

## **TECNOLOGÍAS APLICADAS AL DISEÑO PARA EL CUIDADO DEL ADULTO MAYOR**

TECHNOLOGIES APPLIED TO DESIGN FOR THE CARE OF OLDER ADULTS

**Valeria Paz Bravo-Carrasco\***  
**María Teresa Fernández-Balboa\*\***  
**Xavier Adaros-Manríquez\*\*\***  
**Iván Jeldes-Yáñez\*\*\*\***

**Resumen:** En todo el mundo, existe un incremento en la población de Adultos Mayores (AM). Hoy en día, mejorar la calidad de vida de los AM es un problema social importante. Los nuevos avances tecnológicos son capaces de mantener la autonomía y la independencia durante el envejecimiento. Estos requieren de un enfoque preventivo, sencillo y adaptado al usuario para mantener la funcionalidad del AM sin inconvenientes. La presente investigación consistió en una revisión de literatura entre los años 2012 a 2022 para determinar los avances tecnológicos en tres áreas de aplicación encontradas: (i) tecnologías aplicadas al diseño y ergonomía, (ii) al control y monitoreo, y (iii) a la actividad física y rehabilitación. A partir de la literatura recopilada en las bases de datos Web of Science e IEEE, se realiza una visión general de las tecnologías actuales. Se evidencian grandes avances en iniciativas con exergames, realidad virtual (RV) y robots asistentes con enfoques en prevención de caídas, en mejorar la actividad física y rehabilitación. Las tres áreas se centran en: (i) plantear sugerencias de diseño, (ii) la prevención de problemas mediante medición de movimientos y datos fisiológicos, y (iii) potenciar la prevención a través de la actividad muscular. Se evidencia un futuro prometedor que debe superar ciertas limitaciones en el seguimiento de las iniciativas, en fomentar su accesibilidad y en establecer regularización de los estudios clínicos. Finalmente, se incluye un análisis para abordar los principales retos, limitaciones y tendencias futuras en la aplicación de tecnologías para el cuidado de AM.

**Palabras clave:** Ergonomía, factores de riesgo, odontología, trastornos musculoesqueléticos, ergonomía ocupacional.

**Abstract:** Throughout the world, there is an increase in the population of elderly. Nowadays, improving the quality of life of the elderly is an important social issue. New technological advances can maintain autonomy and independence during aging. These require a simple preventive approach, adapted to the user to maintain the functionality of the elderly without inconveniences. The present research consisted of a literature review between the years 2012 to 2022 to determine the technological advances in three application areas found: (i) technologies applied to design and

---

\*Universidad de Viña del Mar. Viña del Mar, Chile. Correo electrónico: [vbravocarrasco@gmail.com](mailto:vbravocarrasco@gmail.com). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7872-2295>. Autor de correspondencia.

\*\*Universidad de Viña del Mar. Viña del Mar, Chile. Correo electrónico: [maria.fernandez@uvm.cl](mailto:maria.fernandez@uvm.cl). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1419-8049>

\*\*\*Universidad de Viña del Mar. Viña del Mar, Chile. Correo electrónico: [xadaros@uvm.cl](mailto:xadaros@uvm.cl). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8090-6376>

\*\*\*\*Universidad de Viña del Mar. Viña del Mar, Chile. Correo electrónico: [ivan.jeldes@uvm.cl](mailto:ivan.jeldes@uvm.cl). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5728-5412>

ergonomics, (ii) control and monitoring, and (iii) physical activity and rehabilitation. Based on the literature compiled in the Web of Science and IEEE databases, an overview of current technologies is made. Major advances are evidenced in initiatives with exergames, virtual reality (VR) and robot assistants focusing on fall prevention, improving physical activity and rehabilitation. The three areas focus on: (i) making design suggestions, (ii) preventing problems by measuring movements and physiological data, and (iii) enhancing prevention through muscular activity. We find a promising future that must overcome certain limitations in the follow-up of the initiatives, in promoting their accessibility and in establishing regularization of clinical studies. Finally, an analysis is included to address the main challenges, limitations and future trends in the application of technologies for elderlcare.

**Keywords:** Devices, elderly, ergonomics, inclusion, technology and design, textile technologies, rehabilitation.

Recepción: 17.07.2023/ Revisión: 19.07.2023 / Aceptación: 01.08.2023

## Introducción

El envejecimiento de la población es uno de los problemas generales de salud pública en todo el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que entre el 2015 y el 2050 el porcentaje de personas mayores de 60 años pasará del 12,3% al 21,5% de la población total. Chile no está exento de esta tendencia, en el mismo período, los AM habrán pasado de representar el 15,7% al 32,9% (United Nations, 2015). Asimismo, la OMS llama a cambiar el paradigma de entender a los AM como una población frágil o como una carga para la sociedad, y en su lugar, comprender que cada vez son más activas y buscan oportunidades para relacionarse socialmente como sujetos de derechos (OMS, 2021a).

La mayor edad se asocia a una pérdida progresiva de la reserva fisiológica de los seres humanos (Fried et al., 2001), la cual puede llevar eventualmente a limitaciones funcionales. Los cambios biomecánicos en la marcha presentan una modificación de la postura de la columna del AM, la cual genera una cifosis postural, se produce un adelantamiento del centro de gravedad asociado a una retroversión pélvica y flexión de rodilla, entre otros. Existe una prevalencia de enfermedades neurológicas, las cuales alcanzan un 15% a nivel mundial (OMS, 2021b) y son una importante fuente de discapacidad. Para el caso de la movilidad, en Chile, un 36,6% y un 7,2% de los AM, con y sin situación discapacidad respectivamente, utilizan ayudas técnicas y servicios de apoyo para movilidad y cuidado personal según situación de discapacidad (MINSAL, 2021). Por lo tanto, mejorar la calidad de vida de las personas mayores es un problema social importante en la actualidad. Sin embargo, existe amplia evidencia sobre la posibilidad de revertir este declive mediante una vida saludable y activa (Yu et al., 2020). Entregando las soluciones tecnológicas que permitan o fomenten el desarrollo de la actividad física e implementando el uso de tecnologías de asistencia como dispositivos portátiles.

Los nuevos avances tecnológicos son capaces de mantener la autonomía y la independencia durante el envejecimiento (Bravo & Muñoz, 2022; Held et al., 2018). Es necesario que el diseño para personas mayores vaya más allá de la función y la accesibilidad,

por lo que, requieren de un enfoque preventivo, sencillo y adaptado al usuario (Rivero, 2020), con el fin de mantener la funcionalidad de los AM sin mayores problemas (Palestra et al., 2018). La multidisciplinariedad es primordial para desarrollar innovaciones tecnológicas o nuevas investigaciones. El rol del diseño es el nexo que permite entregar nuevas disciplinas de desarrollo en cuanto a usabilidad, interfaz, al proceso creativo y con simplicidad.

Las organizaciones clínicas, con la complejidad del sistema de salud en el que se encuentran inmersas, pueden encontrar en el diseño de servicios un potencial para gestionar los procesos de innovación, mediante el uso de herramientas y métodos que involucran al personal de todos los niveles organizativos que entregan el servicio al paciente y su familia (Caballero et al., 2021). Los puntos de contacto son la clave para generar innovaciones experienciales, dado que cada problema identificado es el primer paso hacia la solución. Existen tres factores críticos para el diseño participativo: (i) el rol del diseñador en un “modelo social” de intervención profesional, (ii) el rol del usuario-participante (AM) en el proceso de co-diseño y (iii) el rol del diseño en el contexto social (Castillo et al., 2021).

Dadas las características de las limitaciones motrices presentes en esta población, es necesario el acceso a ayudas de rehabilitación, técnicas y tecnológicas. La incorporación de tecnología de asistencia como robótica, realidad virtual (RV), dispositivos vestibles, estimulación eléctrica, entre otros, específicamente en el campo de la rehabilitación (Reinkensmeyer & Boninger, 2012), han sido de gran interés científico, ya que tienen ventajas potenciales, tanto para las personas con discapacidad como para los profesionales de la salud. Implementar tejidos electrónicos sería un componente relevante para lograr accesibilidad en la rehabilitación, portabilidad y monitorización de condiciones o de datos fisiológicos, potenciando la interconectividad (Bravo & Muñoz, 2022). Sin embargo, sus principales aplicaciones hasta ahora han sido la ropa deportiva (McCann, 2016), que permite tomar diferentes medidas corporales durante el entrenamiento individual y mejorar la actividad física de las personas mayores.

En esta revisión, se establece un análisis sobre el avance de las tecnologías aplicadas al diseño para el cuidado del AM. Se presenta el método de búsqueda, donde se encuentran las investigaciones relacionadas con la tecnología. Se identifican tres áreas de investigación: (i) tecnologías aplicadas al diseño y ergonomía; (ii) control y monitoreo; y (iii) actividad física y rehabilitación, que luego se describen en profundidad. Por último, se analizan las limitaciones de esta revisión y, se presentan las conclusiones y resumen de las sugerencias para trabajos futuros.

## **Materiales y métodos**

Se realizó una búsqueda en tecnologías aplicadas al diseño para el cuidado del AM, comprendidos desde el año 2012 hasta el 2022. El propósito se evidenció en las aplicaciones del diseño, sobre tecnologías textiles, inclusión y diseño de productos para el cuidado del AM. Su enfoque está dado para el desarrollo de dispositivos y el deporte en el área de la rehabilitación.

### ***Estrategia de búsqueda***

Se establece una búsqueda en publicaciones con un periodo comprendido entre el año 2012 y 2022 (entre marzo y abril).

### ***Término de búsqueda***

Al analizar los términos de búsqueda, se desarrolla una ecuación de búsqueda compuesta por (technologies for elderly AND ergonomics AND design AND health innovation) OR (ergonomics AND design for aging AND design for health) OR (rehabilitation AND elderly AND prevention) OR (gerontodesign AND inclusion AND elderly) OR (sportswear AND smart clothes).

### ***Base de datos***

Está dada por dos bases de datos electrónicas, Web of Science e IEEE Xplore. A través de la ecuación, se consideran los términos de búsqueda identificando el título, resumen y palabras claves de cada uno de los artículos y otros encontrados.

### ***Proceso de selección***

Dado lo anterior, se obtuvo un total de 191 artículos candidatos. En el proceso de selección (La Figura 1) se identificaron un total de 55 documentos, donde se consideran artículos, conferencias, revistas y revisiones de la literatura.

### ***Criterios de selección***

#### ***Inclusión***

- Estudios e investigaciones con referencia en avances para el cuidado, prevención, facilitación e interacción en el diseño de soluciones que beneficien a adultos mayores.
- Estudios ergonómicos aplicados en adultos mayores.
- Diseño antropométrico y biomecánico aplicado al adulto mayor.
- Desarrollo de dispositivos, textiles inteligentes o ropa inteligente aplicada en la rehabilitación, considerando énfasis en adultos mayores.
- Diseño de productos para el cuidado del adulto mayor.
- Las publicaciones duplicadas del mismo documento, artículo y otros se considera el documento actualizado y completo.
- Artículos comprendidos desde el 2012 al 2022.
- Se considerarán los documentos que presenten una categoría de revistas, artículos, revisiones y conferencias.

#### ***Exclusión***

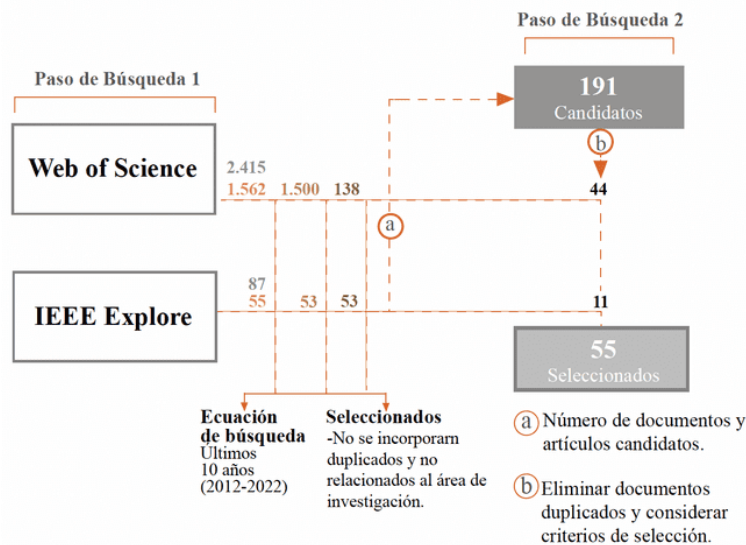
- Estudios que evidencien aplicaciones con otros fines o propósitos.
- Los trabajos de artículos de conferencia, capítulos de libros y otros que no cumplan con la categoría.
- Los trabajos incompletos de artículos de conferencia.
- Los estudios en los que la edad de los participantes era inferior a 60 años o que no la

informaban.

- Estudios cuyos desarrollos no involucran el uso de tecnologías o que están enfocados a medir rendimientos de programas de ejercicios o de tratamientos de rehabilitación.

Se analizaron los artículos de investigación seleccionados y posteriormente el área correspondiente a la que serán asociados. Estas áreas corresponden a Tecnologías aplicadas al diseño y ergonomía; control y monitoreo; y actividad física y rehabilitación. Estas se definen por la identificación del área de estudio de cada artículo. Se establece un orden en cuanto a las investigaciones encontradas para comprender en qué disciplinas hay un avance significativo.

**Figura 1.** Proceso de selección.



## Resultados y discusión

### *Tecnologías aplicadas al diseño y ergonomía*

Las investigaciones actuales tienden a centrarse en entregar sugerencias de diseño con enfoque en AM, en la prevención de la salud, en la actitud y aceptación de los AM en relación al uso de tecnologías y las que presentan enfoques de diseño. Buscan prolongar la independencia y calidad de vida de los AM. Se examinan investigaciones actuales que enfocan sugerencias de diseño para adultos mayores (AM) en áreas como salud preventiva, actitud y aceptación hacia tecnologías, y enfoques de diseño con el propósito de mejorar la independencia y calidad de vida de los AM. Entre las tendencias se encuentran recomendaciones para disminuir brechas de usabilidad y mejorar el desarrollo de productos. Los robots requieren consideraciones específicas para ser útiles y usables por los AM, basadas en la evaluación de sus entornos (Mitzner et al., 2014). Mejoras en la experiencia de conducción de vehículos se logran a través de estudios ergonómicos (Fernandes et al., 2017), mientras que dispositivos de información y asistencia al conductor reducen problemas sensoriales. Problemas al desarrollar andadores inteligentes también se abordan (Lindemann et al., 2016), y se exploran barreras para implementar tecnologías en AM (Harvey et al.,

2019).

La prevención se aborda mediante exergames para ejercicios y activación física (Merilampi et al., 2019), incluyendo un prototipo de exergame en una silla inteligente. Investigaciones revelan el efecto positivo en la prevención de caídas (Cho et al., 2014) y la rehabilitación basada en juegos (Ayed et al., 2018). Se destaca la importancia de reducir la brecha entre tecnología y usuarios (Mugueta-Aguinaga & Garcia-Zapirain, 2017) y se investiga un robot de asistencia de cadera portátil (Lee et al., 2017). Además, se exploran herramientas de estimulación muscular (Georgarakis et al., 2017) y aplicaciones móviles para organización de actividades (Gao et al., 2015).

Se resalta la aceptación de tecnologías por parte de AM y su impacto positivo (Huang & Huang, 2021). La evaluación de la usabilidad y aceptación del andador robótico FriWalk es también analizada (Pérez-Rodríguez et al., 2020). Tendencias de diseño universal se identifican para superar barreras en el mercado (Steinfeld & Smith, 2012) y se resalta el enfoque de psicología cognitiva y gerontología en el desarrollo de tecnologías (Higgins & Glasgow, 2012). Literatura sobre ergonomía del paciente en envejecimiento y enfermedades crónicas es revisada (Holden et al., 2020), destacando necesidades en transiciones asistenciales.

### **Control y monitoreo**

Detectar los problemas antes de que ocurran es fundamental, donde los dispositivos de control y monitoreo juegan un rol importante. Este artículo de revisión aborda las tendencias actuales en tecnologías enfocadas en la prevención y el monitoreo de problemas de salud en adultos mayores (AM). Se destaca la relevancia de los dispositivos de control y monitoreo para detectar problemas antes de que ocurran. Se observa una prevalente atención en la prevención de caídas, donde dispositivos portátiles pueden medir biomarcadores relacionados con el riesgo de caídas, aunque aún requieren mayor estudio (Olson & Lockhart, 2021). La relación entre problemas de equilibrio, marcha y caídas es analizada. Enfoques de RV para evaluar la marcha sugieren aplicaciones para descubrir estrategias de control de equilibrio (Szczena et al., 2018). Adicionalmente, se presenta un modelo multiparamétrico que utiliza tecnología portátil para evaluar y predecir el riesgo de caídas (Haescher et al., 2020).

Asimismo, se exploran tecnologías para mejorar la movilidad de los AM. Se investiga la asistencia para caminar a través de la optimización de la fuerza de asistencia y la interacción humano-robot (Itadera et al., 2019). Además, se destacan sistemas de monitoreo de actividades y salud, incluyendo el reconocimiento de posturas en pacientes postrados para prevenir úlceras por presión (Chiang et al., 2022). La supervisión de tareas domésticas a través de algoritmos y modelos también es abordada (Liu et al., 2018). La aceptación de tecnologías y dispositivos por parte de los AM es analizada en diversos contextos (Callari et al., 2012; Skymne et al., 2012; Rasche et al., 2015; Gong & Chandra, 2016; Yan et al., 2020).

Sin embargo, se evidencia una brecha en la implementación de tecnologías en hogares inteligentes y en el monitoreo de salud en el hogar para AM (Liu et al., 2016). La importancia de un diseño centrado en el usuario es subrayada (Liang et al., 2013).

## ***Actividad física y rehabilitación***

La creciente preocupación por la prevención y rehabilitación de caídas en adultos mayores ha llevado a la exploración de diversas intervenciones tecnológicas y ejercicios en la literatura científica. En este contexto, se han investigado las aplicaciones de videojuegos, realidad virtual (RV) y robótica para mejorar el equilibrio y la movilidad en esta población.

Los exergames, que utilizan sensores de movimiento, han demostrado ser eficaces en fomentar la adherencia y la rehabilitación física, lo que contribuye a reducir el riesgo de caídas en los adultos mayores (Santos et al., 2015; Palestra et al., 2018). Además, el uso de dispositivos como Kinect ha mostrado mejoras en la fuerza muscular y el equilibrio (Sato et al., 2015). Asimismo, se ha investigado la utilidad de los juegos serios en la prevención y rehabilitación (Wiemeyer & Kliem, 2012). Un sistema interactivo de alfombra exergame desarrollado por Peng et al. (2020) demostró mejoras en fuerza, flexibilidad, resistencia y equilibrio, reduciendo efectivamente el riesgo de caídas en AM.

La comparación entre videojuegos interactivos y actividad física tradicional revela que el programa basado en videojuegos resulta más eficaz en términos de movilidad y equilibrio (Cicek et al., 2020). Aunque aún se requieren estudios con grupos más amplios para obtener resultados más concluyentes. Además, Lai et al. (2013) evaluaron los efectos de entrenamientos basados en videojuegos sobre el equilibrio en AM, observando mejoras significativas.

Múltiples estudios evalúan la terapia de realidad virtual (TRV) en la rehabilitación del equilibrio en ancianos. Amorim et al. (2018) resalta resultados similares, pero variabilidad en enfoques. Efectos positivos de TRV en variables como movilidad, flexibilidad y cadencia de marcha. Se enfatiza la prometedora aplicación de la realidad virtual (RV) en la rehabilitación, complementando la fisioterapia convencional (Piech & Czernicki, 2021). Wii Fit y otros sistemas de RV demuestran beneficios en la mejora del equilibrio y la reducción del riesgo de caídas (Afridi et al., 2021). La rehabilitación vestibular y el entrenamiento con dispositivos asistidos también demuestran efectividad (Rossi-Izquierdo et al., 2020; Springer et al., 2018).

Programas como la Unidad de Rehabilitación del Equilibrio (URE) y juegos de realidad virtual también mejoran el equilibrio en adultos mayores (Duque et al., 2013; Neri et al., 2017). Yousefi Babadi & Daneshmandi (2021) comparan los efectos del entrenamiento de realidad virtual (ERV) con el entrenamiento convencional, concluyendo que ambos mejoran el equilibrio en programas de residencias. La RV muestra potencial preventivo, diagnóstico y terapéutico en el deterioro cognitivo en personas mayores (Cibeira et al., 2020). La TRV y la RV son prometedoras para mejorar el equilibrio en adultos mayores, pero se necesita investigación robusta y estandarización. Jeon & Kim (2020) evaluaron un programa de ejercicios de prevención de reducción muscular basado en realidad aumentada (RA) en mujeres mayores. El programa demostró aumentar la sostenibilidad del ejercicio y prevenir la reducción muscular. Aunque algunos participantes se mostraron reticentes debido a la percepción de su edad, la tecnología necesita habilidades y apoyo operativo.

El estudio de Ku et al. (2019) evaluó un sistema de SRA-3D para la rehabilitación del equilibrio en ancianos. Mediante juegos interactivos en 3D, se evaluaron parámetros de

movimiento y ángulos articulares usando sensores cinéticos. El grupo experimental mostró mejoras significativas en estabilidad, distribución de peso y riesgo de caídas, siendo más eficaz que el grupo de control. Silva et al. (2018) propusieron una solución tecnológica para prevenir caídas a través del ejercicio y su correcta ejecución. Utilizaron sensores inerciales y una plataforma de presión para evaluar movilidad, fuerza y equilibrio. Los resultados demostraron que estos sensores son adecuados para monitorear ejercicios de prevención de caídas, controlando con éxito aspectos como amplitud de movimiento, equilibrio y distribución de peso. Li et al. (2018) evaluaron el efecto de un entrenamiento de equilibrio en plataforma de fuerza con retroalimentación visual y estimulación eléctrica en ancianos. Tras la intervención, se observaron mejoras en el equilibrio, prevención de caídas y capacidad para realizar actividades diarias.

Bhardwaj et al. (2021) presentaron una revisión que resalta el papel de la robótica en la rehabilitación de extremidades inferiores. Los exoesqueletos ofrecen ventajas adaptativas y eficacia en la rehabilitación, aunque retos como la modulación neuromuscular deben ser abordados para mejorar la interacción hombre-robot. Atashzar et al. (2021) analizaron tecnologías y sistemas robóticos que benefician la rehabilitación, evaluación y asistencia en pacientes con afecciones neuromusculares. Destacan avances tecnológicos y sugieren la incorporación continua de tecnologías robóticas en sistemas de atención médica. La robótica blanda vestible se señala como una opción promisoriosa para mejorar la marcha (Hu et al., 2021). Además, se exploran las implicaciones de la utilización de calzado modificado en el equilibrio (Hatton et al., 2013).

Mertens et al. (2016) estudiaron el impacto de una aplicación móvil en la adherencia a medicamentos y la documentación de signos vitales en personas mayores. La aplicación mejoró la adherencia y sugiere que herramientas digitales pueden apoyar a pacientes con enfermedades crónicas, reduciendo complicaciones y sobrecarga clínica.

La revisión bibliográfica destaca avances en el uso de tecnologías para el cuidado de personas mayores. Se observa una tendencia hacia la prevención de caídas y mejora del equilibrio a través de intervenciones con exergames y realidad virtual (RV). Dispositivos portátiles y sensores también contribuyen al monitoreo del riesgo de caídas y salud de los usuarios. Se enfatiza la necesidad de estudios robustos para validar resultados, especialmente en estudios con bajo número de participantes o periodos cortos.

## **Discusión**

Dentro de las tres áreas de investigación, las publicaciones encontradas en esta revisión corresponden al área de la ingeniería, ciencia de los materiales e informática. Posteriormente, se establecen las siguientes limitaciones analizadas por cada área mencionada en la revisión de la literatura.

### *Tecnologías aplicadas al diseño y ergonomía*

La evidencia en este segmento está enfocada en disminuir las brechas de usabilidad y en conseguir mejores resultados en los distintos desarrollos de productos, buscando prolongar la independencia y calidad de vida de los AM. Se menciona un enfoque centrado en los usuarios a través de entrevistas y observaciones, que permite identificar actitudes y áreas de



mejora en el diseño de soluciones. Sin embargo, se señala que muchas investigaciones solo identifican problemas y ofrecen sugerencias de diseño, en lugar de desarrollar soluciones prácticas.

Se subraya la baja adopción de la tecnología por parte de los AM debido a varios factores, como características de diseño inadecuadas, habilidades cognitivas y psicológicas limitadas, y falta de confianza en la tecnología. Se mencionan ejemplos de teclados mal diseñados, interfaces complejas y falta de soporte técnico. Se enfatiza que algunos AM no perciben la relevancia de la tecnología para mejorar sus vidas y prefieren la interacción cara a cara en situaciones como las compras. La falta de interés se identifica como una barrera clave para la adopción de la tecnología por parte de esta población. En este contexto, se sugiere que las políticas públicas deberían apoyar el desarrollo de soluciones tecnológicas para el cuidado de los AM y fomentar la evolución de estas iniciativas.

### *Control y monitoreo*

Actualmente no hay claridad sobre los mejores parámetros a medir, la ubicación de sensores, tipos de interfaz preferidos y opciones de tratamiento o cambios de estilo de vida para mejorar la salud de los adultos mayores (AM). Se destaca que el monitoreo automatizado y en tiempo real mediante tecnología portátil y sensores puede ser eficaz para estimar el riesgo de caídas y recopilar información clínica detallada (Haescher et al., 2020). Sin embargo, la falta de lineamientos para el desarrollo de nuevas tecnologías puede limitar la representatividad de los resultados, especialmente si se estudia una muestra pequeña o diversa en términos de salud.

La ausencia de seguimiento a largo plazo también dificulta establecer el impacto preventivo de las intervenciones. Para abordar estas limitaciones, se sugiere la necesidad de métodos diagnósticos estandarizados integrados en la práctica clínica habitual para contribuir al diagnóstico preventivo.

Se requiere que las futuras propuestas puedan entregar un mayor valor a los dispositivos, la multifunción e interconexión es fundamental, al igual que el tamaño, la forma y los materiales utilizados. Debe priorizarse un lenguaje universal, la comodidad y facilidad de uso, garantizando la seguridad del usuario.

### *Actividad física y rehabilitación*

Se evidencia la tendencia hacia el desarrollo de soluciones que utilizan exergames, realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA) para la prevención y rehabilitación de adultos mayores (AM), destacando su eficacia y aceptación. Estas tecnologías permiten que los AM participen activamente en su rehabilitación, con posibles seguimientos profesionales remotos. Sin embargo, se necesita más investigación para comparar estos enfoques con la fisioterapia tradicional y se destacan limitaciones debido a sesgos y variabilidad en protocolos.

Se mencionan alternativas amplias para tratar el riesgo de caídas, como sistemas de asistencia robótica, entornos virtuales y sistemas con sensores de retroalimentación. A pesar de su potencial, no están ampliamente implementados en el sistema de atención de salud debido a costos, complejidades y falta de evidencia científica. La interacción humano-robot,

particularmente con exoesqueletos, es prometedora, pero enfrenta desafíos en la modulación de actividad neuromuscular y comprensión de cambios musculoesqueléticos.

Herramientas digitales como aplicaciones móviles también tienen limitaciones, ya que requieren habilidades cognitivas y perceptivas, lo que puede reducir la adherencia. La percepción de edad como un impedimento para adoptar la tecnología destaca la necesidad de habilidades operativas y apoyo. Se sugiere la portabilidad para extender la terapia a los hogares, mejorando la adherencia y resultados en la rehabilitación de AM.

## **Conclusiones**

En esta revisión se han presentado avances tecnológicos aplicados al cuidado de la población de edad avanzada durante la última década, mostrando que estos se pueden dividir en tres áreas de aplicación: tecnologías aplicadas al diseño y ergonomía, al control y monitoreo, y a la actividad física y rehabilitación. También, se identifica un sólido y creciente cuerpo de literatura sobre ergonomía del usuario, particularmente en las áreas de envejecimiento y enfermedades crónicas, herramientas y tecnologías, y evaluaciones de intervenciones centradas en el paciente sobre la usabilidad, aceptación y el rendimiento. Se establece la importancia de los estudios multidisciplinares que otorgan soluciones buscando prolongar la independencia y calidad de vida de los AM.

Se han analizado detalladamente los avances tecnológicos de los estudios seleccionados, con respecto al aporte al cuidado de los AM, presentando sus resultados y limitaciones. Este artículo ofrece una mirada profunda y centrada en la literatura existente y proporciona una plataforma, y la información necesaria, para continuar disminuyendo las brechas actuales que limitan la capacidad y eficiencia de cada tecnología. Los avances demuestran buen desempeño en la prevención de caídas, en la mejora del equilibrio y de la marcha, junto con el fomento de la actividad física, todas muy importantes para prolongar la independencia y calidad de vida de los AM. Queda demostrado el interés de la población científica. Pese a ello, gran parte de las investigaciones se centran solo en identificar problemas, en entregar sugerencias de diseño y no en desarrollar las soluciones. Se requiere fomentar las políticas e iniciativas de desarrollo de tecnologías en el marco del aumento en la población de AM y el cuidado de su salud.

Se sugiere que el futuro del desarrollo de tecnologías aplicadas en el cuidado del AM debe estar enmarcado por el fomento de la accesibilidad y de la regularización de los procedimientos, a través de normativas preestablecidas con el fin de establecer las características de la población estudiada, sus condiciones de salud y el periodo de estudio según cada caso. Además, facilitar el acceso a las tecnologías permite generar sociedades con investigadores, fomentando el desarrollo de mercado de las soluciones en una etapa posterior a un prototipo. Es importante considerar la interfaz de uso, aplicabilidad, relación antropométrica en los AM, el lenguaje universal e identificar las necesidades para robustecer las propuestas y desarrollos futuros que ayudarán a mejorar la calidad de vida de esta población, como lo son el desarrollo de wearables y prendas inteligentes, acceso a la terapia de RV, diseño de productos centrado en la rehabilitación y diseños funcionales.

### ***Agradecimientos***

Los autores agradecen el apoyo de la Beca de Doctorado Nacional ANID Chile, año 2019-2023 folio 21190910.

## Referencias

- Afridi, A., Rathore, F. A., & Nazir, S. N. B. (2021). Wii fit for balance training in elderly: A systematic review. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 31(5), 559-566.
- Atashzar, S. F., Carriere, J., & Tavakoli, M. (2021). Review: How Can Intelligent Robots and Smart Mechatronic Modules Facilitate Remote Assessment, Assistance, and Rehabilitation for Isolated Adults With Neuro-Musculoskeletal Conditions? *Frontiers in Robotics and AI*, 8.
- Ayed, I., Ghazel, A., Jaume-I-Capó, A., Moya-Alcover, G., Varona, J., & Martínez-Bueso, P. (2018). Feasibility of Kinect-Based Games for Balance Rehabilitation: A Case Study. *Journal of Healthcare Engineering*.
- Barnard, Y., Bradley, M. D., Hodgson, F., & Lloyd, A. D. (2013). Learning to use new technologies by older adults: Perceived difficulties, experimentation behaviour and usability. *Computers in Human Behavior*, 29(4), 1715-1724.
- Bhardwaj, S., Khan, A. A., & Muzammil, M. (2021). Lower limb rehabilitation robotics: The current understanding and technology. *Work*, 69(3), 775-793.
- Bravo, V. P., & Muñoz, J. A. (2022). Wearables and their applications for the rehabilitation of elderly people. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 60(5), 1239-1252.
- Caballero, R. M. G., Gualdrón, C. I. L., & Ibarra, E. R. B. (2021). Innovación en Servicios de Salud usando herramientas de Pensamiento de Diseño. *Kepes*, 18(23), 15-48.
- Callari, T. C., Ciairano, S., & Re, A. (2012). Elderly-technology interaction: Accessibility and acceptability of technological devices promoting motor and cognitive training. *Work*, 41(SUPPL.1), 362-369.
- Castillo, R. B., Riquelme, M. L., Navas, I. S., & Fernández, R. G. (2021). Aplicación del Diseño Social en una experiencia local orientada al mejoramiento de políticas públicas de envejecimiento poblacional, Valparaíso-Chile. *Kepes*, 18(23), 75-109.
- Chiang, J.-C., Lie, W.-N., Huang, H.-C., Chen, K.-T., Liang, J.-Y., Lo, Y.-C., & Huang, W.-H. (2022). Posture Monitoring for Health Care of Bedridden Elderly Patients Using 3D Human Skeleton Analysis via Machine Learning Approach. *Applied Sciences*, 12(6), 3087.
- Cho, G. H., Hwangbo, G., & Shin, H. S. (2014). The effects of virtual reality-based balance training on balance of the elderly. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(4), 615-617.
- Cibeira, N., Lorenzo-López, L., Maseda, A., López-López, R., Moreno-Peral, P., & Millán-Calenti, J. C. (2020). Virtual reality as a tool for the prevention, diagnosis and treatment of cognitive impairment in the elderly: A systematic review. *Revista de Neurología*, 71(6), 205-212.
- Cicek, A., Ozdincler, A. R., & Tarakci, E. (2020). Interactive video game-based approaches improve mobility and mood in older adults: A nonrandomized, controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(3), 252-259.
- Damant, J., & Knapp, M. (2015). *What are the likely changes in society and technology which will impact upon the ability of older adults to maintain social (extra- familial) networks of support now, in 2025 and in 2040? Future of ageing: Evidence review*. London, UK: Government Office for Science, UK.
- de Amorim, J. S. C., Leite, R. C., Brizola, R., & Yonamine, C. Y. (2018). Virtual reality therapy for rehabilitation of balance in the elderly: a systematic review and META-analysis. *Advances in Rheumatology (London, England)*, 58(1), 18.
- Duque, G., Boersma, D., Loza-Diaz, G., Hassan, S., Suarez, H., Geisinger, D., Suriyaarachchi, P., Sharma, A., & Demontiero, O. (2013). Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 257-263.

- Fernandes, S. C. F., Esteves, J. L., & Simoes, R. (2017). Characteristics and human factors of older drivers: Improvement opportunities in automotive interior design. *International Journal of Vehicle Design*, 74(3), 167-203.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., Burke, G., Burke, G., & McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3).
- Gao, Q., Ebert, D., Chen, X., & Ding, Y. (2015). Design of a mobile social community platform for older Chinese people in Urban Areas. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 25(1), 66-89.
- Georgarakis, A. M., Sonar, H. A., Rinderknecht, M. D., Lambercy, O., Martin, B. J., Klamroth-Marganska, V., Paik, J., Riener, R., & Duarte, J. E. (2017). A novel pneumatic stimulator for the investigation of noise-enhanced proprioception. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 25-30.
- Gong, Y., & Chandra, A. (2016). Developing an integrated display of health data for aging in place. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 26(4), 473-482.
- Guo, A. W., Harvey, J., & Edwards, S. (2017). *Older travellers and technology engagement. Transport Systems Catapult for DfT.* [https://eprints.ncl.ac.uk/file\\_store/production/237434/5898F4FB-3444-4C8E-8FC0-B64819C8AEAD.pdf](https://eprints.ncl.ac.uk/file_store/production/237434/5898F4FB-3444-4C8E-8FC0-B64819C8AEAD.pdf)
- Haescher, M., Chodan, W., Höpfner, F., Bieber, G., Aehnelt, M., Srinivasan, K., & Murphy, M. A. (2020). Automated fall risk assessment of elderly using wearable devices. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 7, 205566832094620.
- Harvey, J., Guo, W., & Edwards, S. (2019). Increasing mobility for older travellers through engagement with technology. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 172-184.
- Hatton, A. L., Rome, K., Dixon, J., Martin, D. J., & McKeon, P. O. (2013). Footwear interventions: A review of their sensorimotor and mechanical effects on balance performance and gait in older adults. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 103(6), 516-533.
- Held, J. P., Ferrer, B., Mainetti, R., Steblin, A., Hertler, B., Moreno-Conde, A., Dueñas, A., Pajaro, M., Parra-Calderón, C. L., Vargiu, E., Zarco, M. J., Barrera, M., Echevarria, C., Jódar-Sánchez, F., Luft, A. R., & Borghese, N. A. (2018). Autonomous rehabilitation at stroke patients home for balance and gait: safety, usability and compliance of a virtual reality system. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54(4), 545-553.
- Higgins, P. G., & Glasgow, A. (2012). Development of guidelines for designing appliances for older persons. *Work*, 41(SUPPL.1), 333-339.
- Holden, R. J., Cornet, V. P., & Valdez, R. S. (2020). Patient ergonomics: 10-year mapping review of patient-centered human factors. *Applied Ergonomics*, 82.
- Hu, X., Zeng, X., Xu, Y., Luo, C., Jia, L., Zhao, Z., Sun, Z., & Qu, X. (2021). A Soft Robotic Intervention for Gait Enhancement in Older Adults. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 29, 1838-1847.
- Huang, T., & Huang, C. (2021). Attitudes of the elderly living independently towards the use of robots to assist with activities of daily living. *Work (Reading, Mass.)*, 69(1), 55-65.
- Ikumi, A., Kubota, S., Shimizu, Y., Kadone, H., Marushima, A., Ueno, T., Kawamoto, H., Hada, Y., Matsumura, A., Sankai, Y., & Yamazaki, M. (2017). Decrease of spasticity after hybrid assistive limb® training for a patient with C4 quadriplegia due to chronic SCI. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 40(5), 573-578.

- Itadera, S., Dean-Leon, E., Nakanishi, J., Hasegawa, Y., & Cheng, G. (2019). Predictive Optimization of Assistive Force in Admittance Control-Based Physical Interaction for Robotic Gait Assistance. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(4), 3609-3616.
- Jeon, S., & Kim, J. (2020). Effects of augmented-reality-based exercise on muscle parameters, physical performance, and exercise self-efficacy for older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9).
- Ku, J., Kim, Y. J., Cho, S., Lim, T., Lee, H. S., & Kang, Y. J. (2019). Three-dimensional augmented reality system for balance and mobility rehabilitation in the elderly: A randomized controlled trial. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(2), 132-141.
- Lai, C. H., Peng, C. W., Chen, Y. L., Huang, C. P., Hsiao, Y. L., & Chen, S. C. (2013). Effects of interactive video-game based system exercise on the balance of the elderly. *Gait and Posture*, 37(4), 511-515.
- Lee, H. J., Lee, S., Chang, W. H., Seo, K., Shim, Y., Choi, B. O., Ryu, G. H., & Kim, Y. H. (2017). A Wearable Hip Assist Robot Can Improve Gait Function and Cardiopulmonary Metabolic Efficiency in Elderly Adults. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(9), 1549-1557.
- Li, Z., Wang, X. X., Liang, Y. Y., Chen, S. Y., Sheng, J., & Ma, S. J. (2018). Effects of the visual-feedback-based force platform training with functional electric stimulation on the balance and prevention of falls in older adults: A randomized controlled trial. *PeerJ*, 2018(1).
- Liang, S. F. M., Rau, P. L. P., Zhou, J., & Huang, E. (2013). A qualitative design approach for exploring the use of medication and health care devices among elderly persons. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 23(3), 186-197.
- Lindemann, U., Schwenk, M., Klenk, J., Kessler, M., Weyrich, M., Kurz, F., & Becker, C. (2016). Problems of older persons using a wheeled walker. *Aging Clinical and Experimental Research*, 28(2), 215-220.
- Liu, K. C., Hsieh, C. Y., & Chan, C. T. (2018). Transition-Aware Housekeeping Task Monitoring Using Single Wrist-Worn Sensor. *IEEE Sensors Journal*, 18(21), 8950-8962.
- Liu, L., Stroulia, E., Nikolaidis, I., Miguel-Cruz, A., & Rios Rincon, A. (2016). Smart homes and home health monitoring technologies for older adults: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 91, 44-59.
- McCann, J. (2016). Sportswear Design for the Active Ageing. *Fashion Practice*, 8(2).
- Merilampi, S., Mulholland, K., Ihanakangas, V., Ojala, J., Valo, P., & Virkki, J. (2019). A Smart Chair Physiotherapy Exergame for Fall Prevention - User Experience Study. 2019 IEEE 7th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2019.
- Mertens, A., Brandl, C., Miron-Shatz, T., Schlick, C., Neumann, T., Kribben, A., Meister, S., Diamantidis, C. J., Albrecht, U. V., Horn, P., & Becker, S. (2016). A mobile application improves therapy-adherence rates in elderly patients undergoing rehabilitation A crossover design study comparing documentation via iPad with paper-based control. *Medicine (United States)*, 95(36).
- Ministerio de Salud de Chile (MINSAL) (2021). *Plan nacional de salud integral para personas mayores y su plan de acción 2020-2030*. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/11/Plan-Nacional-de-Salud-Integral-para-Personas-Mayores.pdf>
- Mittaz-Hager, A. G., Mathieu, N., Lenoble-Hoskovec, C., Swanenburg, J., de Bie, R., & Hilfiker, R. (2019). Effects of three home-based exercise programmes regarding falls, quality of life and exercise-adherence in older adults at risk of falling: protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 19(1), 1-11.

- Mitzner, T. L., Chen, T. L., Kemp, C. C., & Rogers, W. A. (2014). Identifying the Potential for Robotics to Assist Older Adults in Different Living Environments. *International Journal of Social Robotics*, 6(2), 213-227.
- Morey, S. A., Stuck, R. E., Chong, A. W., Barg-Walkow, L. H., Mitzner, T. L., & Rogers, W. A. (2019). Mobile Health Apps: Improving Usability for Older Adult Users. *Ergonomics in Design*, 27(4), 4-13.
- Mugueta-Aguinaga, I., & Garcia-Zapirain, B. (2017). Is technology present in frailty? Technology a back-up tool for dealing with frailty in the elderly: A systematic review. *Aging and Disease*. International Society on Aging and Disease.
- Neri, S. G. R., Cardoso, J. R., Cruz, L., Lima, R. M., De Oliveira, R. J., Iversen, M. D., & Carregaro, R. L. (2017). Do virtual reality games improve mobility skills and balance measurements in community-dwelling older adults? Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31(10), 1292-1304.
- Olson, M., & Lockhart, T. (2021). Predicting Fall Risk Through Automatic Wearable Monitoring. *International Journal of Prognostics and Health Management*, 12(4).
- Organización Mundial de la Salud. (04 de octubre de 2021a). *Ageing and Health*. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Organización Mundial de la Salud. (24 de noviembre de 2021b). *Disability and health*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- Palestra, G., Rebiai, M., Courtial, E., & Koutsouris, D. (2018). Evaluation of a rehabilitation system for the elderly in a day care center. *Information (Switzerland)*, 10(1).
- Peng, H. Te, Tien, C. W., Lin, P. S., Peng, H. Y., & Song, C. Y. (2020). Novel Mat Exergaming to Improve the Physical Performance, Cognitive Function, and Dual-Task Walking and Decrease the Fall Risk of Community-Dwelling Older Adults. *Frontiers in Psychology*, 11.
- Pérez-Rodríguez, R., Moreno-Sánchez, P. A., Valdés-Aragónés, M., Oviedo-Briones, M., Divan, S., García-Grossocordón, N., & Rodríguez-Mañas, L. (2020). FriWalk robotic walker: usability, acceptance and UX evaluation after a pilot study in a real environment. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 15(6), 718-727.
- Piech, J., & Czernicki, K. (2021). Virtual reality rehabilitation and exergames-physical and psychological impact on fall prevention among the elderly-a literature review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(9).
- Rasche, P., Wille, M., Theis, S., Schäfer, K., Schlick, C. M., & Mertens, A. (2015). Activity tracker and elderly: Usability and motivation of mobile healthcare in the context of elderly people. Proceedings - 15th IEEE International Conference on Computer and Information Technology, CIT 2015, 14th IEEE International Conference on Ubiquitous Computing and Communications, IUCC 2015, 13th IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Se, 1411-1416.
- Reinkensmeyer, D. J., & Boninger, M. L. (2012). Technologies and combination therapies for enhancing movement training for people with a disability. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9(1).
- Rivero, A. M. (2020). El diseño para adultos mayores: Un enfoque centrado en la persona. *Kepes*, 17(22), 141-160.
- Rossi-Izquierdo, M., Gayoso-Diz, P., Santos-Pérez, S., Del-Río-Valeiras, M., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I., Lirola-Delgado, A., & Soto-Varela, A. (2020). Prognostic factors that modify outcomes of vestibular rehabilitation in elderly patients with falls. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(2), 223-228.

- Santos, A., Guimaraes, V., Matos, N., Cevada, J., Ferreira, C., & Sousa, I. (2015). C. Proceedings of the 2015 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, PervasiveHealth 2015, 65-71.
- Sato, K., Kuroki, K., Saiki, S., & Nagatomi, R. (2015). Improving Walking, Muscle Strength, and Balance in the Elderly with an Exergame Using Kinect: A Randomized Controlled Trial. *Games for Health Journal*, 4(3), 161-167.
- Silva, J., Moreira, D., Madureira, J., Pereira, E., Dias, A., & Sousa, I. (2018). A Technological Solution for Supporting Fall Prevention Exercises at the Physiotherapy Clinic. MeMeA 2018 - 2018 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications, Proceedings, 48-53.
- Skymne, C., Dahlin-Ivanoff, S., Claesson, L., & Eklund, K. (2012). Getting used to assistive devices: Ambivalent experiences by frail elderly persons. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 19(2), 194-203.
- Sochor, J., & Nikitas, A. (2016). Vulnerable users' perceptions of transport technologies. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 169(3), 154-162.
- Springer, S., Friedman, I., & Ohry, A. (2018). Thoracopelvic assisted movement training to improve gait and balance in elderly at risk of falling: A case series. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 1143-1149.
- Steinfeld, E., & Smith, R. O. (2012). Universal design for quality of life technologies. *Quality of Life Technology Handbook*, 107-131.
- Szczesna, A., Blaszczynsyn, M., Pawlyta, M., & Michalczuk, A. (2018). Assessment of gait parameters in virtual environment. 2018 IEEE 20th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2018, 2-6.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241. [https://population.un.org/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](https://population.un.org/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)
- Wiemeyer, J., & Kliem, A. (2012). Serious games in prevention and rehabilitation-a new panacea for elderly people? *European Review of Aging and Physical Activity*, 9(1), 41-50.
- Yan, Q., Huang, J., Tao, C., Chen, X., & Xu, W. (2020). Intelligent mobile walking-aids: perception, control and safety. *Advanced Robotics*, 34(1), 2-18.
- Young, A. J., & Ferris, D. P. (2017). State of the art and future directions for lower limb robotic exoskeletons. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(2), 171-182.
- Yousefi Babadi, S., & Daneshmandi, H. (2021). Effects of virtual reality versus conventional balance training on balance of the elderly. *Experimental Gerontology*, 153.
- Yu, R., Tong, C., Ho, F., & Woo, J. (2020). Effects of a Multicomponent Frailty Prevention Program in Prefrail Community-Dwelling Older Persons: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(2), 294.e1-294.e10.