Comparing three postoperative treatment protocols for extensor tendon repair in zones v and VI of the hand. *Am J Occup Ther.* 2010 Sep;64(5):682–8.
 21. Hirth MJ, Bennett K, Mah E, Farrow HC, Cavallo A V., Ritz M, et al. Early return to work and improved range of motion with modified relative motion splinting: A retrospective comparison with immobilization splinting for zones V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- and VI extensor tendon repairs. *Hand Ther.* 2011;16(4):86–94.
22. Harth A, Germann G, Jester A. Evaluating the effectiveness of a patient-oriented hand rehabilitation programme. *J Hand Surg Eur Vol.* 2008 Dec;33(6):771–8.
23. Germann G, Wagner H, Blome-Eberwein S, Karle B, Wittmann M. Early dynamic motion versus postoperative immobilization in patients with extensor indicis proprius transfer to restore thumb extension: A prospective randomized study. *J Hand Surg Am.* 2001;26(6):1111–5.
24. Huisstede BM, Fridén J, Coert JH, Hoogvliet P, European HANDGUIDE Group. Carpal Tunnel Syndrome: Hand Surgeons, Hand Therapists, and Physical Medicine and Rehabilitation Physicians Agree on a Multidisciplinary Treatment Guideline—Results From the European HANDGUIDE Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014 Dec;95(12):2253–63.
25. Huisstede BM, Randsdorp MS, Coert JH, Glerum S, van Middelkoop M, Koes BW. Carpal Tunnel Syndrome. Part II: Effectiveness of Surgical Treatments—A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010 Jul;91(7):1005–24.
26. Pomerance J, Fine I. Outcomes of Carpal Tunnel Surgery With and Without Supervised Postoperative Therapy. *J Hand Surg Am.* 2007 Oct;32(8):1159–63.
27. Kairy D, Lehoux P, Vincent C, Visintin M. A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. Vol. 31, *Disability and Rehabilitation.* 2009. p. 427–47.
28. Russell TG. Physical rehabilitation using telemedicine. *J Telemed Telecare.* 2007 Jul 1;13(5):217–20.
29. Cottrell MA, Galea OA, O’Leary SP, Hill AJ, Russell TG. Real-time

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: A systematic review and meta-analysis. Vol. 31, *Clinical Rehabilitation*. SAGE Publications Ltd; 2017. p. 625–38.
30. Bergeron B. *Developing Serious Games (Game Development Series)*. Charles River Media; 2006.
 31. Meijer HA, Graafland M, Goslings JC, Schijven MP. Systematic Review on the Effects of Serious Games and Wearable Technology Used in Rehabilitation of Patients With Traumatic Bone and Soft Tissue Injuries. Vol. 99, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. W.B. Saunders; 2018. p. 1890–9.
 32. Choi MJ, Kim H, Nah HW, Kang DW. Digital therapeutics: Emerging new therapy for neurologic deficits after stroke. Vol. 21, *Journal of Stroke*. Korean Stroke Society; 2019. p. 242–58.
 33. Algar L, Valdes K. Using smartphone applications as hand therapy interventions. *J Hand Ther*. 2014;27(3):254–7.
 34. Larsen LH, Jensen T, Christensen MS, Lundbye-Jensen J, Langberg H, Nielsen JB. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following tablet-based practice of manual dexterity. *Physiol Rep*. 2016;4(2):e12684.
 35. Cho CH, Lee HJ. Could digital therapeutics be a game changer in psychiatry? *Psychiatry Investig*. 2019 Feb 1;16(2):97–8.
 36. Taylor NF, Dodd KJ, Shields N, Bruder A. Therapeutic exercise in physiotherapy practice is beneficial: A summary of systematic reviews 2002-2005. *Aust J Physiother*. 2007 Jan 1;53(1):7–16.
 37. Lewis KJ, Coppieters MW, Ross L, Hughes I, Vicenzino B, Schmid AB. Group

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- education, night splinting and home exercises reduce conversion to surgery for carpal tunnel syndrome: a multicentre randomised trial. *J Physiother.* 2020 Apr 1;66(2):97–104.
38. Reid SA, Andersen JM, Vicenzino B. Adding mobilisation with movement to exercise and advice hastens the improvement in range, pain and function after non-operative cast immobilisation for distal radius fracture: a multicentre, randomised trial. *J Physiother.* 2020 Apr 1;66(2):105–12.
39. Jongs RA, Harvey LA, Gwinn T, Lucas BR. Dynamic splints do not reduce contracture following distal radial fracture: A randomised controlled trial. *J Physiother.* 2012 Sep;58(3):173–80.
40. Bruder AM, Shields N, Dodd KJ, Hau R, Taylor NF. A progressive exercise and structured advice program does not improve activity more than structured advice alone following a distal radial fracture: A multi-centre, randomised trial. *J Physiother.* 2016 Jul 1;62(3):145–52.
41. Villafañe JH, Bishop MD, Fernández-de-las-Peñas C, Langford D. Radial nerve mobilisation had bilateral sensory effects in people with thumb carpometacarpal osteoarthritis: A randomised trial. *J Physiother.* 2013 Mar 1;59(1):25–30.
42. Bisset LM, Vicenzino B. Physiotherapy management of lateral epicondylalgia. *J Physiother.* 2015 Oct 1;61(4):174–81.
43. Jain R, Hudak PL, Bowen C V. Validity of health status measures in patients with ulnar wrist disorders. *J Hand Ther.*;14(2):147–53.
44. Rosales RS, Diez De La Lastra I, McCabe S, Ortega Martinez JI, Hidalgo YM. The relative responsiveness and construct validity of the Spanish version of the

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- dash instrument for outcomes assessment in open carpal tunnel release. *J Hand Surg Eur Vol.* 2009;34(1):72–5.
45. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006 May 18;7:44.
 46. Mitsukane M, Sekiya N, Himei S, Oyama K. Immediate effects of repetitive wrist extension on grip strength in patients with distal radial fracture. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015 May 1;96(5):862–8.
 47. Oxford Grice K, Vogel KA, Le V, Mitchell A, Muniz S, Vollmer MA. Adult norms for a commercially available Nine Hole Peg Test for finger dexterity. *Am J Occup Ther.*;57(5):570–3.
 48. Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. *Occup Ther J Res.* 1985 Jan 24;5(1):24–38.
 49. Flor H. Remapping somatosensory cortex after injury. Vol. 93, *Advances in neurology.* 2003. p. 195–204.
 50. Lundborg G. Brain plasticity and hand surgery: An overview. *J Hand Surg Am.* 2000;25 B(3):242–52.
 51. Langer N, Hänggi J, Müller NA, Simmen HP, Jäncke L. Effects of limb immobilization on brain plasticity. *Neurology.* 2012 Jan 17;78(3):182–8.
 52. Ngomo S, Leonard G, Mercier C. Influence of the amount of use on hand motor cortex representation: Effects of immobilization and motor training. *Neuroscience.* 2012 Sep 18;220:208–14.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

53. Huber R, Ghilardi MF, Massimini M, Ferrarelli F, Riedner BA, Peterson MJ, et al. Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity. *Nat Neurosci*. 2006 Sep;9(9):1169–76.
54. De Jong BM, Coert JH, Stenekes MW, Leenders KL, Paans AMJ, Nicolai JPA. Cerebral reorganisation of human hand movement following dynamic immobilisation. *Neuroreport*. 2003 Sep 15;14(13):1693–6.
55. Stenekes MW, Geertzen JH, Nicolai JPA, De Jong BM, Mulder T. Effects of Motor Imagery on Hand Function During Immobilization After Flexor Tendon Repair. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009 Apr;90(4):553–9.
56. Kristeva-Feige R, Fritsch C, Timmer J, Lücking C-H. Effects of attention and precision of exerted force on beta range EEG-EMG synchronization during a maintained motor contraction task. *Clin Neurophysiol*. 2002 Jan;113(1):124–31.
57. Perez MA, Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following visuo-motor skill learning in humans. *J Physiol*. 2006 Jun 15;573(3):843–55.
58. Mendez-Balbuena I, Huethe F, Schulte-Monting J, Leonhart R, Manjarrez E, Kristeva R. Corticomuscular Coherence Reflects Interindividual Differences in the State of the Corticomuscular Network During Low-Level Static and Dynamic Forces. *Cereb Cortex*. 2012 Mar 1;22(3):628–38.
59. Badger SA, O'Donnell ME, Sherigar JM, Connolly P, Spence RAJ. Open carpal tunnel release--still a safe and effective operation. *Ulster Med J*. 2008 Jan;77(1):22–4.
60. Burton CL, Chesterton LS, Chen Y, van der Windt DA. Clinical Course and

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Prognostic Factors in Conservatively Managed Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016 May 1;97(5):836-852.e1.
61. Isaac SM, Okoro T, Danial I, Wildin C. Does wrist immobilization following open carpal tunnel release improve functional outcome? A literature review. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2010 Oct 11;3(1-4):11-7.
 62. Peters S, Page MJ, Coppeters MW, Ross M, Johnston V. Rehabilitation following carpal tunnel release. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016 Feb 17;2:CD004158.
 63. Henry SL, Hubbard BA, Concannon MJ. Splinting after Carpal Tunnel Release: Current Practice, Scientific Evidence, and Trends. *Plast Reconstr Surg.* 2008 Oct;122(4):1095-9.
 64. Finsen V, Andersen K, Russwurm H. No advantage from splinting the wrist after open carpal tunnel release. A randomized study of 82 wrists. *Acta Orthop Scand.* 1999 Jun;70(3):288-92.
 65. Martins RS, Siqueira MG, Simplicio H. Wrist immobilization after carpal tunnel release: a prospective study. *Arq Neuropsiquiatr.* 2006 Sep;64(3A):596-9.
 66. Huemer GM, Koller M, Pachinger T, Dunst KM, Schwarz B, Hintringer T. Postoperative splinting after open carpal tunnel release does not improve functional and neurological outcome. *Muscle Nerve.* 2007 Oct;36(4):528-31.
 67. Cook AC, Szabo RM, Birkholz SW, King EF. Early mobilization following carpal tunnel release. A prospective randomized study. *J Hand Surg Br.* 1995 Apr;20(2):228-30.
 68. Bury TF, Akelman E, Weiss AP. Prospective, randomized trial of splinting after

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- carpal tunnel release. *Ann Plast Surg.* 1995 Jul;35(1):19–22.
69. Provinciali L, Giattini A, Splendiani G, Logullo F. Usefulness of hand rehabilitation after carpal tunnel surgery. *Muscle and Nerve.* 2000;23(2):211–6.
70. Maeda Y, Kettner N, Sheehan J, Kim J, Cina S, Malatesta C, et al. Altered brain morphometry in carpal tunnel syndrome is associated with median nerve pathology. *NeuroImage Clin.* 2013;2:313–9.
71. Maeda Y, Kettner N, Holden J, Lee J, Kim J, Cina S, et al. Functional deficits in carpal tunnel syndrome reflect reorganization of primary somatosensory cortex. *Brain.* 2014 Jun;137(6):1741–52.
72. Fernández-de-las-Peñas C, Pérez-de-Heredia-Torres M, Martínez-Piédrola R, de la Llave-Rincón AI, Cleland JA. Bilateral deficits in fine motor control and pinch grip force in patients with unilateral carpal tunnel syndrome. *Exp Brain Res.* 2009 Mar 9;194(1):29–37.
73. Zhang W, Johnston JA, Ross MA, Sanniec K, Gleason EA, Dueck AC, et al. Effects of Carpal Tunnel Syndrome on Dexterous Manipulation Are Grip Type-Dependent. Gribble PL, editor. *PLoS One.* 2013 Jan 10;8(1):e53751.
74. Zhang W, Johnston JA, Ross MA, Coakley BJ, Gleason EA, Dueck AC, et al. Effects of carpal tunnel syndrome on adaptation of multi-digit forces to object mass distribution for whole-hand manipulation. *J Neuroeng Rehabil.* 2012 Nov 21;9:83.
75. Fernandes CH, Meirelles LM, Neto JR, Nakachima LR, Santos JBG dos, Faloppa F. Carpal tunnel syndrome with thenar atrophy: evaluation of the pinch and grip strength in patients undergoing surgical treatment. *Hand (N Y).* 2013 Mar

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1;8(1):60.
76. Fess EE. Grip strength. In: Clinical assesment recommendations. Casanova J. Chicago: American Society of Hand Therapists; 1992. p. 41–5.
77. Kamath SU, Vivek N, Gowtham KR. Motor Function Outcome Assessment by Grip and Pinch Strength Following Carpal Tunnel Release. *Indian J Sci Technol.*;9(4):10.
78. Lemon RN, Griffiths J. Comparing the function of the corticospinal system in different species: Organizational differences for motor specialization? *Muscle Nerve.* 2005 Sep;32(3):261–79.
79. Borich MR, Brodie SM, Gray WA, Ionta S, Boyd LA. Understanding the role of the primary somatosensory cortex: Opportunities for rehabilitation. *Neuropsychologia.* 2015 Dec;79(Pt B):246–55.
80. Halliday DM, Conway BA, Farmer SF, Rosenberg JR. Using electroencephalography to study functional coupling between cortical activity and electromyograms during voluntary contractions in humans. *Neurosci Lett.* 1998 Jan 23;241(1):5–8.
81. Napadow V, Kettner N, Ryan A, Kwong KK, Audette J, Hui KKS. Somatosensory cortical plasticity in carpal tunnel syndrome—a cross-sectional fMRI evaluation. *Neuroimage.* 2006 Jun;31(2):520–30.
82. Hodges PW, Ervilha UF, Graven-Nielsen T. Changes in Motor Unit Firing Rate in Synergist Muscles Cannot Explain the Maintenance of Force During Constant Force Painful Contractions. *J Pain.* 2008 Dec;9(12):1169–74.
83. Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: A new theory to explain the

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- adaptation to pain. *Pain*. 2011 Mar;152(Supplement):S90–8.
84. Dubrowski A, Bock O, Carnahan H, Jüngling S. The coordination of hand transport and grasp formation during single- and double-perturbed human prehension movements. *Exp Brain Res*. 2002 Aug 13;145(3):365–71.
85. Nataraj R, Evans PJ, Seitz WH, Li Z-M. Effects of Carpal Tunnel Syndrome on Reach-to-Pinch Performance. Trumbower RD, editor. *PLoS One*. 2014 Mar 14;9(3):e92063.
86. Bruder A, Taylor NF, Dodd KJ, Shields N. Exercise reduces impairment and improves activity in people after some upper limb fractures: a systematic review. *J Physiother*. 2011 Jan 1;57(2):71–82.
87. Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K. Stretch for the treatment and prevention of contractures. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd; 2010. CD007455.
88. Williams PE. Use of intermittent stretch in the prevention of serial sarcomere loss in immobilised muscle. *Ann Rheum Dis*. 1990;49(5):316–7.
89. Harvey LA, Katalinic OM, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K. Stretch for the treatment and prevention of contractures. Vol. 2017, *Cochrane Database of Systematic Reviews*. John Wiley and Sons Ltd; 2017
90. Progression models in resistance training for healthy adults. Vol. 41, *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Med Sci Sports Exerc; 2009. p. 687–708.
91. Sgromolo NM, Cancio JM, Rhee PC. Safety and Efficacy of Blood Flow Restriction Therapy after Operative Management of Distal Radius Fractures: A Randomized Controlled Study. *J Wrist Surg*. 2020 Aug;09(04):345–52.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

92. Wattchow KA, McDonnell MN, Hillier SL. Rehabilitation Interventions for Upper Limb Function in the First Four Weeks Following Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Evidence. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018 Feb;99(2):367–82.
93. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* 2009 Aug;8(8):741–54.
94. Ameer K, Ali K. iPad Use in Stroke Neuro-Rehabilitation. *Geriatrics.* 2017 Jan 6;2(1):2.
95. Rand D, Zeilig G, Kizony R. Rehab-let: touchscreen tablet for self-training impaired dexterity post stroke: study protocol for a pilot randomized controlled trial. *Trials.* 2015;16(1):277.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1 – ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ReHand, una solución formada por tres sistemas.	13
Figura 2. Programa de ejercicios. ReHand App.	14
Figura 3. Ajuste de ejercicios. ReHand App.	14
Figura 4. Gamificación ejercicios. ReHand App.	14
Figura 5. Evolución de ejercicios. ReHand App.	14
Figure 6 (inglés). Cumulative evidence on the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) about the effects of physiotherapy interventions on musculoskeletal disorders of the elbow, wrist and hand, based on the October 2020 update of the database.	20
Figura 6 (español). Evidencia acumulada en la Physiotherapy Evidence Database (PEDro) sobre los efectos de las intervenciones de fisioterapia en los trastornos musculoesqueléticos del codo, la muñeca y la mano, basada en la actualización de la base de datos de octubre de 2020.	21
Figura 7. Diseño y flujo de participantes en el ensayo clínico en el Capítulo II.	42
Figura 8. Diseño y flujo de participantes en el ensayo clínico en el Capítulo III.	66

ANEXO 2 – ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista y frecuencia de las patologías incluidas en el estudio. Capítulo II	35
Tabla 2. Descripción del programa de ejercicios del grupo experimental para la rehabilitación tras fractura de radio.	39
Tabla 3. Descripción del programa de ejercicio en el grupo control. Capítulo II.	40
Tabla 4. Media (SD) de los grupos y diferencia media (95% CI) inter-grupos para el tiempo de retorno al trabajo y el uso de la atención sanitaria en los grupos experimental y control. Capítulo II.	44
Tabla 5. (SD) de los grupos, diferencia media (SD) intra-grupos, y diferencia media (95% CI) inter-grupos en las variables clínicas. Capítulo III	45
Tabla 6. Descripción del programa de ejercicios del grupo experimental para la rehabilitación tras liberación quirúrgica del túnel carpiano. Capítulo III	64
Tabla 7. Descripción del programa de ejercicio en el grupo control. Capítulo III	65
Tabla 8. Media (SD) de los grupos, diferencia media (SD) intra-grupos, y diferencia media (95% CI) inter-grupos. Capítulo III	67

ANEXO 3 – CUESTIONARIO QUICKDASH - ESPAÑOL

Quick DASH

Versión Española

Instrucciones

Este cuestionario le pregunta sobre sus síntomas así como su capacidad para realizar ciertas actividades o tareas.

Por favor conteste cada pregunta basándose en su condición o capacidad durante la última semana. Para ello marque un círculo en el número apropiado.

Si usted no tuvo la oportunidad de realizar alguna de las actividades durante la última semana, por favor intente aproximarse a la respuesta que considere que sea la más exacta.

No importa que mano o brazo usa para realizar la actividad; por favor conteste basándose en la habilidad o capacidad y como puede llevar a cabo dicha tarea o actividad

ANEXOS

Por favor puntúe su habilidad o capacidad para realizar las siguientes actividades durante la última semana. Para ello marque con un círculo el número apropiado para cada respuesta.

	Ninguna dificultad	Dificultad leve	Dificultad moderada	Mucha dificultad	Imposible de realizar
1. -Abrir un bote de cristal nuevo	1	2	3	4	5
2.-Realizar tareas duras de la casa (p. ej. fregar el piso, limpiar paredes, etc.	1	2	3	4	5
3.-Cargar una bolsa del supermercado o un maletín.	1	2	3	4	5
4.-Lavarse la espalda	1	2	3	4	5
5.-Usar un cuchillo para cortar la comida	1	2	3	4	5
6.-Actividades de entretenimiento que requieren algo de esfuerzo o impacto para su brazo, hombro o mano (p. ej. golf, martillar, tenis o a la petanca)	1	2	3	4	5
	No, para nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho
7.- Durante la última semana, ¿ su problema en el hombro, brazo o mano ha interferido con sus actividades sociales normales con la familia, sus amigos, vecinos o grupos?	1	2	3	4	5

ANEXOS

	No para nada	Un poco	Regular	Bastante limitado	Imposible de realizar
8.- Durante la última semana, ¿ha tenido usted dificultad para realizar su trabajo u otras actividades cotidianas debido a su problema en el brazo, hombro o mano?	1	2	3	4	5

Por favor ponga puntuación a la gravedad o severidad de los siguientes síntomas

	Ninguno	Leve	Moderado	Grave	Muy grave
--	---------	------	----------	-------	--------------

9.- Dolor en el brazo, hombro o mano.	1	2	3	4	5
10.- Sensación de calambres (hormigueos y alfilerazos) en su brazo hombro o mano.	1	2	3	4	5

	No	Leve	Moderada	Grave	Dificultad extrema que me impedía dormir
11.- Durante la última semana, ¿cuanta dificultad ha tenido para dormir debido a dolor en el brazo, hombro o mano?.	1	2	3	4	5

Cálculo de la puntuación del “Quick Dash” (Discapacidad/Síntomas) =
(((suma de n respuestas)/n] -1) x 25, donde n es igual al número de

ANEXOS

respuestas completadas. La puntuación del “Quick Dash” no puede ser calculada si hay más de 1 ítem sin contestar.

Módulo de Trabajo (Opcional)

Las siguientes preguntas se refieren al impacto que tiene su problema del brazo, hombro o mano en su capacidad para trabajar (incluyendo las tareas de la casa si ese es su trabajo principal)

Por favor, indique cuál es su trabajo/ocupación: _____

Yo no trabajo (usted puede pasar por alto esta sección) .

Marque con un círculo el número que describa mejor su capacidad física en la semana pasada. **¿Tuvo usted alguna dificultad...**

	Ninguna dificultad	Dificultad leve	Dificultad moderada	Mucha dificultad	Imposible
1. para usar su técnica habitual para su trabajo?	1	2	3	4	5
2. para hacer su trabajo habitual debido al dolor del hombro, brazo o mano?	1	2	3	4	5
3. para realizar su trabajo tan bien como le gustaría?	1	2	3	4	5
4. para emplear la cantidad habitual de tiempo en su trabajo?	1	2	3	4	5

Actividades especiales deportes/músicos (Opcional)

Las preguntas siguientes hacen referencia al impacto que tiene su problema en el brazo, hombro o mano para tocar su instrumento musical, practicar su deporte, o ambos. Si usted practica más de un deporte o toca más de un instrumento (o hace ambas cosas), por favor conteste con respecto a la actividad que sea más importante para usted. Por favor, indique el deporte o instrumento que sea más importante para usted.

ANEXOS

¿Tuvo alguna dificultad.:

	Ninguna dificultad	Dificultad leve	Dificultad moderada	Mucha dificultad	Imposible
para usar su técnica habitual al tocar su instrumento o practicar su deporte?	1	2	3	4	5
para tocar su instrumento habitual o practicar su deporte debido a dolor en el brazo, hombro o mano ?	1	2	3	4	5
para tocar su instrumento o practicar su deporte tan bien como le gustaría?	1	2	3	4	5
para emplear la cantidad de tiempo habitual para tocar su instrumento o practicar su deporte?	1	2	3	4	5

Puntuación de los Módulos Opcionales: Sumar los valores asignados a cada respuesta en cada módulo; divídalo por 4 (número de ítems en cada módulo); restar 1; multiplique por 25.. La puntuación de un módulo opcional no puede ser calculada si hay algún ítem sin contestar.

ANEXO 4 – COMITÉ ÉTICO CAPÍTULO II



DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

D. Jesús Íñigo Martínez, Secretario del **COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS REGIONAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID (CEIm-R)**

CERTIFICA

Que ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio titulado:

CÓDIGO: REHAND

ESTUDIO TITULADO: Efectividad clínica y económica de la *app* Rehand en el tratamiento de la patología traumatólogica de muñeca, mano y dedos.

PROTOCOLO: Versión 1.2, 3 de abril de 2018.

HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO: Versión 1.2, 3 de abril de 2018.

PROMOTOR: Ibermutuamur.

y considera que :

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de investigación biomédica y las normas que la desarrollan, y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado.
- La capacidad del investigador y sus colaboradores, y las instalaciones y medios disponibles, tal y como ha sido informado, son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Este CEIm emite un **DICTAMEN FAVORABLE** para que dicho estudio sea realizado por los investigadores principales y colaboradores que se relacionan a continuación:

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| 1. Eduardo Cortés | 8. Antonio Medina |
| 2. Paloma Martínez | 9. María Inmaculada Rodeño |
| 3. Noemí Díaz | 10. Nuria Aymat, |
| 4. Elena Gómez | 11. Juan Hernández Godoy |
| 5. María Dolores Bueno | 12. Antonio Vila Sobral |
| 6. Luz Hernández Soto | 13. Ismael González González. |
| 7. Noelia Serrano | |

Firmado digitalmente por JESUS IÑIGO MARTINEZ
Organización: COMUNIDAD DE MADRID
Fecha: 2018.04.10 14:33:48 CEST
Huella dig.: d521703be1feacb9285b972c46ab58f6563d6dec

El Secretario del CEIm-Regional de la Comunidad de Madrid

El Promotor deberá enviar el informe anual sobre la marcha del estudio así como la declaración de finalización, el resumen con los resultados finales y las publicaciones científicas derivadas.

C/ Espronceda nº 24, 28003 Madrid

comite.regional@salud.madrid.org

Tel. 91-370 28 24

EC 06.18



**D. Jesús Iñigo Martínez, SECRETARIO DEL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS REGIONAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID (CEIm-R),**

HACE CONSTAR QUE:

- 1º En la reunión celebrada el día **9 abril de 2018, acta 04/2018**, se decidió emitir el informe correspondiente al estudio de referencia.
- 2º En dicha reunión se cumplieron los requisitos establecidos en la legislación vigente y Decreto 39/94 de la Comunidad de Madrid, necesarios para que la decisión del citado CEIm sea válida.
- 3º El CEIm-R, tanto en su composición como en los PNT cumple con las normas de BPC (CPMP/ICH/ 135/95).
- 4º La composición actual del CEIm-R es la siguiente:

- D^a. Sonia Soto Díaz (Medicina Familiar y Comunitaria – CEIm H. Ramón y Cajal **Presidenta en funciones**)
- D. Alberto Marcos Dolado (Neurología – CEIm H. Clínico San Carlos)
- D. José Domingo García Labajo (Medicina Intensiva – H. Rúber Internacional)
- D. Juan Carlos Cámara Vicario (Oncología Médica – CEIm F. H. Alcorcón)
- D. Miguel Cervero Jiménez (Medicina Interna – CEIm H. Severo Ochoa de Leganés)
- D^a. M^a Ángeles Cruz Martos (Farmacéutica de Atención Primaria – H. de Fuenlabrada)
- D. Igor Pinedo García (Licenciado en Derecho – ASJUSA)
- D^a. María del Mar Ortega Gómez (Inmunología Clínica – CEIm H. La Princesa)
- D^a. María Segura Bedmar (Farmacia Hospitalaria – H. Móstoles)
- D. Juan Carpio Jovani (DUE – CEIm Grupo Hospital de Madrid)
- D. Gabriel Herrero- Beaumont Cuenca (Reumatología – CEIm Fundación Jiménez Díaz)
- D^a. María Beatriz Pérez Gorriacho (Microbiología y Parasitología – CEIm H. I. Niño Jesús)
- D^a. Amelia García Luque (Farmacología Clínica – CEI Hospital Central de la Defensa)
- D. Javier Sánchez-Rubio Ferrández (Farmacia Hospitalaria – CEIm H. de Getafe)
- D. Miguel Ángel María Tablado (Medicina Familiar y Comunitaria – CEIm H. Príncipe Asturias)
- D^a. Carmen Sever Bermejo (representante de los intereses de los pacientes – FEDER)
- D^a. María del Carmen de la Cruz Arguedas (Farmacia – CEIm H. Gregorio Marañón)
- D. Miguel Ángel Lobo Álvarez (Medicina Familiar y Comunitaria – DG Inspección y Ordenación)
- D. Jesús Iñigo Martínez (Preventiva y Salud Pública – DG Inspección y Ordenación) **Secretario**



La autenticidad de este documento se puede comprobar en www.madrid.org/ces mediante el siguiente código seguro de verificación: **1036995248340766586097**

El Promotor deberá enviar el informe anual sobre la marcha del estudio así como la declaración de finalización, el resumen con los resultados finales y las publicaciones científicas derivadas.

ANEXO 5 – COMITÉ ÉTICO CAPÍTULO III

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE IGUALDAD, SALUD Y POLÍTICAS SOCIALES
Dirección General de Calidad, Investigación, Desarrollo e Innovación
Comité Coordinador de Ética de la Investigación Biomédica de Andalucía

DICTAMEN ÚNICO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA

D/Dª. Jose Salas Turrents como secretario/a del CEI de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocío

CERTIFICA

Que este Comité ha evaluado la propuesta de (No hay promotor/a asociado/a) para realizar el estudio de investigación titulado:

TÍTULO DEL ESTUDIO: EFECTIVIDAD DE LA APP PARA TABLET ReHand SOBRE LA DESTREZA, LA FUERZA Y LA FUNCIONALIDAD DE LA MANO EN SUJETOS CON LIMITACIÓN DE MOVIMIENTO Y/O DOLOR EN EL SEGMENTO MUÑECA-MANO-DEDOS ,(Efectividad app ReHand en mano traumatólogica)

Protocolo, Versión: 1
HIP, Versión: 1
CI, Versión: 1

Y que considera que:

Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y se ajusta a los principios éticos aplicables a este tipo de estudios.

La capacidad del/de la investigador/a y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Están justificados los riesgos y molestias previsibles para los participantes.

Que los aspectos económicos involucrados en el proyecto, no interfieren con respecto a los postulados éticos.

Y que este Comité considera, que dicho estudio puede ser realizado en los Centros de la Comunidad Autónoma de Andalucía que se relacionan, para lo cual corresponde a la Dirección del Centro correspondiente determinar si la capacidad y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Lo que firmo en SEVILLA a 24/04/2017

D/Dª. Jose Salas Turrents, como Secretario/a del CEI de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocío



Código Seguro De Verificación:	25852a47faf3c32b944a7a407058653554928b8a	Fecha	24/04/2017	
Normativa	Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.			
Firmado Por	Jose Salas Turrents			
Url De Verificación	https://www.juntadeandalucia.es/salud/portaldeetica/xhtml/ayuda/verificarFirmaDocumento.iframe/code/25852a47faf3c32b944a7a407058653554928b8a	Página	1/2	

ANEXOS

CERTIFICA

Que este Comité ha ponderado y evaluado en sesión celebrada el 30/03/2017 y recogida en acta 03/2017 la propuesta del/de la Promotor/a (No hay promotor/a asociado/a), para realizar el estudio de investigación titulado:

TÍTULO DEL ESTUDIO: EFECTIVIDAD DE LA APP PARA TABLET ReHand SOBRE LA DESTREZA, LA FUERZA Y LA FUNCIONALIDAD DE LA MANO EN SUJETOS CON LIMITACIÓN DE MOVIMIENTO Y/ O DOLOR EN EL SEGMENTO MUÑECA-MANO-DEDOS ,(Efectividad app ReHand en mano traumatológica)

Protocolo, Versión: 1
HIP, Versión: 1
CI, Versión: 1

Que a dicha sesión asistieron los siguientes integrantes del Comité:

Presidente/a

D/D^a. Víctor Sánchez Margalet

Vicepresidente/a

D/D^a. Dolores Jiménez Hernández

Secretario/a

D/D^a. Jose Salas Turrents

Vocales

D/D^a. Enrique Calderón Sandubete

D/D^a. Francisco Javier Bautista Paloma

D/D^a. Gabriel Ramírez Soto

D/D^a. Carlos García Pérez

D/D^a. Juan Ramón Lacalle Remigio

D/D^a. Joaquin Quiralte Enriquez

D/D^a. Cristina Pichardo Guerrero

D/D^a. Javier Vitorica Fernandez

D/D^a. Juan Carlos Gomez Rosado

D/D^a. Clara María Rosso Fernández

D/D^a. MARIA EUGENIA ACOSTA MOSQUERA

D/D^a. Luis Lopez Rodriguez

D/D^a. Enrique de Álava Casado

D/D^a. EVA MARIA DELGADO CUESTA

D/D^a. M LORENA LOPEZ CERERO

D/D^a. Amancio Carnero Moya

D/D^a. Manuel Ortega Calvo

D/D^a. Regina Sandra Benavente Cantalejo

D/D^a. LUIS GABRIEL LUQUE ROMERO

D/D^a. ANTONIO PÉREZ PÉREZ

Que dicho Comité, está constituido y actúa de acuerdo con la normativa vigente y las directrices de la Conferencia Internacional de Buena Práctica Clínica.



Lo que firmo en SEVILLA a 24/04/2017

Código Seguro De Verificación:	25852a47faf3c32b944a7a407058653554928b8a	Fecha	24/04/2017	
Normativa	Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.			
Firmado Por	Jose Salas Turrents			
Url De Verificación	https://www.juntadeandalucia.es/salud/portaldeetica/xhtml/ayuda/verificarFirmaDocumento.iframe/code/25852a47faf3c32b944a7a407058653554928b8a	Página	2/2	

ANEXO 6 – ARTÍCULO CAPÍTULO I

Journal of Physiotherapy 67 (2021) 3–4

AUSTRALIAN
PHYSIOTHERAPY
ASSOCIATIONJournal of
PHYSIOTHERAPYjournal homepage: www.elsevier.com/locate/jphys

Editorial

Elbow, wrist and hand disorders

Jesús Blanquero ^a, Mark R Elkins ^{b,c}^a Physiotherapy Department, University of Seville, Seville, Spain; ^b Faculty of Medicine and Health, University of Sydney, Sydney, Australia; ^c Editor, Journal of Physiotherapy

This editorial introduces another of *Journal of Physiotherapy's* article collections.^{1–4} These are collections of papers in a specific field of research, published in the *Journal of Physiotherapy* within the past decade and curated to alert readers to important findings and research trends in that field, while highlighting avenues for further research.

This article collection examines physiotherapy interventions for musculoskeletal disorders of the elbow, wrist and hand. Evidence in this field of research is accumulating rapidly in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro), as shown in [Figure 1](#).

Forearm, wrist and hand injuries represent a large challenge to functioning in everyday life and are associated with disability, low productivity, and mental health problems.⁷ In addition to the large impact on functional ability, hand injuries have a high incidence, representing 29% of all injuries that reach emergency departments.⁶ Thus, a large economic burden to society is generated, ranking hand injuries first among the most expensive injuries, specifically 32% more than lower limb fractures, 39% more than hip fractures and 108% more than skull-brain injury.⁵

There is great potential for rehabilitation interventions to reduce the impact of these injuries.⁵ Among these interventions, exercise has been one of the most frequently investigated, proving to be beneficial with few adverse effects, not only in the upper limb but also in many other musculoskeletal disorders.⁷ However, there is still uncertainty about the role of exercise and the best exercise combination in elbow, wrist and hand rehabilitation.^{8,9}

Among people on the waiting list for carpal tunnel surgery, exercises combined with splinting and education reduced the conversion to carpal tunnel surgery.¹⁰ In this study with 105 participants, Lewis et al¹⁰ also demonstrated increases in perceived improvement and satisfaction in the intervention group when compared to the waitlist control group. Similarly, exercises and advice were also beneficial for people who had sustained a distal radial fracture. In the trial by Kay et al,¹¹ exercises and advice reduced pain at 3 and 6 weeks and increased activity at 3 weeks.

More recently, new types and combinations of exercises within various rehabilitation programs have been investigated. For example, also in distal radius fracture, Reid et al¹² estimated the effects of adding 'mobilisation with movement' exercises into supination and extension to a program of other exercises and advice. Adding these exercises produced faster and larger improvements in range of motion and functional ability at 4 and 12 weeks.

Another modification to a program of exercises and advice after distal radius fracture is the use of a dynamic splint. Jongs et al¹³ examined this in a trial of 40 people with contracture following their fracture. Adding the dynamic splint to the rehabilitation program did not have any therapeutic effects on active wrist extension, flexion, radial or ulnar deviation at the end of the 8-week intervention nor 4 weeks later.

Nevertheless, the therapeutic effect of exercises has also been questioned. Bruder et al¹⁴ found no benefit from adding exercise to a

structured advice program in functional ability recovery at 7 and 24 weeks, during the rehabilitation phase following a distal radius fracture. In addition, a systematic review by Bruder et al¹⁵ did not identify a clear therapeutic effect of many exercise programs in reducing impairments and improving activity following an upper limb fracture, demonstrating only that early exercise combined with a shorter immobilisation is more effective than starting exercise after a longer immobilisation, after fractures of the distal radius, radial head, and proximal humerus. They concluded that many exercise programs did not clearly show an effect on activity and impairment following an upper limb fracture. They suggested that one of the possible reasons for this finding is that the exercise regimen may have a dosage that is insufficient (in intensity, duration, repetition or progression) to achieve a remodelling of the soft tissues or a truly challenging effect on the neuromuscular system. Such an effect may be achieved with an advice program, because physiotherapists encourage patients to continue with their daily life tasks, thus requiring strength and range of motion of the elbow, wrist and hand.

This notion of the need to optimise the exercises included in the exercise programs towards a more functional, high repetition and challenging perspective was shared by Blanquero et al. In comparison to conventional paper-based exercise programs, they observed greater therapeutic benefits from a new format of feedback-guided exercises by using touch-screens of Tablet devices, in two trials.^{15,16} In people with bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, adding these feedback-guided exercises to face-to-face therapy achieved: earlier return to work, reduced healthcare usage and improved functional ability and strength at week 2, when compared to face-to-face therapy plus conventional paper-based exercise programs.¹⁵ This short-term improvement in functional ability compared to conventional exercises was also observed in people who had undergone carpal tunnel release, but using these feedback-guided exercises as single intervention (rather than in conjunction with face-to-face therapy).¹⁶ Blanquero et al suggested that the exercises may have an effect on brain plasticity, inducing a reorganisation of the sensorimotor system after it has been affected by hand, wrist and finger injury, surgery or immobilisation.

This trend to seek not only peripheral effects through interventions, but to achieve a central effect, can be partly related to the conclusions from Villafaña et al.¹⁷ They demonstrated in people with thumb carpometacarpal osteoarthritis that radial nerve gliding applied to one symptomatic hand produced hypoalgesic effects in the contralateral hand. They suggested that pain in osteoarthritis should not be ascribed only to peripheral nociception, and that peripherally directed therapies may modulate pain perception bilaterally.

This suggestion towards the central approach, more specifically towards central sensitisation, is also present in other pathologies such as lateral epicondylalgia (tennis elbow). Fortunately for readers of *Journal of Physiotherapy*, the invited topical review¹⁸ by Prof Leanne

<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.11.005>

1836-9553/© 2020 Published by Elsevier B.V. on behalf of Australian Physiotherapy Association. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

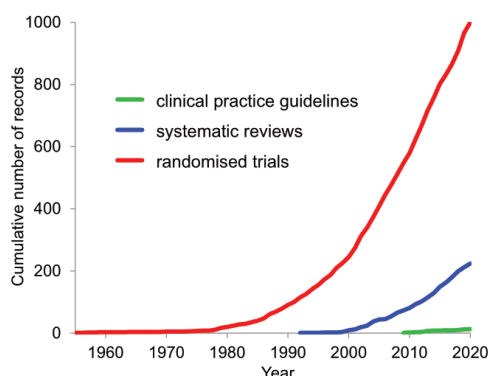


Figure 1. Cumulative evidence on the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) about the effects of physiotherapy interventions on musculoskeletal disorders of the elbow, wrist and hand, based on the October 2020 update of the database.

Bisset and Prof Bill Vicenzino expertly summarises the available evidence about the burden associated with the condition, its management (with a particular focus on physiotherapy interventions), and future directions for research and clinical practice.

In summary, this online article collection includes a range of important developments in the physiotherapy management of elbow, wrist and hand disorders, mainly related to exercises. It also highlights an important unanswered question: while exercises seem to be effective in the rehabilitation of these disorders, are the exercises that we currently use ideal or do we need to include other exercises, interventions or dosages? Future research should address two important issues. First, we need to determine which types of

therapeutic exercises are the best for rehabilitation of elbow, wrist and hand disorders. Also, we need to determine what role and relevance central mechanisms and effects on the sensorimotor system have in these disorders, and how to approach these mechanisms to improve outcomes for patients.

Competing interest: Nil.

Source of support: Nil.

Acknowledgement: Nil.

Provenance: Invited. Not peer reviewed.

Correspondence: Mark Elkins, Centre for Education & Workforce Development, Sydney Local Health District, Sydney, Australia. Email: mark.elkins@sydney.edu.au

References

1. Bonnevie T, et al. *J Physiother.* 2020;66:3–4.
2. Dennett A, et al. *J Physiother.* 2020;66:70–72.
3. Hwang R, et al. *J Physiother.* 2020;66:193–195.
4. Dorsch S, et al. *J Physiother.* 2020;66:211–212.
5. De Putter CE, et al. *J Bone Jt Surg - Ser A.* 2012;94:e56.
6. Larsen CF, et al. *Eur J Epidemiol.* 2004;19:323–327.
7. Taylor NF, et al. *Aust J Physiother.* 2007;53:7–16.
8. Ziebart C, et al. *Hand Ther.* 2019;24:69–81.
9. Bruder AM, et al. *J Physiother.* 2017;63:205–220.
10. Lewis KJ, et al. *J Physiother.* 2020;66:97–104.
11. Kay S, et al. *Aust J Physiother.* 2008;54:253–259.
12. Reid SA, et al. *J Physiother.* 2020;66:105–112.
13. Jongs RA, et al. *J Physiother.* 2012;58:173–180.
14. Bruder AM, et al. *J Physiother.* 2016;62:145–152.
15. Blanquero J, et al. *J Physiother.* 2020;66:236–242.
16. Blanquero J, et al. *J Physiother.* 2019;65:81–87.
17. Villafañe JH, et al. *J Physiother.* 2013;59:25–30.
18. Bisset LM, et al. *J Physiother.* 2015;61:174–181.

Websites

PEDro www.pedro.org.au

Paper of the Year 2020

The Editorial Board of *Journal of Physiotherapy* is pleased to announce the 2020 *Paper of the Year* Award. The winning paper is judged by a panel of members of the International Advisory Board who do not have a conflict of interest with any of the papers under consideration. They vote for the paper published in the 2020 calendar year that, in their opinion, has the best combination of scientific merit and application to the clinical practice of physiotherapy.

The winning paper is 'Preoperative physiotherapy is cost-effective for preventing pulmonary complications after major abdominal surgery: a health economic analysis of a multicentre randomised trial.'¹ The authors are Ianthe Boden, PhD, from Launceston General Hospital and The University of Melbourne, and her colleagues in Australia and New Zealand.¹

The paper addressed uncertainty around the cost-effectiveness of preoperative physiotherapy for patients undergoing major abdominal surgery. Before major abdominal surgery, a single physiotherapy session involving education and training markedly reduces the incidence of postoperative pulmonary complications. However, uncertainty about the cost-effectiveness of preoperative physiotherapy may be making some hospitals reluctant to institute this intervention.

The winning paper examined whether preoperative physiotherapy aimed at preventing postoperative pulmonary complications is cost-effective from the hospital's perspective. Cost-effectiveness and quality-adjusted life year gains were most evident when experienced physiotherapists delivered the intervention. Nevertheless, even across a range of physiotherapists who participated in the study, preoperative physiotherapy aimed at preventing postoperative pulmonary complications was highly likely to be cost-effective. This is the second cardiorespiratory study that joins recent winners in the geriatrics, sports and neurology subdisciplines.^{2–5}

The members of the Editorial Board congratulate Dr Boden and her co-authors on their success.

References

1. Boden I, Robertson IK, Neil A, Reeve J, Palmer AJ, Skinner EH, Browning L, Anderson L, Hill C, Story D, Denehy L. Preoperative physiotherapy is cost-effective for preventing pulmonary complications after major abdominal surgery: a health economic analysis of a multicentre randomised trial. *J Physiother.* 2020;66:180–187.
2. Moreno NA, de Aquino BG, Garcia IF, Tavares LS, Costa LF, Giacomassi IWS, Lunardi AC. Physiotherapist advice to older inpatients about the importance of staying physically active during hospitalisation reduces sedentary time, increases daily steps and preserves mobility: a randomised trial. *J Physiother.* 2019;65:208–214.
3. McKeough Z, Cheng SWM, Alison J, Jenkins C, Hamer M, Stamatakis E. Low leisure-based sitting time and being physically active were associated with reduced odds of death and diabetes in people with chronic obstructive pulmonary disease: a cohort study. *J Physiother.* 2018;64:114–120.
4. Al Attar WSA, Soomro N, Pappas E, Sinclair PJ, Sanders RH. Adding a post-training FIFA 11+ exercise program to the pre-training FIFA 11+ injury prevention program reduces injury rates among male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *J Physiother.* 2017;63:235–242.
5. van den Berg M, Sherrington C, Killington M, Smith S, Bongers B, Hassett L, Crotty M. Video and computer-based interactive exercises are safe and improve task-specific balance in geriatric and neurological rehabilitation: a randomised trial. *J Physiother.* 2016;62:20–28.

<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.12.003>
1836-9553/

ANEXO 7 – ARTÍCULO CAPÍTULO II

Journal of Physiotherapy 66 (2020) 236–242



Journal of
PHYSIOTHERAPY

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jphys

Research

Feedback-guided exercises performed on a tablet touchscreen improve return to work, function, strength and healthcare usage more than an exercise program prescribed on paper for people with wrist, hand or finger injuries: a randomised trial

Jesús Blanquero ^a, María-Dolores Cortés-Vega ^a, Pablo Rodríguez-Sánchez-Laulhé ^a, Berta-Pilar Corrales-Serra ^b, Elena Gómez-Patricio ^c, Noemi Díaz-Matas ^b, Alejandro Suero-Pineda ^a

^a Physiotherapy Department, University of Seville, Seville, Spain; ^b Physiotherapy Department, Ibermutua, Spain; ^c Occupational Therapy Department, Ibermutua, Spain

KEY WORDS

Telerehabilitation
Exercise therapy
Return to work
Occupational medicine
Mobile applications
Physical therapy



ABSTRACT

Question: In people with bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, do feedback-guided exercises performed on a tablet touchscreen hasten return to work, reduce healthcare usage and improve clinical recovery more than a home exercise program prescribed on paper? **Design:** Randomised, parallel-group trial with concealed allocation, assessor blinding and intention-to-treat analysis. **Participants:** Seventy-four workers with limited functional ability due to bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers. **Intervention:** Participants in the experimental and control groups received the same in-patient physiotherapy and occupational therapy. Participants in the experimental group received a home exercise program using the ReHand tablet application, which guides exercises performed on a tablet touchscreen with feedback, monitoring and progression. Participants in the control group were prescribed an evidence-based home exercise program on paper. **Outcome measures:** The primary outcome was the time taken to return to work. Secondary outcomes included: healthcare usage (number of clinical appointments); and functional ability, pain intensity, and grip and pinch strength 2 and 4 weeks after randomisation. **Results:** Compared with the control group, the experimental group: returned to work sooner (MD –18 days, 95% CI –33 to –3); required fewer physiotherapy sessions (MD –7.4, 95% CI –13.1 to –1.6), rehabilitation consultations (MD –1.9, 95% CI –3.6 to 0.3) and plastic surgery consultations (MD –3.6, 95% CI –6.3 to –0.9); and had better short-term recovery of functional ability and pinch strength. **Conclusion:** In people with bone and soft-tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, prescribing a feedback-guided home exercise program using a tablet-based application instead of a conventional program on paper hastened return to work and improved the short-term recovery of functional ability and pinch strength, while reducing the number of required healthcare appointments. **Trial registration:** ACTRN12619000344190 [Blanquero J, Cortés-Vega M-D, Rodríguez-Sánchez-Laulhé P, Corrales-Serra B-P, Gómez-Patricio E, Díaz-Matas N, Suero-Pineda A (2020) Feedback-guided exercises performed on a tablet touchscreen improve return to work, function, strength and healthcare usage more than an exercise program prescribed on paper for people with wrist, hand or finger injuries: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy* 66:236–242]

© 2020 Australian Physiotherapy Association. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Hand function is crucial for completing activities of daily living, which typically require precise hand-object interactions. Among all injuries that reach emergency departments, 29% are hand injuries.¹ Of these, a large percentage are occupational injuries because the hand is the body segment most frequently affected by traumatic occupational injuries.² Occupational hand injuries generate high healthcare costs, require prolonged time off work and impair physical and mental health.^{3,4} The high prevalence of occupational hand injuries and loss of productivity they cause mean that they constitute a large economic burden to society. In a population-based study, hand and wrist injuries in the Netherlands had an estimated annual cost of

US\$740 million and were the most expensive injury type (specifically 32% greater than lower limb fractures, 39% greater than hip fractures and 108% greater than head injuries).⁵ This large economic burden to society, along with increasing industrialisation and mechanisation, makes research into improved management of hand injuries a priority in developed and developing countries.⁶

Home exercise programs provide effective rehabilitation for upper-limb musculoskeletal conditions. After distal radius fracture, home exercise programs have been found to improve activity at 3 weeks and reduce pain at 3 and 6 weeks,⁷ which are equivalent benefits to those obtained in a therapist-supervised program.⁸ Home exercise programs also help to restore strength and functional ability after hand fractures⁹ and other types of trauma to the wrist, hand and

<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.09.012>

1836-9553/© 2020 Australian Physiotherapy Association. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

fingers, such as carpal tunnel release^{10,11} or tendon repair.^{12–14} Patient-oriented hand rehabilitation¹⁵ and early mobilisation¹⁶ programs can also reduce productivity costs by hastening return to work.

Telerehabilitation is defined as 'the provision of a rehabilitation service at a distance using telecommunication technology as a delivery medium'.¹⁷ Such technologies include telephone, virtual reality or video-conferencing platforms.¹⁸ Thus, telerehabilitation includes various technologies that allow the exchange of real-time information between professionals and patients.

Telerehabilitation has great potential to improve patient care, achieving similar or better clinical outcomes than conventional interventions, better adherence levels, and high satisfaction among patients and therapists.¹⁹ A systematic review identified that telerehabilitation for musculoskeletal conditions is effective in the recovery of physical function.¹⁸ Specifically, when telerehabilitation was used in conjunction with the conventional treatment, it was more effective than usual care alone, and as effective as face-to-face interventions at improving physical function and pain.¹⁸ Thus, the effectiveness of home exercise programs for the main pathologies of the wrist, hand and fingers might be enhanced by new technologies, both in clinical and cost-related outcomes.¹⁹

In addition to using technologies for remote communication, telerehabilitation can also involve the use of a technology purely as a tool for rehabilitation. Sometimes termed 'serious games', this usage is defined as interactive computer applications, with or without a significant hardware component, that: have a challenging goal; are fun to play and engaging; incorporate some concept of scoring; and impart to the user a skill, knowledge or attitude that can be used in the real world.²⁰

A systematic review of serious games for telerehabilitation after traumatic bone and soft tissue injuries showed that serious games can safely improve pain and functional outcomes as much as regular physiotherapy.²¹ That review also concluded that larger, higher-quality studies with cost analyses were warranted.²¹

In the rehabilitation of upper-limb motor function, tablet applications focused on touchscreen functionalities have been proposed as a method to stimulate cortical reorganisation through goal-oriented feedback-guided tasks.²² Algar et al proposed the use of applications on smartphone touchscreens for the treatment of wrist, hand and finger pathologies, and discussed their potential to act at proprioceptive and neuromuscular control levels.²³ Larsen et al showed that dexterity exercises performed directly on the touchscreens of tablet devices improve corticospinal drive to spinal motoneurons.²⁴

Applications should only be considered a 'digital therapeutic' if they are developed for a specific medical condition, use high-quality software and have evidence of efficacy. This novel concept is expected to change the paradigms of treatment through technology.²⁵ ReHand is an application created for rehabilitation after traumatic bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and fingers. It provides monitored exercise programs guided by feedback and performed on the touchscreen of a tablet device. ReHand has been developed to meet the needs of patients and healthcare professionals by physiotherapists, occupational therapists, surgeons and physiatrists. Blanquero et al showed that the ReHand tablet application improves functional ability after carpal tunnel release.²⁶

Therefore, the research question for this randomised trial was:

In people with bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, do feedback-guided exercises performed on a tablet touchscreen hasten return to work, reduce healthcare usage and improve clinical recovery more than a home exercise program prescribed on paper?

Method

Design

An assessor-blinded, parallel, two-group, randomised controlled trial enrolled workers who were off work for a wrist, hand and/or finger injury and undergoing rehabilitation through the Ibermutua

mutual insurance company. Participants were randomly allocated to one of two groups via a computer-generated, concealed allocation schedule. Participants allocated to the experimental group were prescribed a home exercise program to be performed on a tablet touchscreen using the ReHand app. Participants allocated to the control group received an evidence-based home exercise program currently used in the healthcare service. In addition to the home exercise program, both groups received the same in-patient interventions of physiotherapy and occupational therapy. Clinical data were measured at baseline and 2 weeks and 4 weeks after the baseline measure. Cost-related data were extracted from the Ibermutua healthcare institution's database when participants were discharged and returned to work. Data measurement and extraction were each carried out without knowledge of the group to which each participant belonged.

Participants, therapists and centres

People aged between 18 and 65 years whose wrist, hand and/or fingers had sustained bone and soft tissue injuries that limited functional ability were selected through consecutive sampling as they reached the Ibermutua rehabilitation unit between March and June 2019. Ibermutua is one of the largest Spanish mutual insurance companies for occupational accidents and diseases, which collaborates with social security to provide health services and disability benefits to workers. After receiving an information sheet about the study, patients were screened by three experienced physiotherapists and excluded if they had required surgical revision, any history of a psychiatric/cognitive disorder, or labour/legal problems such as complaints to the company or requests for job or contingency change.

An external assistant randomly allocated participants into the two groups. This assistant also explained the allocated intervention, answered all the questions and requested participants not to reveal their group to preserve blinding. A tablet device was loaned to participants in the experimental group who did not have access to one. After the randomisation, baseline assessments were performed by an experienced occupational therapist who was not informed of each participant's allocated group.

Interventions

All participants received the same inpatient interventions of physiotherapy and occupational therapy, according to their pathology and health insurance internal procedures. The therapy for both groups included a combination of techniques of splinting, manual therapy, electrotherapy, active exercises and sensorimotor work. Each patient was treated on ≥ 3 days per week, for 30 to 60 minutes per session. The physiotherapist and the occupational therapist who administered these interventions were blinded to each participant's group. The home exercise program was the only difference between the interventions in the two groups.

Experimental group

The experimental group's home exercise program used ReHand. ReHand is a software that comprises prescription, treatment and monitoring systems for rehabilitation of the wrist, hand and fingers.

Prescription system: The web-based prescription system allows healthcare professionals to prescribe an exercise program for their patients. ReHand has a range of specific exercises that can be selected according to each patient's specific pathology. Thus, each patient has their own exercise program configured when their details are first entered by the professional. In addition, each exercise is continuously progressed according to algorithms, depending on the extent of recovery of each patient.

Treatment system: The treatment system is a tablet application (iOS and Android) for patients to perform the home exercise program. All the exercises are performed by touching the touchscreen of a tablet device (Figure 1), thereby enabling the exercises to follow sensorimotor principles and be adapted to the pain-free range of movement of each patient.

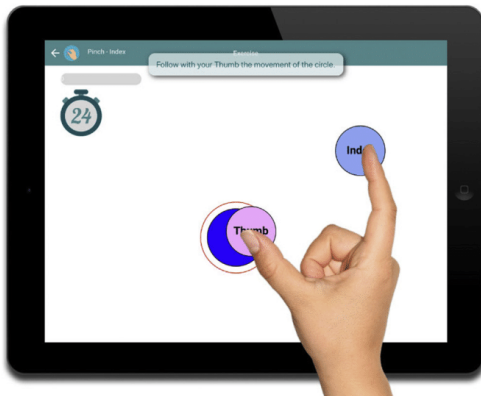


Figure 1. Example of performance of an exercise in the experimental intervention.

Monitoring system: Patient data are collected through the taps and movements made against the touchscreen during the exercises. This system also collects patient responses to clinical questionnaires and scales that are sent weekly via the app. All these data are encrypted and sent to a cloud database, enabling generation of monitoring reports to professionals. The monitoring system delivers weekly monitoring reports in PDF via email to the professionals, which summarise the patient's progress.

In the experimental group, the home exercise programs had a duration of 20 to 30 minutes. Table 1 shows an example of the exercises for radius fracture. To assist participants to understand each exercise in their individual home exercise program, they received a 10-minute demonstration of how to perform each exercise. Moreover, a video showing the optimal execution of each exercise was available through the app. A researcher was available to personally answer participants' questions in the healthcare centre.

Control group

Participants in the control group received the home exercise program on paper. This program is conventionally used at Ibermutua for bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and fingers. This program comprises wrist, hand and finger exercises developed from scientific evidence and best empirical results. This home exercise program was developed to be performed twice a day, with a total duration of 20 to 30 minutes. Exercises included in the program are detailed in Table 2. In this group, weekly monitoring of the exercises was carried out verbally in one of the face-to-face sessions.

Outcome measures

This study had one primary outcome (return to work) and two types of secondary outcomes: healthcare usage and clinical outcomes. Clinical outcomes were collected at baseline and 2 and 4 weeks later. Baseline assessment was carried out prior to the first in-patient physiotherapy and occupational therapy session. Clinical outcomes were assessed individually, in a face-to-face session, by an occupational therapist with extensive clinical and research experience. When patients were discharged and returned to work, healthcare usage data were collected from Ibermutua's database by a non-healthcare professional. For both types of variables, data collection was carried out by professionals who were blinded to each participant's allocated group.

Primary outcome

Return to work was defined as the number of calendar days between the first day of sick leave and the day the participant was discharged from the health insurance company and returned to the work environment.

Table 1
Description of the exercise program in the experimental group for rehabilitation after radius fracture.

Exercise ^a	Repetitions
Pinch exercise with the index finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
Pinch exercise with the middle finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
Pinch exercise with the ring finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
Pinch exercise with the little finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
Thumb-eye dexterity exercise, performing a controlled movement in a painless range guided by a continuously changing pattern	4
Hand-eye coordination exercise, making taps on the screen with each finger as the circles change colour	4
Hand opened and fingers extended, wrist stabilisation and little finger in contact with the tablet screen. Controlled wrist flexion-extension movement in painless range guided by feedback	4
Closed fist holding a stylus, wrist stabilisation and stylus in contact with the tablet screen. Controlled wrist flexion-extension movement in painless range guided by feedback	4
Hand opened and 2 nd to 5 th finger extended and touching the screen, with wrist stabilisation. Controlled movement of the wrist into radial and ulnar deviation by following the feedback with the fingers	4

^a Each repetition of the exercise lasts 25 seconds.

Secondary outcomes – healthcare usage

Usage was tallied for the following resources related to recovery of the injury: number of physiotherapy sessions, number of occupational therapy sessions, number of rehabilitation consultations, number of trauma consultations and number of plastic surgery consultations.

Secondary outcomes – clinical

Self-reported functional ability was assessed via the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire. This has been shown to be reliable and valid, and the translation into Spanish has been verified.^{27,28} More specifically, the shortened version of the DASH questionnaire (QuickDASH) was used, which has discriminant ability and cross-sectional and test-retest reliability similar to the DASH questionnaire.²⁹ The QuickDASH is scored from 0 to 100, with 0 being normal functional ability.

Grip strength was measured on a hydraulic grip dynamometer³. Participants were comfortably seated with the hips flexed at 90 deg and the shoulders in a neutral position. The elbow was flexed at 90 deg, forearm in neutral position, wrist between 0 and 15 deg of ulnar deviation, forearm in neutral rotation and a wrist extension between 0 and 30 deg. A maximal grip effort was performed twice with 5 minutes of rest between each measurement, and the higher value was selected.³⁰

Pinch strength was assessed on a hydraulic pinch dynamometer³, by holding it with the pad of the index finger and thumb while the examiner helped the participant to keep the forearm and hand steady and parallel to the floor. Pinch strength was measured twice with 5 minutes of rest between each measurement, and the higher value was selected.

Pain was assessed on a visual analogue scale of 0 to 10 cm, where a score of 0 meant no pain and a score of 10 meant the most severe pain. Dexterity was measured with the nine-hole peg test.³¹

Data analysis

The primary outcome (time to return to work in days) was used for the sample size calculation. A difference of 7 days was considered the smallest effect that would outweigh the additional monetary and organisational cost required to use the ReHand program instead of prescription of the home exercise program on paper. A standard deviation of 10.5 days was anticipated, based on data from the clinic. Based on these values, a two-sided alpha error rate of 0.05 and power of 80%, the required sample size was calculated at 37 patients per group. No allowance for dropouts was made.

Table 2
Description of the exercise program in the control group.

Exercise	Repetitions
With a (semi-)closed fist, perform circular movements of the wrist	15
With a (semi-)closed fist, flex and extend the wrist	15
With the hand opened and fingers extended, perform a supination and then a pronation	15
With the hand opened and fingers extended, perform a radial and then ulnar deviation	15
With the hand opened and fingers extended, perform combined movements of palmar flexion and ulnar deviation	15
With the hand opened and fingers extended, perform combined movements of dorsal flexion and radial deviation	15
Contact each finger's pad with the thumb pad	15
Contact the thumb pad with the head of each metacarpal bone	15
With the hand opened and fingers extended, flex the distal and proximal interphalangeal joints to achieve contact of the finger pads with the hand	15
With the hand opened and fingers extended, flex the metacarpophalangeal, distal interphalangeal and proximal interphalangeal joints to achieve a global contact of the fingers with the hand	15
Make a fist and then extend the fingers	15
With the hand opened and fingers extended, maximally extend the fingers	15
With the hand placed on a table, extend the fingers one by one	15
With the hand opened and fingers extended, maintain the metacarpophalangeal joint extended and perform a flexion of the distal and proximal interphalangeal joints	15

Analyses were performed on an intention-to-treat basis using commercial software^b. For each outcome, mean scores and standard deviations were reported for each group. For outcomes without a baseline measure (ie, return to work and outcomes related to healthcare resource use), mean between-group differences (95% CIs) were reported. For outcomes with a baseline measure, mean between-group differences in change scores (95% CI) were reported.

Results

Flow of participants

Between March and June 2019, 87 patients were screened. Of the 87 screened subjects, 74 met the selection criteria and were randomised to the experimental group (n = 40) or the control group (n = 34). The flow of participants through the remainder of the study is presented in Figure 2. The study follow-up ended in September 2019,

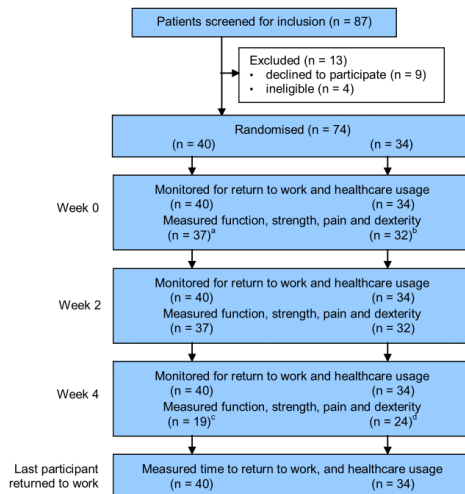


Figure 2. Design and flow of participants through the trial.

^aThree participants declined the intervention and the clinical measurements due to unfamiliarity with technology (n = 1), a psychological disorder (n = 1) and a health complication (n = 1).

^bTwo participants declined the intervention and the clinical measurements due to a health complication.

^cEighteen participants were unavailable for clinical measurements after returning to work.

^dEight participants were unavailable for clinical measurements after returning to work.

when all participants were assessed on the primary outcome (return to work) and had their healthcare usage quantified.

The pathologies of the participants are listed in Table 3 and the baseline demographic characteristics of participants are presented in Table 4. The baseline values of their clinical outcome measures are presented in the first two columns of data in Table 5.

Compliance with the study protocol

After randomisation and before the baseline assessment at Week 0, five participants withdrew from the intervention and assessment of their clinical outcomes, although they were still available for assessments of the primary outcome and healthcare usage. Of the remaining 69 participants, two in the experimental group did not receive the allocated intervention due to problems with tablet compatibility. Some participants had already returned to work by Week 4 so they were unavailable for measurement of clinical outcomes at that timepoint, as presented in Figure 2.

Effect of intervention on return to work

The average time taken to return to work was 76 days (SD 33) in the experimental group and 94 days (SD 32) in the control group. The effect of the experimental intervention on the time taken to return to work was therefore estimated to be a reduction of 18 days. This estimate exceeded the nominated smallest worthwhile effect of 7 days. The confidence interval around this estimate confirmed that the effect was beneficial (MD -18 days, 95% CI -33 to -3). Because the confidence interval spanned the nominated smallest worthwhile effect, there was some uncertainty about whether this effect alone would make the intervention clinically worthwhile. This result is summarised in Table 6, with individual-participant data presented in Table 7 on the eAddenda.

Table 3
List and frequency of pathologies included in the study.

Pathology	Exp (n = 40)	Con (n = 34)
Fractures of the radius, ulna and/or scaphoid	10	7
Fractures of one or more phalanges of the hand	7	9
Disorders of the synovium, tendon and/or bursa	3	10
Fractures of metacarpal bone(s)	4	4
Sprains and strains of the wrist and hand	5	0
Open wounds of the forearm, hand and/or finger(s)	4	1
Contusion of the wrist, hand and/or finger(s)	3	1
Carpal tunnel syndromes	2	0
Dislocations of finger(s)	1	1
Traumatic amputations of finger(s), necrosis with loss of a body part, of two or more digits of hand	1	0
Deep necrosis of underlying tissues with loss of a body part, of two or more digits of hand including thumb	0	1

Con = control group, Exp = experimental group.

Table 4
Demographic characteristics of participants (n = 74).

Characteristics	Exp (n = 40)	Con (n = 34)
Age (yr)	45 (11)	42 (11)
Gender, n (%)		
female	13 (32)	15 (44)
male	27 (68)	19 (56)

Con = control group, Exp = experimental group.

Effect of intervention on healthcare usage

In addition to hastening return to work, the experimental intervention also reduced the number of clinical appointments that participants attended. The summary data are presented in Table 6, with individual-participant data in Table 7 on the eAddenda. During the period of time off work, the experimental intervention reduced the average number of clinical appointments with: a physiotherapist (by about seven visits), a rehabilitation consultant (by about two visits) and a plastic surgeon (by about four visits). The confidence intervals around these effect estimates confirmed the benefit (Table 6), although they included estimates as small as a reduction of less than one visit. The estimated effect of the experimental intervention on the number of appointments with other clinicians (ie, occupational therapist and traumatologist) also favoured the experimental group, but the estimates were imprecise.

Effect of intervention on clinical outcomes

Self-reported functional ability (assessed on 0-to-100 QuickDash questionnaire) favoured the experimental group at Week 2 (MD -12, 95% CI -22 to -3). That confidence interval indicated that the true effect of the intervention was beneficial, but did not exclude the possibility that the effect was small. Although the mean difference at Week 4 also favoured the experimental group (MD -11), this estimate was too imprecise to clearly show that the effect was beneficial (95% CI -25 to 3). Similarly, the estimate of the effect on pinch strength favoured the experimental group at Week 2 (MD 0.94 kg, 95% CI 0.02 to 1.87) but was also unclear at Week 4. The remaining secondary outcomes all had mean estimates that favoured the experimental intervention at both time points, but all had confidence intervals that were too imprecise to clearly indicate whether the true effect was beneficial. These results are summarised in Table 5, with individual participant data presented in Table 7 on the eAddenda.

Discussion

After bone and soft tissue injury of the wrist, hand and/or fingers, provision of a home exercise program with touchscreen feedback via the ReHand tablet application instead of prescribing the home exercise program on paper hastened return to work, reduced healthcare usage, and improved early recovery of strength and function. It is

Table 6
Mean (SD) for each group and mean between-group difference (95% CI) for time to return-to-work and healthcare usage in the experimental and control groups.

Outcome	Exp (n = 40)	Con (n = 34)	Between-group difference (95% CI) Exp - Con
Return to work (d), mean (SD)	76 (33)	94 (32)	-18 (-33 to -3)
Physiotherapy sessions (n), mean (SD)	18.7 (10.6)	26.0 (14.0)	-7.4 (-13.1 to -1.6)
Occupational therapy sessions (n), mean (SD)	14.8 (11.3)	19.1 (12.9)	-4.3 (-9.9 to 1.3)
Rehabilitation consultations (n), mean (SD)	1.9 (1.6)	3.8 (4.9)	-1.9 (-3.6 to -0.3)
Traumatology consultations (n), mean (SD)	1.1 (2.4)	1.8 (3.7)	-0.6 (-2.1 to 0.8)
Plastic surgery consultations (n), mean (SD)	2.6 (4.9)	6.2 (6.9)	-3.6 (-6.3 to -0.9)

Con = control group, Exp = experimental group.

appropriate to consider whether these benefits are worthwhile, both individually and as a pool of benefits.

The estimate of the effect of the experimental intervention on the time taken to return to work (ie, a reduction of 18 days) was a more beneficial effect than the nominated smallest worthwhile effect (ie, a reduction of 7 days). Because the confidence interval (95% CI -33 to -3) spanned the smallest worthwhile effect, it is uncertain whether this effect alone would make the intervention clinically worthwhile. However, some may argue that even the weaker end of this confidence interval (ie, a reduction of 3 days) would be worthwhile. The main inconvenience of using a tablet application instead of paper to prescribe and carry out the home exercise program is the need for a tablet. Tablets can be purchased for a few hundred dollars and re-used between participants, so the reduction in lost productivity obtained by returning to work 3 days earlier may be enough to outweigh the financial drawback of changing from paper to the tablet application.

Regardless of whether or not the effect on the primary outcome is considered worthwhile as a stand-alone benefit, it needs to be considered in the light of the benefits observed among the secondary outcome measures. Provision of the home exercise program via the ReHand application reduced the number of clinical appointments with physiotherapists, rehabilitation consultants and plastic surgeons. It also improved the early recovery of functional ability and pinch strength. While the estimated amount of benefit on each of these secondary clinical outcomes individually may not be clinically worthwhile, considering these benefits together with the faster return to work arguably aggregates into a worthwhile set of benefits. Furthermore, these benefits may also accrue some economic benefits, which should also be considered in more detail.

Although cost-effectiveness was not formally assessed, substantial cost savings would be anticipated from the earlier return to work and

Table 5
Mean (SD) of groups, mean (SD) difference within groups, and mean (95% CI) difference between groups for the clinical outcomes.

Outcome	Groups						Within-group difference				Between-group difference	
	Week 0		Week 2		Week 4		Week 2 minus Week 0		Week 4 minus Week 0		Week 2 minus Week 0	Week 4 minus Week 0
	Exp (n = 37)	Con (n = 32)	Exp (n = 37)	Con (n = 32)	Exp (n = 19)	Con (n = 24)	Exp	Con	Exp	Con	Exp minus Con	Exp minus Con
QuickDASH (0 to 100)	51 (18)	48 (20)	30 (15)	39 (23)	26 (17)	38 (23)	-21 (23)	-9 (14)	-24 (27)	-13 (19)	-12 (-22 to -3)	-11 (-25 to 3)
Grip strength (kg)	14.8 (8.8)	13.7 (10.0)	22.6 (8.9)	19.4 (13.1)	22.9 (8.8)	20.1 (14.6)	7.8 (6.9)	5.7 (6.3)	10.8 (7.4)	7.2 (8.6)	2.1 (-1.1 to 5.3)	3.5 (-1.5 to 8.6)
Pinch strength (kg)	3.44 (3.18)	3.81 (3.15)	5.25 (2.37)	4.68 (3.56)	5.58 (3.69)	5.15 (3.80)	1.81 (1.91)	0.86 (1.93)	2.74 (3.72)	2.22 (2.75)	0.94 (0.02 to 1.87)	0.52 (-1.47 to 2.51)
Pain VAS (0 to 10)	4.2 (2.0)	4.4 (2.4)	3.1 (1.6)	3.6 (2.0)	2.7 (1.7)	3.6 (2.0)	-1.2 (1.9)	-0.8 (1.8)	-1.1 (2.3)	-0.9 (2.0)	-0.4 (-1.3 to 0.5)	-0.2 (-1.6 to 1.1)
Nine-hole peg test (s)	33 (15)	36 (19)	26 (8)	29 (12)	25 (5)	28 (8)	-7 (11)	-6 (10)	-12 (16)	-11 (14)	-1 (-6 to 4)	-1 (-10 to 8)

Con = control group, Exp = experimental group, QuickDASH = shortened form of the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire, VAS = visual analogue scale.

the reductions in healthcare usage. In a study of patients undergoing tendon transfer in the German healthcare system, the cost savings associated with the shorter off-work period were estimated to equate to US\$50 per day.¹⁶ If this calculation were applied to the results of our study, it would equate to an average saving of US\$900 per patient (95% CI 150 to 1,650) in this study. Similar calculations could be readily made for the cost savings due to the reduced number of visits to a physiotherapist, rehabilitation consultant and plastic surgeon. We did not assess the cost of each session but, considering the US\$20 as price per session calculated in a prior cost analysis concerning these injuries,¹⁶ a saving per patient of US\$220 can be estimated in physiotherapy and occupational therapy costs alone. Rehabilitation, plastic surgery and traumatology consultations were not assessed in prior studies.

It is possible to propose various mechanisms by which the benefits in strength, function, healthcare usage and ultimately return to work may have occurred in this study. Perhaps the participants found the application more engaging and therefore adhered more diligently to their prescribed home exercise program due to the targets and the motivational strategies. Perhaps the progression of targets and exercise dosing by the ReHand algorithms was more immediate than waiting for the weekly face-to-face meetings that occurred in the control group. However, another possible mechanism to be explored is enhancement of the sensorimotor system by the intervention. That is: the mechanism may be more complex and widespread than the local effect on the injured tissue, and be related to the central cortex.

Effects of injury,³² hand surgery³³ and arm immobilisation³⁴ on brain plasticity have been demonstrated. A reduction in the activation of the sensorimotor cortex after immobilisation have been demonstrated using transcranial magnetic stimulation.^{35,36} In addition, significant modifications at the structural level that lead to a reorganisation of the sensorimotor system have been reported using magnetic resonance imaging.³⁴ In the hand, these changes lead to the temporary 'forgetting' of its optimal functioning,³⁷ with inefficient central control of the movement, which then requires retraining of the movement.³⁸

This impairment of the sensorimotor system needs to be addressed. One of the interventions that has been demonstrated to have a direct effect at this level is the performance of tasks that involve great attention³⁹ and are influenced by practice,⁴⁰ such as those included in our intervention. Such exercises generate changes at the corticospinal level, thereby improving the function of the sensorimotor cortex⁴⁰ and motor performance.⁴¹ Mendez-Balbuena et al⁴¹ suggested that this optimisation comes from both efferent and afferent phenomena. First, this may occur through the induction of synaptic plasticity between motor cortex and alpha-motoneurons and, thus, induction of phase synchronisation. Second, it may occur through the perception of the motor task by the muscle spindles, skin and joint receptors and secondary endings, contributing to the facilitatory input to the fusimotor system and enhancing sensorimotor integration.

In order to implement these types of tasks into clinical practice, touchscreens of tablet devices have been proposed. In a study of 16 healthy females performing three 10-minute tablet-based motor practice with the non-dominant hand, changes occurred at the corticospinal drive to spinal motoneurons involved in manual dexterity.²⁴ With specific regard to the ReHand application, a study of 50 people after carpal tunnel release showed that tablet-based motor practice using ReHand improved functional ability more than a home exercise program on paper.²⁶

Beyond this, it is possible that the differences observed in the experimental group are also influenced by the use of new technologies. Telerehabilitation for musculoskeletal conditions has demonstrated that it is more effective than usual care alone when it is used together with the conventionally employed treatments.¹⁹ Specifically, serious games have proven to generate effects comparable to regular physiotherapy on functional outcomes and pain when applied to

rehabilitation after traumatic bone and soft tissue injuries.²¹ Thus, the possible effect of new technologies on clinical and cost-related outcomes needs to be considered.

A limitation of this study was that it did not assess adherence to the home exercise programs, which might have helped to determine the mechanism by which the clinical benefits occurred. Another limitation was that there were too few participants with the same injury to examine the effects in subgroups, but the range of injuries included mean that the results carry strong external validity within wrist, hand and finger injuries. Future studies should be aimed at evaluating the effects of the intervention on specific injuries separately.

In summary, in people with bone and soft-tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, prescribing a home exercise program using the tablet-based ReHand application instead of on paper hastened return to work and improved the short-term recovery of functional ability and pinch strength, while reducing the number of required healthcare appointments.

What was already known on this topic: The hand is the body segment that is most frequently affected by occupational injuries. Wrist, hand and finger injuries impair function, generate high healthcare costs and require prolonged time off work. Conventional home exercise programs help to restore some strength and function.

What this study adds: In people with bone and soft tissue injuries of the wrist, hand and/or fingers, feedback-guided exercises prescribed and performed on a tablet touchscreen hastened return to work more than a home exercise program prescribed on paper. Other benefits of the tablet-based approach were reductions in healthcare usage and greater short-term improvement in recovery of strength and functional ability.

Footnotes: ^a Baseline, Irvington, NY, USA; ^b SPSS, IBM Corporation, Armonk, NY, USA

eAddenda: Table 7 can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2020.09.012>.

Ethics: Medicine Research Ethics Committee of Madrid (CEIm-R) approved this study. All applicable institutional and governmental regulations concerning the use of human volunteers were followed. All participants gave written informed consent before data collection began.

Conflict of interest: Alejandro Suero and Jesús Blanquero were the initiators of the project in 2016 and founded a spin-off. The rest of the authors declare that they have no conflict of interest.

Source of support: This study is part of an activity that has received funding from the European Institute of Innovation and Technology (EIT). This body of the European Union receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

Acknowledgement: We thank the entire research team from Ibermutua and to the engineering team that developed ReHand, including José Manuel López, Nieves Sánchez-Laulhé and Manuel Herrera.

Provenance: Not invited. Peer reviewed.

Correspondence: Dr. María-Dolores Cortés-Vega, Physiotherapy Department, University of Seville, Seville, Spain. Email: mdcortes@us.es

References

- Larsen CF, Mulder S, Johansen AMT, Stam C. The epidemiology of hand injuries in the Netherlands and Denmark. *Eur J Epidemiol.* 2004;19:323–327.
- Centers for Disease Control. Nonfatal occupational injuries and illnesses treated in hospital emergency departments – United States, 1998. *Morb Mortal Wkly Rep.* 2001;50:313–317.
- Wong JYP. Time off work in hand injury patients. *J Hand Surg Am.* 2008;33:718–725.

4. Schaub TA, Chung KC. Systems of provision and delivery of hand care, and its impact on the community. *Injury*. 2006;37:1066–1070.
5. De Putter CE, Selles RW, Polinder S, Panneman MJM, Hovius SER, Van Beeck EF. Economic impact of hand and wrist injuries: health-care costs and productivity costs in a population-based study. *J Bone Jt Surg*. 2012;94:e56.
6. Siotos C, Ibrahim Z, Bai J, Payne RM, Seal SM, Lífchez SD, et al. Hand injuries in low- and middle-income countries: systematic review of existing literature and call for greater attention. *Public Health*. 2018;168:135–146.
7. Kay S, McMahon M, Stiller K. An advice and exercise program has some benefits over natural recovery after distal radius fracture: a randomised trial. *Aust J Physiother*. 2008;54:253–259.
8. Maciel JS, Taylor NF, McIlveen C. A randomised clinical trial of activity-focussed physiotherapy on patients with distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125:515–520.
9. Hardy MA. Principles of metacarpal and phalangeal fracture management: a review of rehabilitation concepts. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34:781–799.
10. Provinciali L, Giattini A, Splendiani G, Logullo F. Usefulness of hand rehabilitation after carpal tunnel surgery. *Muscle Nerve*. 2000;23:211–216.
11. Pomerance J, Fine I. Outcomes of carpal tunnel surgery with and without supervised postoperative therapy. *J Hand Surg Am*. 2007;32:1159–1163.
12. Sameem M, Wood T, Ignacy T, Thoma A, Strumas N. A systematic review of rehabilitation protocols after surgical repair of the extensor tendons in zones V-VIII of the hand. *J Hand Ther*. 2011;24:365–373.
13. Hall B, Lee H, Page R, Rosenwax L, Lee AH. Comparing three postoperative treatment protocols for extensor tendon repair in zones V and VI of the hand. *Am J Occup Ther*. 2010;64:682–688.
14. Hirth MJ, Bennett K, Mah E, Farrow HC, Cavallo AV, Ritz M, et al. Early return to work and improved range of motion with modified relative motion splinting: a retrospective comparison with immobilization splinting for zones V and VI extensor tendon repairs. *Hand Ther*. 2011;16:86–94.
15. Harth A, Germann G, Jester A. Evaluating the effectiveness of a patient-oriented hand rehabilitation programme. *J Hand Surg*. 2008;33:771–778.
16. Germann G, Wagner H, Blome-Eberwein S, Karle B, Wittmann M. Early dynamic motion versus postoperative immobilization in patients with extensor indicis proprius transfer to restore thumb extension: a prospective randomized study. *J Hand Surg Am*. 2001;26:1111–1115.
17. Russell TG. Physical rehabilitation using telemedicine. *J Telemed Telecare*. 2007;13:217–220.
18. Cottrell MA, Galea OA, O'Leary SP, Hill AJ, Russell TG. Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2017;31:625–638.
19. Kairy D, Lehoux P, Vincent C, Visintin M. A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. *Disabil Rehabil*. 2009;31:427–447.
20. Bergeron B. *Developing Serious Games*. Boston: Charles River Media; 2006.
21. Meijer HA, Graafland M, Goslings JC, Schijven MP. Systematic review on the effects of serious games and wearable technology used in rehabilitation of patients with traumatic bone and soft tissue injuries. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99:1890–1899.
22. Choi MJ, Kim H, Nah HW, Kang DW. Digital therapeutics: emerging new therapy for neurologic deficits after stroke. *J Stroke*. 2019;21:242–258.
23. Algar L, Valdes K. Using smartphone applications as hand therapy interventions. *J Hand Ther*. 2014;27:254–257.
24. Larsen LH, Jensen T, Christensen MS, Lundbye-Jensen J, Langberg H, Nielsen JB. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following tablet-based practice of manual dexterity. *Physiol Rep*. 2016;4:e12684.
25. Cho CH, Lee HJ. Could digital therapeutics be a game changer in psychiatry? *Psychiatry Investig*. 2019;16:97–98.
26. Blanquero J, Cortés-Vega MD, García-Frasquet MÁ, Sánchez-Laulhé PR, Nieto Díaz de los Bernardos MI, Suero-Pineda A. Exercises using a touchscreen tablet application improved functional ability more than an exercise program prescribed on paper in people after surgical carpal tunnel release: a randomised trial. *J Physiother*. 2019;65:81–87.
27. Jain R, Hudak PL, Bowen CV. Validity of health status measures in patients with ulnar wrist disorders. *J Hand Ther*. 2018;14:147–153.
28. Rosales RS, De La Lastra ID, McCabe S, Ortega Martínez JI, Hidalgo YM. The relative responsiveness and construct validity of the Spanish version of the DASH instrument for outcomes assessment in open carpal tunnel release. *J Hand Surg*. 2009;34:72–75.
29. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7:44.
30. Mitsukane M, Sekiya N, Himei S, Oyama K. Immediate effects of repetitive wrist extension on grip strength in patients with distal radial fracture. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96:862–868.
31. Wang YC, Bohannon RW, Kapellusch J, Garg A, Gershon RC. Dexterity as measured with the 9-Hole Peg Test (9-HPT) across the age span. *J Hand Ther*. 2015;28:53–60.
32. Flor H. Remapping somatosensory cortex after injury. *Adv Neurol*. 2003;93:195–204.
33. Lundborg G. Brain plasticity and hand surgery: an overview. *J Hand Surg Am*. 2000;25 B:242–252.
34. Langer N, Hänggi J, Müller NA, Simmen HP, Jäncke L. Effects of limb immobilization on brain plasticity. *Neurology*. 2012;78:182–188.
35. Ngomo S, Leonard G, Mercier C. Influence of the amount of use on hand motor cortex representation: effects of immobilization and motor training. *Neuroscience*. 2012;220:208–214.
36. Huber R, Ghilardi MF, Massimini M, Ferrarelli F, Riedner BA, Peterson MJ, et al. Arm immobilization causes cortical plastic changes and locally decreases sleep slow wave activity. *Nat Neurosci*. 2006;9:1169–1176.
37. De Jong BM, Coert JH, Stenekes MW, Leenders KL, Paans AMJ, Nicolai JPA. Cerebral reorganisation of human hand movement following dynamic immobilisation. *Neuroreport*. 2003;14:1693–1696.
38. Stenekes MW, Geertzen JH, Nicolai JPA, De Jong BM, Mulder T. Effects of motor imagery on hand function during immobilization after flexor tendon repair. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:553–559.
39. Kristeva-Feige R, Fritsch C, Timmer J, Lücking C-H. Effects of attention and precision of exerted force on beta range EEG-EMG synchronization during a maintained motor contraction task. *Clin Neurophysiol*. 2002;113:124–131.
40. Perez MA, Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following visuo-motor skill learning in humans. *J Physiol*. 2006;573:843–855.
41. Mendez-Balbuena I, Huette F, Schulte-Mönting J, Leonhart R, Manjarrez E, Kristeva R. Corticomuscular coherence reflects interindividual differences in the state of the corticomuscular network during low-level static and dynamic forces. *Cereb Cortex*. 2012;22:628–638.

ANEXO 8 – ARTÍCULO CAPÍTULO III

Journal of Physiotherapy 65 (2019) 81–87



Journal of
PHYSIOTHERAPY

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jphys

Research

Exercises using a touchscreen tablet application improved functional ability more than an exercise program prescribed on paper in people after surgical carpal tunnel release: a randomised trial

Jesús Blanquero ^a, María Dolores Cortés-Vega ^a, María Ángeles García-Frasquet ^b, Pablo Rodríguez Sánchez-Laulhé ^c, María Isabel Nieto Díaz de los Bernardos ^b, Alejandro Suero-Pineda ^c

^a Physiotherapy Department, University of Seville; ^b Hand Surgery Division, Virgen Macarena University Hospital; ^c Andalusian Public Foundation for the Management of Health Research of Seville HISEVI, Seville, Spain

KEY WORDS

Carpal tunnel syndrome
Exercise therapy
Feedback sensory
Mobile applications



ABSTRACT

Question: In people who have undergone surgical carpal tunnel release, do sensorimotor-based exercises performed on the touchscreen of a tablet device improve outcomes more than a conventional home exercise program prescribed on paper? **Design:** Randomised, parallel-group trial with concealed allocation, assessor blinding, and intention-to-treat analysis. **Participants:** Fifty participants within 10 days of surgical carpal tunnel release. **Intervention:** Each participant was prescribed a 4-week home exercise program. Participants in the experimental group received the ReHand tablet application, which administered and monitored exercises via the touchscreen. The control group was prescribed a home exercise program on paper, as is usual practice in the public hospital system. **Outcome measures:** The primary outcome was functional ability of the hand, reported using the shortened form of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (QuickDASH) questionnaire. Secondary outcomes were grip strength, pain intensity measured on a 10-cm visual analogue scale, and dexterity measured with the Nine-Hole Peg Test. Outcomes were measured by a blinded assessor at baseline and at the end of the 4-week intervention period. **Results:** At Week 4, functional ability improved significantly more in the experimental group than the control group (MD -21, 95% CI -33 to -9) on the QuickDASH score (0 to 100). Although the mean estimates of effect on the secondary outcome also all favoured the experimental group, none reached statistical significance: grip strength (MD 5.6 kg, 95% CI -0.5 to 11.7), pain (MD -1.4 cm, 95% CI -2.9 to 0.1), and dexterity (MD -1.3 seconds, 95% CI -3.7 to 1.1). **Conclusion:** Use of the ReHand tablet application for early rehabilitation after carpal tunnel release is more effective in the recovery of functional ability than a conventional home exercise program. It remains unclear whether there are any benefits in grip strength, pain or dexterity. **Trial registration:** ACTRN12618001887268. [Blanquero J, Cortés-Vega MD, García-Frasquet MÁ, Sánchez-Laulhé PR, Nieto Díaz de los Bernardos MI, Suero-Pineda A (2019) Exercises using a touchscreen tablet application improved functional ability more than an exercise program prescribed on paper in people after surgical carpal tunnel release: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy* 65:81–87]

© 2019 Australian Physiotherapy Association. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Carpal tunnel syndrome is a focal and compressive neuropathy in which raised pressure in the carpal canal results in median nerve compression and impaired nerve perfusion, leading to discomfort and paraesthesia in the hand.^{1,2} Conservative treatments are recommended as initial management, whereas surgery is generally recommended in refractory cases.²

Carpal tunnel decompression is the accepted surgical treatment when conservative measures fail,¹ with the rate of surgical intervention after initial conservative management being between 57 and 66%.² Open carpal tunnel release is the standard surgical technique.¹ However, the method of post-surgical rehabilitation that

should be used is controversial.³ Post-surgical immobilisation, despite a lack of scientific evidence reporting its value^{3–5} and the existence of Level 1 evidence of its lack of benefit,⁶ is still employed by approximately half of surgeons, although the number of professionals advocating for it is decreasing annually.⁶ Several groups of authors have found that there is no beneficial effect obtained from postoperative immobilisation compared to soft dressing allowing movement after carpal tunnel release.^{7–9} Other studies have reported that early mobilisation results in an improvement in pain, grip and pinch strength,¹⁰ as well as a reduction in the time to return to activities of daily living and work,^{10,11} compared to immobilisation. In light of this evidence, the European guidelines¹² state that exercises should be considered for the postoperative period.

<https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.008>

1836-9553/© 2019 Australian Physiotherapy Association. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

A systematic review identified that home exercise programs have similar effects as face-to-face rehabilitation on function, dexterity and strength after carpal tunnel release.⁴ In one of the reviewed studies, Provinciali et al compared a multimodal rehabilitation program against a 2-week home exercise program in a sample of 100 participants; no significant between-group differences were found in the Boston Carpal Tunnel Questionnaire, Jebsen-Taylor test, and 9-Hole Peg Test after 3 months of follow-up.¹³ Pomerance et al compared, in a sample of 150 participants, the treatment by a hand therapist against a home exercise program; they found no significant differences in pain, grip and pinch strength or the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) questionnaire after 3 and 6 months of follow-up.¹⁴ They also made an observation about the relative cost-effectiveness of home exercise programs and face-to-face rehabilitation, concluding that the latter seems to be unjustified for uncomplicated patients with conventional short incisions.¹⁴

Carpal tunnel syndrome is not just a peripheral problem; it has a central involvement, which rehabilitation (including home exercise programs) ought to address. This central involvement is characterised by cortical reorganisation caused by chronic median nerve dysfunction and altered somatosensory afference.¹⁵ In people with carpal tunnel syndrome, this impacts sensorimotor integration and motor performance,^{16,17} resulting in deficits in dextrous manipulation and finger force distribution control.^{18,19} Those abilities are basic for activities of daily living, relating directly to the impairment of functionality and quality of life in people with carpal tunnel syndrome.

Some recent preliminary studies have shown that an exercise application (app) on a tablet device can improve dexterity and corticospinal drive to spinal motoneurons.^{20,21} This study is part of a larger body of research that has studied the effectiveness of a sensorimotor approach for the recovery of hand trauma pathologies, through the enhancement of neuromuscular control and the effect at cortical level.²² Therefore, one way to expand this field of knowledge is through a new sensorimotor modality via a tablet touchscreen using the ReHand app. ReHand is an app specifically developed for the trauma approach of the wrist, hand and fingers through exercises that are performed on the touchscreen. The app has been developed by and under the supervision of healthcare professionals, including surgeons, physiotherapists and occupational therapists, so the functionalities seek to meet the needs that these professionals identified through their patients in practice.

Therefore, the research question for this randomised trial was:

In people who have undergone surgical carpal tunnel release, do sensorimotor-based exercises performed on the touchscreen of a tablet device improve outcomes more than a conventional home exercise program prescribed on paper?

Method

Design

An assessor-blinded, parallel-group, randomised controlled trial was undertaken in people who had undergone surgical carpal tunnel release. The study was conducted from November 2018 to January 2019. Participants were randomly allocated to an experimental group or a control group using a computer-generated, concealed allocation schedule. All participants received a 4-week home exercise program. Participants in the experimental group were allocated a program that included sensorimotor-based exercises performed using a tablet touchscreen. Participants in the control group received a home exercise program conventionally provided on paper for rehabilitation after carpal tunnel release in the public healthcare system. Data were collected by a blinded assessor prior to randomisation and 4 weeks later.

Participants, therapists, centres

People aged between 18 and 65 years old who had undergone surgical carpal tunnel release were consecutively screened at Virgen Macarena and Virgen del Rocío University Hospitals, Seville, Spain. Two experienced hand surgeons performed screening against these inclusion criteria: diagnosis of carpal tunnel syndrome was based on history, examination, and nerve conduction studies; open carpal tunnel release with a standard surgical approach was no more than 10 days prior to the baseline measurement; and a tablet device was accessible to the person for the study period. Potential participants were excluded if they had: a history of neurological, psychiatric or cognitive disorder; or a plan to receive physiotherapy during the 4-week study period.

After confirmation of eligibility and completion of the baseline measurements, an independent researcher randomly allocated participants via a computer-generated, random allocation schedule without knowledge of the baseline measurement results. This researcher also: explained how to carry out the randomly allocated intervention; asked the participant not to reveal this intervention to any of the study's investigators; answered any questions from the participant; and provided telephone support. In addition, this independent researcher oversaw the weekly monitoring of the participants. Since it was not possible to blind participants, efforts were made to keep participants unaware of the details of the intervention being allocated to the opposite group. For this reason, the two interventions were described in the information sheet as home-based exercise programs with differing formats.

Interventions

Participants in both groups were advised to carry out their allocated exercise intervention autonomously at home, completing one session a day on at least 5 days a week, for 4 weeks. The exercise program lasted approximately 25 minutes per session. The differences between the two groups were the exercise program employed and how adherence to treatment was measured.

Experimental group

Participants in the experimental group performed the home exercise program using the ReHand tablet app. This app was developed under the guidance of several healthcare professionals (surgeons, physiotherapists and occupational therapists) for use on Android and iOS tablets to enhance, through controlled active work, the dexterity and functionality of the wrist, hand and fingers after traumatic injury. ReHand has a range of specific exercises for these purposes, which can be configured into an exercise program according to the pathology and progress of the patient. All of the exercises are performed on the tablet touchscreen (Figure 1). For the experimental group, a specific program was designed for rehabilitation after carpal tunnel release consisting of exercises for mobility, co-ordination and dexterity of the hand, wrist and fingers, as described in detail in Table 1. The exercises are performed by making taps and movements while touching the touchscreen and guided by feedback, thereby enabling sensorimotor-based, controlled, active exercise. To assist users to understand each exercise on the app, it gives both step-by-step real-time instructions and a video demonstration of the exercise being performed. The explanation of this intervention to the participants randomised to the experimental group included: a 5-minute demonstration of how to use the ReHand app on a tablet; information about how to download the app from Android and iOS sources; provision of a username and password; and telephone support.

Data were transferred from the app to a web management panel, which allowed monitoring of adherence to the prescribed exercise program. In this group, this system was used by the researcher in charge of monitoring. Those participants who did not use the app in the first 5 days were telephoned to ensure that they were not experiencing technical difficulties.

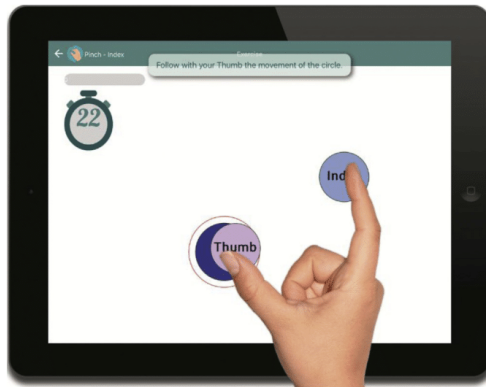


Figure 1. Example of performance of an exercise in the experimental intervention.

Control group

The participants of this group received a home exercise program on paper. This program is conventionally used in the public hospital system for early rehabilitation after carpal tunnel release. The exercises are focused on mobility of the entire upper limb, with greater emphasis on those exercises relating to the hand. These exercises are detailed in Table 2. A researcher monitored the exercises performed by the participant through a weekly telephone call.

Outcome measures

Baseline measures were collected between 7 and 10 days after surgery and prior to random allocation to a study group. Final measures were collected 4 weeks later, at the end of the intervention period. All measures were assessed in each participant individually and face-to-face. The measurements were made by a single physiotherapist with extensive clinical experience, who was blinded to each participant's allocated group. Participants were also blind to allocation during the baseline measurements and subsequently they were instructed not to reveal to the assessor the group to which they belonged.

Primary outcome

Changes in self-reported functional ability were measured on the DASH questionnaire, which is considered to be one of the main measurements in carpal tunnel research.³ The DASH questionnaire has been shown to be reliable and valid, and has been successfully translated into Spanish.^{3,23} Functional ability was measured through the shortened form of the DASH questionnaire (QuickDASH), which has a discriminant ability, cross-sectional reliability and test-retest reliability similar to the DASH questionnaire,²⁴ which further demonstrates its validity and practical utility in people who have undergone carpal tunnel release.²⁵

Secondary outcomes

Grip strength measurement was performed using a hydraulic grip dynamometer²⁶. Participants were seated comfortably upright, with both feet on the ground, shoulders adducted and neutrally rotated, elbow flexed at 90 deg, forearm in neutral rotation, and wrist between 0 deg and 30 deg dorsiflexion and between 0 deg and 15 deg ulnar deviation. Three successive trials were recorded for each test, with 30 seconds of rest between each measurement. The average of the three measurements was used in the analysis. This procedure has been well documented as reliable.²⁶

Pain severity was assessed on a visual analogue scale of 0 to 10 cm, where a score of 0 equated to 'no pain' and 10 equated to the 'most severe pain'.

The Nine-Hole Peg Test is one of the most commonly used tools for assessing dexterity.²⁷ The test uses a square board with nine holes, with a container holding nine pegs attached to it. The participant must pick up one peg at a time and put it into a hole until all the holes are filled in any order. Then, the participant must remove all the pegs one at a time and return them to the container. Standard instructions for the test were given along with a brief demonstration.²⁸ Participants performed a brief practice test prior to the actual test.

Assessor blinding was evaluated at the end of the trial by asking the assessor if any of the participants had indicated to which group they had been allocated.

Data analysis

The intention-to-treat principle was used for data analysis. Mean scores, SDs and between-group differences (95% CIs) were calculated for all outcomes at baseline and at the end of the 4-week intervention period. The between-group differences and their respective 95% CIs were calculated using linear mixed models with group, time and group-versus-time interaction terms. The confidence level adopted was 5% and statistical analyses were performed using commercial software^b.

Results

Flow of participants

Of 72 screened subjects, 50 met the selection criteria and completed the study. The flow of participants is detailed in Figure 2. The mean age of the participants was 50 years (SD 8), of whom nine (18%) were men and 41 (82%) were women. The mean age of the participants in the experimental group was 51 years (SD 8), of whom three were male and 22 were female. The mean age of participants in the control group was 49 years (SD 7), of whom six were male and 19 were female. The groups had similar baseline scores on all the outcome measures. Baseline demographic and clinical characteristics of participants are presented in Table 3.

Compliance with the study protocol

All participants were allocated the treatment in line with their random allocation. All participants underwent baseline and final

Table 1
Description of experimental intervention (app-based exercises) for rehabilitation after carpal tunnel release.

Exercise (each repetition of the exercise lasts 25 seconds)	Repetitions
1. Pinch exercise with the index finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
2. Pinch exercise with the middle finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
3. Pinch exercise with the ring finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
4. Flexion-extension exercise of the index finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
5. Flexion-extension exercise of the middle finger, performing a controlled movement in a painless range guided by feedback	4
6. Hand-eye co-ordination exercise, making taps on the screen with each finger as the circles change colour	4
7. Hand opened and fingers extended, wrist stabilisation and little finger in contact with the tablet screen. Controlled wrist flexion-extension movement in painless range guided by feedback	4
8. Closed fist holding a stylus, wrist stabilisation and stylus in contact with the tablet screen. Controlled wrist flexion-extension movement in painless range guided by feedback	4

Table 2

Description of control intervention (home exercise program) conventionally used in public health services.

Exercise	Sets	Repetitions
1. Make a fist and then extend the fingers	3	15
2. With the hand opened and fingers extended, maximally extend the wrist	3	15
3. With the hand opened and fingers extended, maximally abduct the fingers	3	15
4. Contact each finger's pad with the thumb pad	3	15
5. With a (semi-) closed fist, flex and extend the wrist	3	15
6. With the hand opened and fingers extended, deviate the hand towards radius and ulna	3	15
7. With a semi-closed fist, perform rotating movements of the fist	3	15
8. Standing or sitting in a chair, extend the elbow so that the upper limb hangs beside the body	3	10
9. From the previous position, slowly raise the upper limb to the horizontal plane with the elbow in extension	3	10
10. From the previous position, flex the elbow and touch the same shoulder with your fingers	3	10

measures. No participants revealed their group allocation to the assessor.

Effect of intervention

At Week 4, functional ability improved significantly more in the experimental group than the control group (MD -21, 95% CI -33 to -9) on the QuickDASH score (0 to 100). Summary data are presented in Table 4 and individual-participant data are presented in Table 5 on the eAddenda.

Although the mean estimates of effect on the secondary outcome also all favoured the experimental group, none reached statistical significance: grip strength (MD 5.6kg, 95% CI -0.5 to 11.7), pain (MD -1.4 cm, 95% CI -2.9 to 0.1), and dexterity (MD -1.3 seconds, 95% CI -3.7 to 1.1). Summary data are presented in Table 4 and individual-participant data are presented in Table 5 on the eAddenda.

Discussion

The main finding of this study was that an exercise program administered via an app on a tablet produced a significantly greater improvement in self-reported functional ability than an exercise program prescribed on paper. This result suggests that the innovative

format of rehabilitation through movements and taps on dynamic touchscreen targets might provide more effective rehabilitation after carpal tunnel release than the results obtained with a home exercise program prescribed on paper.

It is important to consider whether the effect observed on the primary outcome is likely to be clinically worthwhile. The protocol for this study did not prospectively nominate the smallest effect on the primary outcome that would make using the app (as opposed to using the paper handout) to carry out the home program worthwhile. It seems reasonable to assume that this smallest worthwhile effect would be marginal, given that the costs, risks and inconveniences of the experimental and control interventions in the study were not very different. Specifically, apps are generally relatively inexpensive, the risk of adverse effects was low in both groups (neither group reported any adverse events), and the time and effort involved in performing the exercises was very similar in both groups. One factor that would increase the cost of the experimental intervention would be providing a tablet to patients who do not have one. However, many patients already have at least temporary access to a tablet and an institution may be able to loan a tablet with the experimental app loaded on it to successive patients after carpal tunnel release. Therefore, the authors consider that the mean estimate of the effect (21 points extra benefit on the 100-point QuickDASH from using the app instead of the paper handout) would make using the app worthwhile. Arguably, even the lower end of the confidence interval

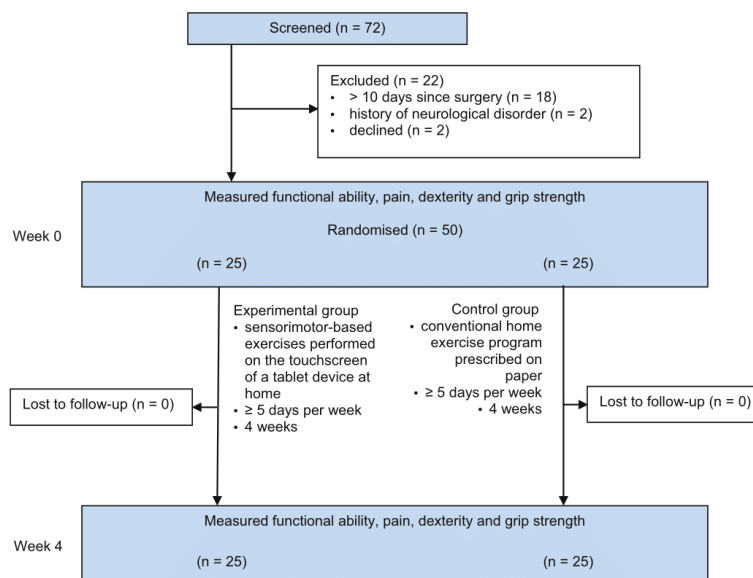
**Figure 2.** Design and flow of participants through the trial.

Table 3
Baseline characteristics of participants (n = 50).

Characteristics	Exp (n = 25)	Con (n = 25)
Age (yr), mean (SD)	51 (8)	49 (7)
Gender, n female (%)	22 (88)	19 (76)
Functional ability (QuickDASH) (0 to 100), mean (SD)	73 (14)	66 (24)
Pain (VAS) (0 to 10), mean (SD)	5.1 (2.6)	4.8 (2.9)
Dexterity (NHPT) (s), mean (SD)	22.7 (3.9)	23.4 (5.3)
Grip strength (kg), mean (SD)	17.6 (12.0)	17.4 (14.7)

Con = control group, Exp = experimental group, NHPT = Nine-Hole Peg Test, QuickDASH = shortened form of the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire, VAS = Visual Analogue Scale.

(ie, 9 points extra improvement from using the app) might be considered worthwhile by some patients, especially those who already have a tablet.

It is also important to consider whether the results on the primary and secondary outcomes are believable and consistent with other research. The believability of the primary outcome is well supported by the robustness of the study's methods, which included concealed allocation, assessor blinding, complete follow-up and intention-to-treat analysis. The statistically significant result on the primary outcome is unlikely to be a Type-I error (ie, a chance finding) because it was prospectively registered and only four statistical tests were conducted in total. It is notable that the primary outcome was a subjective measure and the benefit was not also demonstrated on another objective measure, which raises the possibility of a 'polite patient' effect. However, participants were kept unaware of the opposite group's intervention, which should have minimised the potential for such an effect. Furthermore, further insight about the secondary outcomes can be obtained by considering each one individually.

The grip strength data are quite consistent with existing evidence. In the present study, grip strength increased from 17.4 to 25.9 kg in the control group. This value in the control group after 4 weeks of intervention corresponds to data observed by Pomerance et al,¹⁴ where, after 4 weeks of home therapy exercises, a grip strength of 24 kg was observed. The mean between-group difference in change in grip strength in the present study was 5.6 kg in favour of the experimental group. While this result was non-significant, the confidence interval includes the possibility that the true mean effect could be over 11 kg. This could be partly explained by conclusions drawn by Kamath et al,²⁹ whereby the improvement in grip strength was greatest from the tenth day to the third month after the operation. Our hypothesis was that the sensorimotor-based, controlled and early work that ReHand allows might accelerate the recovery of strength. Early recovery of strength may also be related to the enhancement of other measures, such as functional ability and pain, aligning with findings from previous studies. For example, Pomerance et al found an average DASH and self-reported pain scores of 18 and 1 points, respectively, after 6 months of home exercises after carpal tunnel release.¹⁴ This progression of the DASH score aligns with the results obtained in the current control group, where this functional score improved from 66 to 53 points during 1 month of conventional exercises, suggesting that a similar evolution to Pomerance et al would be followed at 6 months.

However, the less favourable end of the confidence interval must also be considered. This negligible adverse effect (ie, 0.5 kg less improvement in grip strength) is reassuring because, even in the worst-case scenario, it shows that the improvement in the primary outcome was obtained without substantial detriment to the recovery of grip strength.

The next secondary outcome was dexterity assessed using the Nine-Hole Peg Test, which (like grip strength) was non-significant, had a mean estimate that favoured the experimental treatment, and had a confidence interval that only extended a relatively small way into the detrimental range (ie, at worst, 1 second less improvement on a test that takes 20 seconds on average). It is therefore possible, but uncertain, that the improvement in self-reported functional ability might be due to improved dexterity (which would be plausible, given that many of the items on the QuickDASH contain a dexterity component). We suggest that any amelioration of critical hand variables, such as pain, weakness or reduced functional ability, could arise from enhancement of the sensorimotor system at both peripheral and central levels, achieving greater and more controlled ability to fire motor units, optimising recruitment of the muscles involved. Manual dexterity is related to the optimal development and function of the corticospinal system.³⁰ The major contributor to the corticospinal system in primates is the primary motor cortex, which is related directly to primary somatosensory cortex. Thus, alteration in the primary somatosensory cortex conditions the performance of the primary motor cortex.³¹ To assess this relationship, coherence between cortical activity recorded by electroencephalography and muscular activity recorded by electromyography has been used elsewhere, providing data on the status of the information sent from the motor cortex and its transmission to the spinal motoneurons during muscle activation.³² Previous studies have shown that the performance of tasks that require great attention and precision³³ and are influenced by practice³⁴ (such as the activities included in the tablet app) influences this coherence, generating changes at the corticospinal level that reflect an optimisation in the sensorimotor integration between the cortex and the muscle,³⁴ achieving improvements in motor performance.³⁵ This was one of the results obtained by Larsen et al²¹ through tablet-based motor practice (3 × 10 minutes) with the non-dominant hand in 16 healthy females. Thus, it is proposed that through performing this type of task, communication between the motor cortex and motoneurons can be facilitated, inducing and strengthening synaptic plasticity between both networks and a higher coherence.³⁵ A significant effect on dexterity will be necessary to demonstrate the relevance of this mechanism, which could be the focus of future research. In the meantime, it can be assumed that the improvement in self-reported functional ability may or may not come from improved dexterity, but it certainly does not come at the expense of substantial detriment to dexterity.

The remaining secondary outcome is pain, which has a fundamental role in this cortical synchrony. As one of the main generators of the alterations in the primary somatosensory cortical representations,³⁶ pain creates a redistribution of activity within a muscle³⁷ and changes the mechanical behaviour of the movement.³⁸ This suggests that controlled painless activities (such as those implemented in ReHand through previous pain-free movement calibration) are appropriate because they seek to avoid the

Table 4
Mean (SD) of groups, mean (SD) difference within groups, and mean (95% CI) difference between groups.

Outcome	Groups				Difference within groups		Difference between groups
	Week 0		Week 4		Week 4 minus Week 0		Week 4 minus Week 0
	Exp (n = 25)	Con (n = 25)	Exp (n = 25)	Con (n = 25)	Exp	Con	Exp minus Con
Functional ability (QuickDASH) (0 to 100)	73 (14)	66 (24)	39 (24)	53 (24)	-34 (18)	-13 (24)	-21 (-33 to -9)
Pain (VAS) (0 to 10)	5.1 (2.6)	4.8 (2.9)	4.0 (2.7)	5.0 (3.2)	-1.2 (2.8)	0.2 (2.3)	-1.4 (-2.9 to 0.1)
Dexterity (NHPT) (s)	22.7 (3.9)	23.4 (5.3)	18.1 (2.3)	20.1 (4.7)	-4.6 (3.6)	-3.3 (4.6)	-1.3 (-3.7 to 1.1)
Grip strength (kg)	17.6 (12.0)	17.4 (14.7)	31.6 (12.7)	25.9 (13.1)	14.1 (12.2)	8.5 (8.9)	5.6 (-0.5 to 11.7)

Con = control group, Exp = experimental group, VAS = visual analogue scale, NHPT = Nine-Hole Peg Test, QuickDASH = shortened format of the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire.

mechanisms that cause alteration of the sensorimotor system and provide a stimulus to return to the initial pattern. Therefore, a significant reduction of pain in the experimental group would be expected to have contributed to improvement in functional ability. Again, however, the result was non-significant, the mean estimate favoured the experimental group, and the confidence interval excluded all but the most trivial of detrimental effects (ie, 0.1 points less improvement on the 10-point visual analogue scale). Therefore, to summarise all the secondary outcome results: it is unknown whether the improvement in self-reported functional ability might have been due to improvements in pain, dexterity and/or strength, but it is clear that the significant benefit on the primary outcome was achieved without substantial detriment to recovery on the three secondary outcomes.

Another possible explanation for the presence of an effect on the primary outcome but not elsewhere could be greater variability in the secondary outcomes. For example, the fundamental action the Nine-Hole Peg Test entails grasping small objects. This action involves two movements: a controlled and precise movement of the index finger and thumb to perform the pinch, and another action transporting the executing hand.³⁹ In people with carpal tunnel syndrome, the disorganisation at the central level¹⁶ may cause an alteration in the function of the entire upper limb, which would correspond to an increase in the transport variability of the executing hand.⁴⁰ In the present study, the intervention of the control group involved a series of exercises not only at the wrist, hand and finger (as in the experimental group) but also at the elbow and shoulder level. This can have an effect on the kinematics of the entire upper limb in the control group, since co-ordinated movements of the entire upper limb (including the elbow and shoulder) are involved in hand transport in the Nine-Hole Peg Test. Furthermore, there was considerable improvement in the experimental group (from 22.7 to 18.1 seconds) and in the control group (from 23.4 to 20.1 seconds), which brought the participants – especially those in the experimental group – close to the normative values of 19 seconds in men and 17.7 seconds in women.²⁷ This may have caused a ceiling effect in the experimental group but not in the control group.

Some limitations of this study must be acknowledged. No measurements were made during the treatment period or at a post-intervention follow-up. Such measures would have helped to reveal the evolution of any benefits, and whether they were sustained. They may have also helped to discern whether and when the outcome measures of the control group reached those of the experimental group. Another limitation was the absence of cost-utility variables. These could have indicated the effects of the experimental intervention on the consumption of health resources based on the quality of life reported by the participants.

In summary, our data suggest that a home program performed using the tablet-based ReHand app in early rehabilitation after surgical carpal tunnel release appears to be more effective in the recovery of the functional ability than a conventional home program prescribed on paper. Future research should seek to clarify the effects on the secondary outcomes, which appear promising but remain uncertain due to imprecision around the between-group estimates. Future research could also investigate possible effect on other variables, such as the proprioceptive system, quality of life or consumption of resources, as well as the effect on other high-incidence trauma pathologies such as distal radius fractures.

What was already known on this topic: Carpal tunnel syndrome causes discomfort and paraesthesia in the hand. Conservative treatments are recommended as initial management. Surgery is generally recommended in severe and refractory cases. The best method of post-surgical rehabilitation is unknown.

What this study adds: Use of a tablet app for early rehabilitation after carpal tunnel release is more effective in the recovery of functional ability than a conventional paper-based home exercise program. It remains unclear whether the effect is accompanied by any benefits in grip strength, pain or dexterity.

Footnotes: ^a Baseline, Irvington, NY, USA. ^b SPSS, IBM Corporation, Armonk, NY, USA.

eAddenda: Table 5 can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.02.008>.

Ethics approval: The Virgen Macarena and Virgen del Rocio University Hospitals Ethics Committee approved this study. All applicable institutional and governmental regulations concerning the use of human volunteers were followed. All participants gave written informed consent before data collection began.

Competing interests: Andalusian Health Service (SAS) has a collaboration agreement concerning the ReHand solution, and may benefit financially if this research generates a successful marketing value related to ReHand. The terms of this agreement have been reviewed and approved by Andalusian Health Service in accordance with its policy on Financial Conflict of Interest. Alejandro Suero and Jesús Blanquero were the initiators of the project and founded a spin-off.

Source(s) of support: This study was supported by the Innovation Projects Grant #0143-2017 of the Health Council of Andalusian Government. This study is part of an activity that has received funding from the European Institute of Innovation and Technology (EIT). This body of the European Union receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program.

Acknowledgements: We thank to the entire ReHand research team, and to the engineering team that developed 'ReHand': José Manuel López, Antonio García and Nieves Sánchez-Laulhé.

Provenance: Not invited. Peer reviewed.

Correspondence: María Dolores Cortés-Vega, Physiotherapy Department, University of Seville, Seville, Spain. Email: mdcortes@us.es

References

- Badger SA, O'Donnell ME, Sherigan JM, Connolly P, Spence RAJ. Open carpal tunnel release—still a safe and effective operation. *Ulster Med J*. 2008;77:22–24.
- Burton CL, Chesterton LS, Chen Y, van der Windt DA. Clinical course and prognostic factors in conservatively managed carpal tunnel syndrome: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97:836–852.
- Peters S, Page MJ, Coppiters MW, Ross M, Johnston V. Rehabilitation following carpal tunnel release. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2:CD004158.
- Huisstede BM, Randsdorp MS, Coert JH, Glerum S, van Middelkoop M, Koes BW. Carpal Tunnel Syndrome. Part II: Effectiveness of Surgical Treatments—A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91:1005–1024.
- Isaac SM, Okoro T, Daniai I, Wildin C. Does wrist immobilization following open carpal tunnel release improve functional outcome? A literature review. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2010;3:11–17.
- Henry SL, Hubbard BA, Concannon MJ. Splinting after carpal tunnel release: current practice, scientific evidence, and trends. *Plast Reconstr Surg*. 2008;122:1095–1099.
- Finsen V, Andersen K, Russwurm H. No advantage from splinting the wrist after open carpal tunnel release. A randomized study of 82 wrists. *Acta Orthop Scand*. 1999;70:288–292.
- Martins RS, Siqueira MG, Simplicio H. Wrist immobilization after carpal tunnel release: a prospective study. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006;64:596–599.
- Huemer GM, Koller M, Pachinger T, Dunst KM, Schwarz B, Hintringer T. Postoperative splinting after open carpal tunnel release does not improve functional and neurological outcome. *Muscle Nerve*. 2007;36:528–531.
- Cook AC, Szabo RM, Birkholz SW, King EF. Early mobilization following carpal tunnel release. A prospective randomized study. *J Hand Surg Br*. 1995;20:228–230.
- Bury TF, Akelman E, Weiss AP. Prospective, randomized trial of splinting after carpal tunnel release. *Ann Plast Surg*. 1995;35:19–22.
- Huisstede BM, Fridén J, Coert JH, Hoogvliet P. European HANDGUIDE Group. Carpal Tunnel Syndrome: Hand Surgeons, Hand Therapists, and Physical Medicine and Rehabilitation Physicians Agree on a Multidisciplinary Treatment Guideline—Results From the European HANDGUIDE Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95:2253–2263.
- Provinciani L, Giattini A, Splendiani G, Logullo F. Usefulness of hand rehabilitation after carpal tunnel surgery. *Muscle and Nerve*. 2000;23:211–216.
- Pomerance J, Fine I. Outcomes of carpal tunnel surgery with and without supervised postoperative therapy. *J Hand Surg Am*. 2007;32:1159–1163.
- Maeda Y, Kettner N, Sheehan J, Kim J, Cina S, Malatesta C, et al. Altered brain morphometry in carpal tunnel syndrome is associated with median nerve pathology. *NeuroImage Clin*. 2013;2:313–319.
- Maeda Y, Kettner N, Holden J, Lee J, Kim J, Cina S, et al. Functional deficits in carpal tunnel syndrome reflect reorganization of primary somatosensory cortex. *Brain*. 2014;137:1741–1752.
- Fernández-de-las-Peñas C, Pérez-de-Heredia-Torres M, Martínez-Piédrola R, de la Llave-Rincón AL, Cleland JA. Bilateral deficits in fine motor control and pinch grip force in patients with unilateral carpal tunnel syndrome. *Exp Brain Res*. 2009;194:29–37.
- Zhang W, Johnston JA, Ross MA, Sanniec K, Gleason EA, Dueck AC, et al. Effects of carpal tunnel syndrome on dexterous manipulation are grip type-dependent. *PLoS One*. 2013;8:e53751.

19. Zhang W, Johnston JA, Ross MA, Smith AA, Coakley BJ, Gleason EA, et al. Effects of carpal tunnel syndrome on adaptation of multi-digit forces to object mass distribution for whole-hand manipulation. *J Neuroeng Rehabil.* 2012;9:83.
20. Kizony R, Zeilig G, Dudkiewicz I, Schejter-Margalit T, Rand D. Tablet apps and dexterity: comparison between 3 age groups and proof of concept for stroke rehabilitation. *J Neurol Phys Ther.* 2016;40:31–39.
21. Larsen LH, Jensen T, Christensen MS, Lundbye-Jensen J, Langberg H, Nielsen JB. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following tablet-based practice of manual dexterity. *Physiol Rep.* 2016;4:e12684.
22. Valdes K, Naughton N, Algar L. Sensorimotor interventions and assessments for the hand and wrist: A scoping review. *J Hand Ther.* 2014;27:272–286.
23. Jain R, Hudak PL, Bowen CV. Validity of health status measures in patients with ulnar wrist disorders. *J Hand Ther.* 14:147–153.
24. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:44.
25. Yücel H, Seyithanoğlu H. Choosing the most efficacious scoring method for carpal tunnel syndrome. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2015;49:23–29.
26. Fess EE. Grip strength. In: Casanova J, ed. *Clinical Assessment Recommendations*. Chicago: American Society of Hand Therapists; 1992:41–45.
27. Grice KO, Vogel KA, Le V, Mitchell A, Muniz S, Vollmer MA. Adult norms for a commercially available nine hole peg test for finger dexterity. *Am J Occup Ther.* 2003;57:570–573.
28. Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult norms for the Nine Hole Peg Test of finger dexterity. *Occup Ther J Res.* 1985;5:24–38.
29. Kamath SU, Vivek N, Gowtham KR. Motor function outcome assessment by grip and pinch strength following carpal tunnel release. *Indian J Sci Technol.* 2016;9:10.
30. Lemon RN, Griffiths J. Comparing the function of the corticospinal system in different species: Organizational differences for motor specialization? *Muscle Nerve.* 2005;32:261–279.
31. Borich MR, Brodie SM, Gray WA, Ionta S, Boyd LA. Understanding the role of the primary somatosensory cortex: Opportunities for rehabilitation. *Neuropsychologia.* 2015;79:246–255.
32. Halliday DM, Conway BA, Farmer SF, Rosenberg JR. Using electroencephalography to study functional coupling between cortical activity and electromyograms during voluntary contractions in humans. *Neurosci Lett.* 1998;241:5–8.
33. Kristeva-Feige R, Fritsch C, Timmer J, Lücking C-H. Effects of attention and precision of exerted force on beta range EEG-EMG synchronization during a maintained motor contraction task. *Clin Neurophysiol.* 2002;113:124–131.
34. Perez MA, Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Changes in corticospinal drive to spinal motoneurons following visuo-motor skill learning in humans. *J Physiol.* 2006;573:843–855.
35. Mendez-Balbuena I, Huete F, Schulte-Monting J, Leonhart R, Manjarrez E, Kristeva R. Corticomuscular coherence reflects interindividual differences in the state of the corticomuscular network during low-level static and dynamic forces. *Cereb Cortex.* 2012;22:628–638.
36. Napadow V, Kettner N, Ryan A, Kwong KK, Audette J, Hui KKS. Somatosensory cortical plasticity in carpal tunnel syndrome—a cross-sectional fMRI evaluation. *Neuroimage.* 2006;31:520–530.
37. Hodges PW, Ervilha UF, Graven-Nielsen T. Changes in motor unit firing rate in synergist muscles cannot explain the maintenance of force during constant force painful contractions. *J Pain.* 2008;9:1169–1174.
38. Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain. *Pain.* 2011;152:S90–S98.
39. Dubrowski A, Bock O, Carnahan H, Jüngling S. The coordination of hand transport and grasp formation during single- and double-perturbed human prehension movements. *Exp Brain Res.* 2002;145:365–371.
40. Nataraj R, Evans PJ, Seitz WH, Li Z-M. Effects of carpal tunnel syndrome on reach-to-pinch performance. *PLoS One.* 2014;9:e92063.