Programa de ejercicios de resistencia en adultos mayores cognitivamente

normales: protocolo de ejercicio basado en CERT del ensayo controlado

aleatorizado AGUEDA.

Beatriz Fernandez-Gamez¹, Patricio Solis-Urra^{1,2,3}, Marcos Olvera-Rojas¹, Cristina Molina-Hidalgo^{1,4,5}, Javier Fernández-Ortega¹, Carlos Prieto Lara¹, Andrea Coca-Pulido¹, Dario Bellón¹, Alessandro Sclafani¹, Jose Mora-Gonzalez¹, Angel Toval¹, Isabel Martín-Fuentes¹, Esmée A. Bakker¹, Rosa Maria Lozano⁶, Socorro Navarrete⁶, David Jiménez-Pavón^{7,8}, Teresa Liu-Ambrose ^{9,10,11}, Kirk I. Erickson^{4,5}, Francisco B. Ortega^{1,12,13}, Irene Esteban-Cornejo^{1,12,14}

- ¹ Departamento de Educación Física y Deportes, Facultad de Ciencias del Deporte, Instituto Universitario de Investigación del Deporte y la Salud (iMUDS), Universidad de Granada, Granada, España.
- ² Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Universitario Virgen de las Nieves, 18014, Granada, España
- ³ Facultad de Educación y Ciencias Sociales, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, 2531015, Chile.
- ⁴ Universidad de Pittsburgh, Departamento de Psicología, Pittsburgh, PA
- ⁵Instituto de Investigación AdventHealth, Instituto de Neurociencia, Orlando, Florida
- ⁶Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD), Junta de Andalucía, España.
- ⁷ Grupo de Investigación MOVE-IT, Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación e Instituto de Innovación en Investigación Biomédica de Cádiz, Universidad de Cádiz, España
- ⁸ CIBER de Fragilidad y Envejecimiento Saludable (CIBERFES), Madrid, España.
- ⁹ Departamento de Fisioterapia, Facultad de Medicina, Universidad de Columbia Británica, Vancouver, BC, Canadá
- ¹⁰ Centro para el Envejecimiento SMART en Vancouver Coastal Health, Instituto de Investigación de Salud Costera de Vancouver, Vancouver, BC, Canadá
- ¹¹ Centro Djavad Mowafaghian para la Salud del Cerebro, Instituto de Investigación de Salud Costera de Vancouver, Vancouver, Columbia Británica, Canadá
- ¹² Centro de Investigación Biomédica en Red Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición (CIBERobn), Instituto de Salud Carlos III, 28029 Madrid, España
- ¹³ Facultad de Ciencias del Deporte y de la Salud, Universidad de Jyväskylä, Jyväskylä, Finlandia
- ¹⁴ Instituto de Investigación Biosanitaria ibs. GRANADA, Granada, España

*Autores para correspondencia: Beatriz Fernández-Gámez e Irene-Esteban-Cornejo.

Departamento de Educación Física y Deportes, Facultad de Ciencias del Deporte,

Universidad de Granada; Carretera de Alfacar, 21. Granada 18071, España; +(34) 958 24

66 51, fax: +(34) 958 24 94 28

Dirección de correo electrónico: beatrizfg@ugr.es & ireneesteban@ugr.es

Resumen

1

2 Objetivo: Proporcionar una descripción completa basada en CERT (Consensus on Exercise Reporting Template por sus siglas en ingles) del programa de ejercicios de 3 resistencia implementado en el estudio AGUEDA (Active Gains in brain Using Exercise 4 5 During Aging), un ensayo controlado aleatorizado que investiga los efectos de un programa de ejercicios de resistencia supervisado de 24 semanas sobre la función 6 ejecutiva y la estructura y función cerebral relacionada en adultos mayores 7 8 cognitivamente normales. 9 **Diseño y participantes:** 90 adultos mayores cognitivamente normales de 65 a 80 años fueron asignados al azar (1:1) a un: 1) grupo de ejercicios de resistencia; o un 2) grupo 10 de control en lista de espera. Los participantes en el grupo de ejercicio (n = 46) realizaron 11 12 180 min/semana de ejercicio de resistencia (3 sesiones supervisadas por semana, 60 13 min/sesión) durante 24 semanas. 14 **Intervención:** El programa de ejercicios consistió en una combinación de ejercicios de miembros superiores e inferiores utilizando bandas elásticas y el propio peso corporal del 15 participante como principal resistencia. La carga y la intensidad se basaron en la 16 resistencia de las bandas elásticas (7 resistencias), el número de repeticiones 17 18 (individualizadas), la complejidad motriz de los ejercicios (3 niveles), las series y el 19 descanso (3 series/60 segundos de descanso), el tiempo de ejecución (40-60 segundos) y la velocidad (lo más rápido posible). 20 21 **Ajustes:** La intensidad máxima prescrita fue del 70-80% de la tasa máxima de esfuerzo percibido de los participantes (7-8 RPE). Se registraron la frecuencia cardíaca, la calidad 22 del sueño y la escala de sensación durante todas las sesiones de ejercicio. A los del grupo 23 24 de control de la lista de espera (n = 44) se les pidió que mantuvieran su estilo de vida

- 25 habitual. La factibilidad del proyecto AGUEDA se evaluó mediante la retención,
- adherencia, eventos adversos y estimación de costos en el programa de ejercicios.
- 27 **Resultados y conclusiones:** Este estudio detalla el programa de ejercicios del ensayo 28 AGUEDA, incluyendo manuales y videos multilingües bien descritos, que pueden ser 29 utilizados por profesionales de la salud pública, o público en general que deseen implementar un programa de ejercicios de resistencia factible y de bajo costo. El 30 31 programa de ejercicios de AGUEDA parece ser factible por la alta tasa de retención 32 (95,6%) y asistencia (85,7%), muy bajo porcentaje de eventos adversos grave (1%) y bajo coste económico (144,23 €/participante/24 semanas). Predecimos que un programa de 33 34 ejercicios de resistencia de 24 semanas tendrá efectos positivos en la salud del cerebro en adultos mayores cognitivamente normales. 35
- Palabras clave: Envejecimiento, Salud cerebral, Cognición, Actividad física,
 Entrenamiento de fuerza.

Abreviatura	Significado
AGUEDA	Ganancias activas en el cerebro con el ejercicio durante el envejecimiento
CERT	Plantilla de Consenso sobre Informes de Ejercicios
HR	Polígrafo
ICFSR	Congreso Internacional de Investigación sobre Fragilidad y Sarcopenia
ACSM	Colegio Americano de Medicina del Deporte
IMUDS	Instituto Universitario del Deporte y de la Salud
RPE	Tasa de esfuerzo percibido
STICS-m	Versión en español de la Entrevista Telefónica de Estado Cognitivo modificada
MMSE	Mini-Examen del Estado Mental
Moca	Evaluación cognitiva de Montreal
GDS	Escala de Depresión Geriátrica
Rep	Repetición
Sec	Segundos
Cm	Centímetros
In	Pulgadas

1. Introducción

38

39 El ejercicio es medicina y, como tal, tiene efectos beneficiosos demostrados en el cerebro. 40 El ejercicio físico es una estrategia prometedora para prevenir el deterioro cognitivo (2-8) y es un tratamiento para mejorar la cognición global y los resultados de salud 41 42 relacionados con el cerebro (4, 9, 10). Es probable que varios tipos y dosis de ejercicio 43 tengan sus propias respuestas neurofisiológicas específicas (11) y beneficios cognitivos 44 asociados (5). De hecho, es posible que se requieran ciertas dosis (por ejemplo, 10 MET-45 h/semana) para detectar cambios cognitivos inducidos por el ejercicio (12). Sin embargo, todavía existen importantes lagunas en el conocimiento que limitan los programas de 46 ejercicio bien diseñados y dirigidos para obtener beneficios para la salud. Algunas de 47 estas brechas identificadas son (i) la falta de información sobre el tipo y la dosis detallada 48 de ejercicio (es decir, qué), (ii) los posibles moderadores (es decir, para quién) y (iii) los 49 50 mecanismos subvacentes (es decir, cómo) (13, 14). 51 La evidencia emergente ha demostrado que el ejercicio de resistencia puede ser una alternativa eficaz a otros tipos de ejercicio como el aeróbico (23), el entrenamiento en 52 intervalos de alta intensidad (24) o los ejercicios mente-cuerpo (es decir, Tai-chi (25), 53 yoga (26)) para mejorar el funcionamiento cognitivo y la salud del cerebro (9). Sin 54 embargo, los efectos del ejercicio de resistencia en la salud del cerebro siguen siendo 55 poco conocidos, y esto se debe en parte a la heterogeneidad significativa en las 56 57 características del ejercicio empleadas (9, 19, 27, 28). Revisiones sistemáticas y metaanálisis previos en adultos mayores han descrito la heterogeneidad e inconsistencia 58 entre las características de la intervención que limita en gran medida la interpretabilidad 59 y el consenso (19, 21, 28). Por ejemplo, la duración de las intervenciones de ejercicios de 60 resistencia oscila entre 8 semanas y 1 año (22), el volumen de ejercicio semanal oscila 61

entre 1 y 3 sesiones de ejercicio por semana (29) con 30 a 100 min por sesión (30). Además, algunos estudios reportaron de 2 a 4 series (31, 32) de un rango de 6 a 20 63 repeticiones (33), incluyendo peso corporal (30), bandas elásticas (18, 31, 34), ejercicios 64 con mancuernas y barra (19, 31) o máquinas de ejercicio (35). Otras intervenciones han 65 tenido en cuenta diferentes velocidades de ejecución (es decir, velocidad alta-baja) (34). En particular, estudios previos proporcionan características de intervención insuficientes e información inconsistente para la replicación de programas de ejercicios de resistencia 68 (14). Si el ejercicio se va a prescribir como medicamento para la prevención o el 69 tratamiento de problemas neurocognitivos, entonces debemos describir con precisión la 70 71 intervención necesaria para modificar la salud cognitiva y cerebral en la edad adulta tardía (5, 13, 36, 37).

62

66

67

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

Se necesita un informe detallado y de alta calidad de las intervenciones de ejercicio (14) para mejorar la evaluación de la calidad, permitir la síntesis y replicación de la evidencia y mejorar la traducción de los programas de ejercicios de resistencia con el objetivo de mejorar la salud del cerebro. Para abordar este desafío, la Plantilla de Informes de Consenso sobre el Ejercicio (CERT, por sus siglas en inglés) proporciona un formato estandarizado para informar sobre los programas de intervención con ejercicios (38). Las guías CERT incluyen 16 ítems como la cantidad mínima de información necesaria para reportar intervenciones de ejercicio, y para permitir el desarrollo, orientación, evaluación, interpretación y asistencia con un programa de ejercicio efectivo para la práctica clínica diaria (38).

En conjunto, los ensayos controlados aleatorizados (ECA) bien diseñados y basados en CERT deben informar información detallada sobre los principios del ejercicio FIIT (frecuencia, intensidad, tiempo y tipo) para establecer recomendaciones de ejercicio accesibles (que favorezcan su aplicabilidad a cualquier población y contexto), sólidas y replicables basadas en la evidencia para la salud del cerebro. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es proporcionar la justificación y la descripción completa, basada en las guías del CERT, del programa basado en ejercicios de resistencia de 24 semanas del ensayo AGUEDA, en el que el resultado primario es investigar los efectos de un programa de ejercicios de resistencia de 24 semanas sobre la función ejecutiva en adultos mayores cognitivamente normales. Esto puede servir a los investigadores y profesionales de la salud pública que deseen implementar un programa de ejercicios de resistencia factible y de bajo costo con efectos positivos esperados en los resultados cognitivos y cerebrales en adultos mayores cognitivamente normales.

2. Métodos

2.1 Participantes y reclutamiento

Un total de 90 adultos mayores cognitivamente normales (65-80 años) de Granada (España) participaron en el ensayo AGUEDA. Los participantes fueron reclutados a través de los medios de comunicación locales (televisión, radio, periódicos), folletos promocionales, anuncios en agencias locales de ancianos y personas mayores, sitios en línea y redes sociales. El proceso de reclutamiento comenzó en marzo de 2021 y finalizó en mayo de 2022. Los criterios de inclusión y exclusión se definieron de la siguiente manera: (i) adultos mayores entre 65 y 80 años, (ii) físicamente inactivos (es decir, definidos como aquellos que no participan en ningún programa de ejercicios de resistencia en los últimos 6 meses o que acumulan menos de 600 METs-Min/semana por el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) (39), (iii) clasificados como cognitivamente normales según la versión española de la Entrevista Telefónica de Estado Cognitivo modificada (STICS-m) (≥ 26 puntos) (40), Mini-Examen del Estado Mental

(MMSE) (≥ 25/30) (41) y Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA) (<71 años, ≥ 24/30,
 71-75 ≥ 22/30, >75, 21/30) (42); y (iv) sin síntomas depresivos significativos al inicio del
 estudio según la Escala de Depresión Geriátrica (GDS) (≥ 15) (43). Se puede obtener
 información detallada sobre el diseño del estudio en otros lugares (44).

2.2 Aleatorización

Los adultos mayores que vivían en la comunidad fueron asignados aleatoriamente a un grupo de ejercicio de resistencia (n = 46) o a un grupo de control en lista de espera (n = 44). Los participantes asignados al grupo de ejercicio asistieron a 3 sesiones de ejercicio supervisado por semana durante 24 semanas, mientras que al grupo de control de la lista de espera se le pidió que mantuviera su estilo de vida habitual. A los participantes asignados al grupo de control de la lista de espera se les dio la oportunidad de asistir al programa de ejercicios de 24 semanas después de completar el período de la lista de espera. El protocolo del ensayo se ajustó a los principios de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Consejo de Ética de la Investigación del Servicio Andaluz de Salud (CEIM/CEI Provincial de Granada; #2317-N-19 el 25 de mayo de 2020). Todos los participantes dieron su consentimiento informado una vez que se explicaron todos los detalles del estudio. El reclutamiento, la inscripción y la aleatorización se realizaron de forma continua.

2.3 Estructura del programa de ejercicios

El programa de ejercicios de resistencia de 24 semanas implementado en el ensayo AGUEDA siguió las pautas del CERT (Tabla S1) y se resume en la Figura 1. El programa de ejercicios de resistencia AGUEDA se diseñó con base en evidencia previa centrada en los resultados de salud (es decir, calidad de vida o beneficios cognitivos) en la población mayor (4, 15-20) y siguió las pautas para el entrenamiento de resistencia en adultos

mayores de la Conferencia Internacional de Investigación sobre Fragilidad y Sarcopenia

135 (ICFSR) (45) y el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) (46).

El programa de ejercicios de resistencia consistió en una combinación de ejercicios de las extremidades superiores e inferiores utilizando bandas elásticas y el propio peso corporal del participante. Esto permitió una fácil aplicación, un bajo costo y una traducción factible a diferentes contextos (es decir, hogares y prácticas clínicas). El programa de ejercicios se realizó en grupos de 4 a 6 participantes y fue realizado por entrenadores profesionales con una licenciatura en Ciencias del Deporte y el Ejercicio. El programa de ejercicios se llevó a cabo en una sala de fitness del Instituto Universitario del Deporte y la Salud (IMUDS) en la ciudad de Granada, España.

2.4 Materiales de ejercicio

Los materiales de recopilación de datos para la sesión de entrenamiento (es decir, hojas de entrenamiento o cuestionarios de eventos adversos), así como los recursos audiovisuales y complementarios (es decir, la guía del programa de ejercicios) del programa de ejercicios se encuentran en GitHub (https://github.com/aguedaprojectugr/CERT_AGUEDA). La Tabla S2 muestra la lista de los archivos disponibles en el repositorio.

Las bandas elásticas utilizadas fueron Thera-Band® (47), que están disponibles en 7 colores diferentes correspondientes a diferentes resistencias (es decir, amarillo-suave, rojo-medio, verde-fuerte, azul-extra fuerte, negro-fuerte especial, plateado-atlético y oro-olímpico). Todas las bandas elásticas tienen una longitud de 1,50 m y el agarre se estandarizó en 1 metro de longitud para todos los participantes.

Para la ejecución de los ejercicios con bandas elásticas, fueron necesarios 4 puntos de apoyo: rodilla (p. ej., leñador), cintura (p. ej., remo), cabeza (p. ej., tirón de cara) y por

- encima de la cabeza (p. ej., jalón dorsal). El participante mantuvo la distancia máxima de elongación desde el punto de apoyo sin ninguna fuerza sobre la banda elástica. En la Tabla S3 se muestra una descripción detallada del equipo de ejercicio .
- 161 2.5 Características del ejercicio y periodización
- 162 2.5.1. Dosis de ejercicio
- 163 El volumen total prescrito del ensayo AGUEDA para cada participante asignado para
- recibir ejercicio fue de 24 semanas con 3 sesiones por semana de 60 minutos de duración.
- Por lo tanto, a cada participante se le prescribió un total de 72 sesiones de entrenamiento.
- El volumen se mide por; (i) número de series (es decir, 3), (ii) número de repeticiones (es
- decir, tantas como sea posible) y (iii) tiempo de ejecución de las series (es decir, de 40 a
- 168 60 segundos).

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

La intensidad se midió principalmente mediante la escala de Borg de Esfuerzo Percibido (RPE) de 10 puntos con una calificación objetivo de 7-8 (es decir, Muy difícil) (48). La escala Thera-Band RPE (47) también se utilizó durante las semanas de familiarización (es decir, 2 primeras semanas) para ayudar a los participantes a aprender el uso de la escala RPE con bandas elásticas. Las variables modificables utilizadas para controlar la intensidad fueron: (i) velocidad de ejecución (es decir, lo más rápido posible), (ii) descanso (es decir, 60 segundos de descanso en cada serie) y, (iii) niveles: básico (nivel 1), intermedio (nivel 2) y avanzado (nivel 3). Estos diferentes niveles (8 semanas por nivel), incluyendo 3 sesiones de entrenamiento por semana/nivel, aumentaron progresivamente a lo largo de la complejidad motora de los ejercicios y la resistencia de la banda elástica (Tabla 1). La complejidad motora implica un aumento del nivel de dificultad técnica del ejercicio, lo que eleva la demanda de otras capacidades físicas durante el ejercicio de resistencia estimulando adaptaciones multisistémicas (o multicomponente) (coordinación, equilibrio, estabilidad central, potencia, agilidad, entre

otras) (49). Estos ajustes multisistémicos se deben a las diferentes características de los ejercicios de resistencia: (i) la ejecución unilateral de ejercicios, que aumenta el nivel de coordinación y proporciona cambios en el patrón de activación de los músculos estabilizadores del tronco (p. ej., press de empuje unilateral) (46), (ii) la realización de ejercicios con patrones de movimiento no cíclicos (p. ej., levantamiento turco), que eleva el nivel de coordinación y mejora el control motor, (iii) ejercicios multisegmentarios que elevan el nivel de estrés en el sistema de control neuromuscular y motor (p. ej., rotación del leñador) promoviendo adaptaciones continuas (45) o (iv) Ejercicio de inestabilidad, que exige el equilibrio, la estabilidad de las articulaciones y el tronco (p. ej., estocada caminando) (49).

Además, el aumento de la complejidad motora de los ejercicios de entrenamiento de resistencia en poblaciones mayores mejora la capacidad funcional, lo que puede transferir las actividades diarias y la independencia (49).

En la Figura 2 se presenta un resumen del tipo y la carga. Sin embargo, la dosis total se cuantificó de forma individualizada y estandarizada, como se explica a continuación.

2.5.2 Carga normalizada

A los participantes se les prescribieron 3 series de 8 ejercicios por sesión. La duración de cada serie fue de 40 a 60 segundos según el nivel asignado a cada semana con un descanso de 60 segundos entre series. Se ajustó el tiempo de descanso entre ejercicios a las instrucciones y preparación para el siguiente ejercicio. El tiempo de ejecución aumentó igualmente en cada nivel para garantizar que cada participante alcanzara la intensidad deseada con una técnica adecuada: 40 segundos por ejecución establecida dentro de las primeras 3 semanas, 50 segundos de ejecución dentro de las siguientes 3 semanas y 60 segundos de ejecución dentro de la 7ª y 8ª semana. Este número igual de series y tiempo

permitió a cada participante realizar un cierto número de repeticiones de acuerdo con sus propias capacidades. La velocidad de los diferentes ejercicios se utilizó como otra medida para modular la intensidad y las adaptaciones a nivel muscular, utilizando la velocidad de ejecución lo más rápida posible pero controlada (es decir, 1 segundo de fase excéntrica y 1 segundo de fase concéntrica) (50). Además, la intensidad máxima del objetivo prescrito fue del 70-80% de la calificación máxima de esfuerzo percibido de los participantes (7-8 RPE). El RPE se registró después de cada ejercicio y al final de toda la sesión (47) (Archivo A1). Los participantes comenzaron el programa de ejercicios dentro de las 2 semanas posteriores a la familiarización. El período de familiarización se centró en las técnicas de ejercicio descritas anteriormente utilizando una velocidad de ejecución controlada y no en la intensidad (es decir, 2 segundos de fase excéntrica y 2 segundos de fase concéntrica).

2.5.3 Carga externa individualizada

Era importante tener en cuenta las limitaciones individuales y las diferencias físicas entre los participantes para lograr la intensidad deseada, especialmente en las poblaciones de mayor edad. Todos los participantes comenzaron el programa de ejercicios con una resistencia elástica suave (p. ej., amarillo-suave) para familiarizarse con los diferentes ejercicios, pero la resistencia en las bandas elásticas aumentó de forma individual. La resistencia elástica se incrementó progresivamente a juicio del entrenador y del participante, con el objetivo de alcanzar el RPE objetivo semanal, con base en la base estandarizada mencionada anteriormente.

2.6 Estructura de las sesiones y ejercicios

Las sesiones de ejercicio incluyeron (i) un calentamiento, (ii) la parte principal de los ejercicios de resistencia y (iii) una fase de enfriamiento (Figura 3). Los datos recogidos durante las sesiones se registraron en una hoja de grupo de formación en papel durante la

sesión (es decir, fecha, duración de las fases y datos individualizados mencionados anteriormente) (Archivo A2) y luego, los datos se registraron en una hoja de Excel de registro individual y grupal para todos los participantes (Archivo A3 y Archivo A4). Una descripción detallada del programa de entrenamiento con ejercicios de AGUEDA se muestra en un manual multilingüe y en una serie de vídeos (Archivo A5 y Archivo A6).

2.6.1 Calentamiento

El calentamiento duró ~8 minutos e incluyó: (i) masaje miofascial con rodillo de espuma o pelota de tenis, (ii) movilidad articular (es decir, movilidad torácica, de hombros, rodillas y cadera) y (iii) juego cardiovascular (p. ej., carrera de relevos).

2.6.2 Ejercicio

La duración de la intervención principal del ejercicio duró unos 45 min. Hubo 3 sesiones de ejercicio diferentes por nivel, y cada sesión de ejercicio incluyó 8 ejercicios diferentes. La progresión del ejercicio de un ejercicio a otro se realizó secuencialmente (es decir, 3 series de ejercicio 1 – descanso – 3 series de ejercicio 2). En la Tabla 1 se describen los ejercicios incluidos en cada sesión de ejercicios y en cada nivel. Los ejercicios seleccionados incluyeron patrones básicos de movimiento (51) que involucran grandes grupos musculares, tracción horizontal, tracción vertical, empuje horizontal, empuje vertical, extensión y flexión de cadera, dominantes de cadera, dominantes de rodilla, antirotación, anti-extensión, anti-flexión y anti-flexión lateral (52). Cada sesión comienza con ejercicios en posición de pie (es decir, excepto la sesión de entrenamiento 1 del nivel 3 que comenzó con flexiones) y termina con ejercicios lumbopélvicos específicos en decúbito prono o supino para evitar cambios bruscos en la posición del cuerpo que pueden causar mareos (53).

2.6.3 Vuelta a la calma

257	El enfriamiento duró aproximadamente 7 min. Esta fase tenía como objetivo la relajación
258	incluida la liberación miofascial (54), la movilidad articular o el estiramiento (es decir,
259	estático o dinámico), y se centró en los grupos musculares entrenados.
260	2.6.4 Modificaciones y adaptaciones de los ejercicios
261	La adaptación al ejercicio es un factor importante a la hora de diseñar programas de
262	ejercicios, especialmente en adultos mayores (53, 55, 56). El programa de ejercicios de
263	AGUEDA incluyó adaptaciones específicas para los ejercicios debido a diferentes causas:
264	(i) Dolor previo: la prevalencia de dolor en adultos mayores aumenta con la edad (55).
265	Agregamos diferentes modificaciones y adaptaciones para el dolor de hombro, rodilla
266	y espalda, como ejercicios unilaterales para la otra extremidad dolorosa (p. ej., pierna
267	derecha o izquierda), ejercicios isométricos para los músculos dolorosos (p. ej.,
268	sentadilla isométrica en la pared) y un cambio dentro del plano de movimiento (p. ej.,
269	plancha en la pared).
270	(ii) Lesiones durante la intervención: las caídas son la principal causa de lesiones entre
271	los adultos ≥65 años (56). Después de la rehabilitación y/o recuperación, se pidió a los
272	participantes que se reincorporaran a las sesiones de capacitación. Los entrenadores
273	modificaron y adaptaron los ejercicios bajo la supervisión y autorización de un médico
274	(iii) Síntomas vestibulares y mareos: estos síntomas son un problema habitual e
275	importante en las personas mayores (53). Los ejercicios que provocaban mareos se
276	modificaron cambiando la posición del ejercicio de acostado a pie (p. ej., insecto
277	muerto de pie) o el movimiento del ejercicio de dinámico a estático (p. ej., sentadilla
278	isométrica en lugar de sentadilla).

2.7 Otras variables registradas

- 281 El equipo de investigación de AGUEDA recopiló variables adicionales relacionadas con
- 282 la formación durante todas las sesiones:
 - (i) Frecuencia cardíaca (FC) de los participantes: La FC se registró utilizando monitores de FC (Cinta pectoral Polar H10, Polar, Kempele, Finlandia) durante todas las sesiones por motivos de seguridad para identificar respuestas cardiovasculares anormales o excesivas durante el ejercicio. Los datos se almacenaron en un diario de entrenamiento en línea utilizando 2 aplicaciones (Polar Flow y Elite HRV) para analizar la intensidad del ejercicio que coincide con la escala RPE y comprender las adaptaciones cardiovasculares de este programa de ejercicios de resistencia. La validez de la banda pectoral Polar y de las aplicaciones ha sido examinada y descrita en estudios previos (57-59). Cada participante tenía una cuenta de correo electrónico específica para que las aplicaciones se asociaran a un teléfono móvil específico (Huawei MI A2 lite), que fue llevada por el participante durante toda la sesión.
 - (ii) Sensación de los participantes y calidad del sueño: la escala de sensación antes y después de cada sesión de ejercicio se midió mediante una pregunta validada: "¿Cómo te sientes antes/después de la sesión?" (60). Además, la calidad del sueño nocturno anterior también fue reportada por los participantes antes de cada sesión de entrenamiento utilizando una pregunta individual validada: "¿Qué tan bien dormiste anoche?" (61).
- 299 2.8 Viabilidad
- La factibilidad del proyecto AGUEDA se evaluó mediante la retención (62), la adherencia, los eventos adversos (63, 64) (Tabla 2) y la estimación del costo del programa de ejercicios (Tabla 3).

2.8.1 Retención

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

La retención se calculó a partir del número de participantes del grupo de intervención que habían completado las evaluaciones posteriores (65). La retención del estudio fue del 95,65% (44 de los 46 participantes completaron las evaluaciones posteriores).

2.8.2 Adherencia

La adherencia al programa de ejercicios se midió por la asistencia a las sesiones por la proporción de sesiones completadas del total de sesiones prescritas. Se requirió una asistencia del 80% para el análisis por protocolo (es decir, > 57 sesiones de ejercicios). Las sesiones de ejercicio se realizaron de forma regular durante las vacaciones (es decir, verano o Navidad). Cualquier sesión perdida se registraba y se reprogramaba para una fecha alternativa para maximizar el cumplimiento del programa. Para casos excepcionales en los que no era factible la reprogramación, las sesiones en línea se realizaron a través de una videollamada utilizando los siguientes materiales: (i) teléfono móvil, (ii) banda polar H10, (iii) bandas elásticas, (iv) escala RPE, y (v) una guía del programa de entrenamiento en línea previamente explicada en detalle (Archivo A8). El promedio de asistencia registrado de 46 participantes fue de 84,12%. El 10% (53 de 454 sesiones) de las sesiones perdidas fueron reprogramadas, aumentando la asistencia media al 85,71%. 2 participantes tuvieron menos del 60% de asistencia, 3 participantes entre el 60-80% y 41 participantes lograron el >80%. Se identificaron factores externos al programa de ejercicios como la causa de las sesiones perdidas. Las razones de la menor adherencia (<60% de la asistencia) fueron la falta de voluntad para realizar el programa de ejercicios por la presencia de una condición de salud. En cuanto a los demás, los 3 participantes faltaron a las sesiones por condiciones de salud.

- Además, se implementaron estrategias específicas para promover la participación de los participantes:
- (i) Música: Altavoz con música durante las sesiones de ejercicio según la elección del
 participante.

- (ii) Motivación extrínseca: motivación extrínseca bien interiorizada por parte de los entrenadores a cargo, como valorar personalmente ciertos resultados de los ejercicios como un factor particularmente importante para la adopción inicial (66) (por ejemplo, "Con este ejercicio ganarás masa muscular en tu espalda").
- (iii) Motivación intrínseca: retroalimentación intrínseca individual en una actitud cercana y alentadora por parte de los entrenadores (67) (p. ej., "Inhalar y exhalar lentamente").
- (iv) Retroalimentación grupal: retroalimentación grupal positiva con el fin de promover sentimientos de competencia y confianza en sí mismos en los participantes (p. ej., "Todos ustedes han mejorado mucho, sigan adelante").
- (v) Talleres: se realizaron talleres bimestrales cuerpo-mente, movilidad o juego para mantener la motivación y mantener el contacto durante las 24 semanas de espera con el grupo control de la lista de espera.
- Al finalizar el programa, se utilizaron tres estrategias adicionales para ayudar a los participantes a continuar haciendo ejercicio:
 - (i) <u>Guía del programa de ejercicios de AGUEDA</u>: se entregó a los participantes un manual completo del programa de ejercicios de AGUEDA, que incluye una descripción visual y teórica multilingüe de cada una de las sesiones de entrenamiento, para facilitar la práctica de ejercicio físico de forma autónoma (Ficha A5 y Ficha A6).

- (ii) <u>Grupo de control de la lista de espera</u>: Los participantes asignados al grupo de control de la lista de espera pudieron realizar el programa de ejercicios después de finalizar las evaluaciones posteriores.
- (iii) <u>Flyer:</u> Invitación, con descuento de bienvenida, a hacerse socio de un centro de entrenamiento en Granada (España) para ayudar a los participantes (es decir, grupo de ejercicio y lista de espera) a mantener su hábito de entrenamiento bajo la supervisión de un entrenador personal profesional (Ficha A9) una vez finalizado el proyecto.

2.8.3 Eventos adversos

Cualquier evento adverso que ocurriera, como lesión, emergencia o cirugía programada, fue registrado, reportado y evaluado por el equipo de investigación en REDCap (68), una plataforma en línea diseñada para almacenar y administrar datos electrónicos. Los datos adversos se registraron, si fue posible, en el momento del evento, pero también se preguntaron en el punto medio y después de las evaluaciones (es decir, a las 12 y 25 semanas) mediante una llamada telefónica. Un formulario personalizado de eventos adversos (Archivo A7) incluyó la gravedad, la gravedad, la cronicidad y la resolución de los participantes, incluso eventos no relacionados con el programa de ejercicios (p. ej., COVID). La gravedad de los eventos adversos se clasificó en 3 categorías (es decir, leve, moderado y grave) (69). En caso de lesión articular u otras lesiones, se requería la autorización de un médico antes de reincorporarse al programa de ejercicios de resistencia. Hubo 1 evento adverso grave durante el período de intervención, pero sin relación causal con las evaluaciones o el programa de ejercicios.

2.8.4 Estimación del coste económico

Presentamos una estimación del costo de ejecución del programa de ejercicios de AGUEDA, incluidos los recursos humanos y el equipo (Tabla S5). El costo se basa en un tamaño promedio de grupo de 6 participantes. El coste total estimado del programa de entrenamiento de resistencia de 24 semanas de AGUEDA fue de 6623,58 €, con un coste aproximado de 144,23 € por participante y 865,49 € por grupo.

Los costos se han calculado en base al material mínimo requerido para la replicación en cualquier contexto. Los beneficios del entrenamiento de resistencia con el peso corporal han sido reconocidos por la ACSM por una forma funcional de hacer ejercicio con un equipo y espacio mínimos, lo que lo convierte en una forma de ejercicio económica, conveniente y accesible para personas de todas las edades y niveles de condición física (70). Igualmente, el uso de bandas elásticas está aumentando como método alternativo para mejorar la fuerza muscular (71,72) en adultos mayores debido a las siguientes razones: (i) bajo costo y disponibles en lugar de máquinas de pesas (73-75), (ii) conveniente para diferentes niveles de condición física (76) y (iii) portabilidad; permitir el uso doméstico o al aire libre de las personas (75).

3. Discusión

Aunque la evidencia apoya el papel potencial del ejercicio de resistencia en la salud del cerebro durante el envejecimiento (1),información para permitir la replicación de programas de ejercicio y para determinar las características apropiadas del ejercicio de resistencia para los beneficios cognitivos y de salud cerebral en adultos mayores cognitivamente normales (14). El presente estudio ha descrito una descripción basada en el CERT del programa de ejercicios de resistencia supervisados de 24 semanas implementado en el ensayo AGUEDA, un ECA que investiga los efectos sobre la salud cerebral en adultos mayores cognitivamente normales.

La literatura previa se ha centrado principalmente en los efectos del ejercicio aeróbico (es decir, caminar) en la cognición (23, 77-80). Sin embargo, los beneficios potenciales del entrenamiento de resistencia en el funcionamiento cognitivo se están investigando cada vez más por diferentes razones; (i) el mayor beneficio del ejercicio aeróbico sobre la cognición parece ocurrir cuando se combinó con el entrenamiento de resistencia (81), (ii) la evidencia mostró que el ejercicio de resistencia tiene beneficios sobre la función cognitiva global (4, 5, 19, 82), la memoria (19), la función ejecutiva (4, 5, 15, 19), la velocidad de procesamiento (18) y la memoria de trabajo (4), y (iii) existen mecanismos fisiológicos por los cuales el entrenamiento de resistencia podría mejorar la función cognitiva independientemente del ejercicio aeróbico (83). Además, una gran cantidad de evidencia ha demostrado efectos positivos del ejercicio de resistencia en otros indicadores de salud para adultos mayores, como la capacidad funcional (28, 84, 85), el aumento de la fuerza muscular (85) y otros resultados conductuales como síntomas depresivos (86, 87), síntomas de ansiedad (86) y sueño (19), entre otros. A pesar de la literatura previa, sigue existiendo una heterogeneidad significativa y una información insuficiente en cuanto a las características del ejercicio que impiden su replicación (1, 4, 5, 9, 19, 27), lo que está limitando la evidencia sobre los efectos características-respuesta del ejercicio de resistencia sobre la salud cerebral en dominios cognitivos específicos (9). Además, son pocos los estudios que se han realizado en adultos mayores cognitivamente normales, en comparación con las poblaciones con deterioro cognitivo, y los informes de alta calidad de las intervenciones de ejercicio centradas en la salud cerebral son escasos. El programa de ejercicios AGUEDA ha sido diseñado utilizando las pautas de ACSM para adultos mayores con énfasis en el ejercicio de resistencia (46), así como la literatura científica que demuestra los beneficios generales para la salud del ejercicio de resistencia

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

para esta población (9, 51, 88). El programa de ejercicios se realizó con bandas elásticas

y peso corporal, lo cual es una estrategia efectiva para mejorar los patrones básicos de movimiento, las actividades instrumentales de la vida diaria (34) y para tareas funcionales relacionadas con la seguridad cuando se realiza a alta velocidad (89). Además, los ejercicios se basaron en movimientos específicos, como empujar, tirar, levantar, sostener, flexión del tronco, rotación del tronco y estabilización, lo que hizo que los ejercicios fueran más funcionales, eficientes y beneficiosos para aumentar la fuerza y la potencia absolutas en adultos mayores (51, 90)

Además, el programa de ejercicio actual parece ser factible en comparación con otras intervenciones (91, 92), por la alta tasa de retención (95,6%) y asistencia (85,7%), evento adverso menor (1%) y bajo costo económico (144,23€/participante/24 semanas) en comparación con otros tipos de entrenamiento (es decir, equipos de entrenamiento con pesas (73-75)). La accesibilidad y portabilidad del programa AGUEDA permiten que se realice en cualquier momento y en cualquier lugar, lo que lo convierte en un programa de ejercicio factible para la población mayor (71). Su conveniencia y adaptabilidad a diferentes niveles de condición física y objetivos de entrenamiento facilitan la replicación,

como centros de acondicionamiento físico, hogares o laboratorios de investigación (76).

Además, hemos considerado cuidadosamente varias estrategias de ejercicio de

adherencia, basadas en principios sociocognitivos (93), para maximizar la participación

de los participantes en el programa de ejercicios de AGUEDA.

3.1 Limitaciones y fortalezas

El presente estudio tiene varias limitaciones. El reclutamiento comenzó durante el COVID (es decir, marzo de 2021) y fue más lento de lo esperado, comenzando en diferentes épocas del año. Esto dificultó la implementación del programa de ejercicios de 24 semanas en la misma época del año para todos los grupos de entrenamiento. Es posible

que el ejercicio estacional no tenga un impacto en la condición física (94), pero se debe tener en cuenta el clima al interpretar las diferencias en los patrones de actividad física (95), incluido el uso de una máscara durante las sesiones de entrenamiento (96). Sin embargo, el horario fue flexible y fue dirigido en gran medida por las necesidades del participante, y no se interrumpió durante las 24 semanas. Otra limitación podría ser la experiencia previa y la condición física de los participantes, siendo ambos heterogéneos y potencialmente actuando como moderadores de cualquier resultado reportado en el estudio. Por ejemplo, la experiencia previa con el ejercicio podría influir en las prescripciones individualizadas y en el progreso de la resistencia y las repeticiones entre los participantes.

También hay varias fortalezas que deben ser reconocidas. En primer lugar, se implementó una descripción detallada del programa de ejercicios de resistencia que requiere un equipo mínimo y permite su aplicación y traducción a un contexto de vida cotidiana diferente (p. ej., persona mayor en casa) y prácticas clínicas (p. ej., fisioterapeuta). En segundo lugar, el diseño incluyó un programa de ejercicios de resistencia basado en pautas de ejercicio basadas en la evidencia para adultos mayores (97). En tercer lugar, la población específica se centró en adultos mayores cognitivamente normales que no tienen una respuesta característica clara del ejercicio. Por último, el programa incluyó una variedad de ejercicios, así como estrategias de adherencia que podrían aumentar la adherencia a los programas de ejercicios.

474 3.2 Conclusión

En conclusión, la descripción exhaustiva del ensayo AGUEDA basada en el CERT, que incluye manuales y videos multilingües bien descritos, servirá a los investigadores y profesionales de la salud pública que deseen implementar un programa de ejercicios de resistencia de 24 semanas factible y de bajo costo en adultos mayores cognitivamente normales.

4. Aprobación ética y consentimiento para participar

- Se obtuvo la aprobación de la junta de revisión institucional del Servicio Andaluz de Salud antes del inicio del ensayo. CEIM/CEI Provincial de Granada; #2317-N-19; Fecha
- 483 de aprobación: 25/05/2020.

484 5. Financiación

480

- Este estudio cuenta con el apoyo de la subvención RTI2018-095284-J-100 financiada por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y por "FEDER Una manera de hacer Europa", y
- 487 por la subvención RYC2019-027287-I financiada por MCIN/ AEI
- $488 \quad /10.13039/501100011033/$ y "ESF Investing in your future". BF-G recibió el apoyo de un
- contrato de Garantía Juvenil del Ministerio español y su trabajo forma parte de la Tesis
- 490 Doctoral realizada en los Estudios de Doctorado en Biomedicina de la Universidad de
- 491 Granada, España.

492

6. Conflicto de intereses

- 493 Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses. El autor declara no
- 494 revelar ningún conflicto de intereses.

495 **7. Agradecimientos**

- 496 Los autores desean agradecer a los participantes que participaron en este estudio por su
- 497 tiempo e interés.
- 498 **8. Divulgaciones**
- 499 Ninguno
- 500 9. Normas éticas
- 501 El experimento cumple con las leyes vigentes de España.

Referencias

- 503 1. Erickson KI, Donofry SD, Sewell KR, Brown BM, Stillman CM. Cognitive Aging 504 and the Promise of Physical Activity. Annu Rev Clin Psychol [Internet]. 2022 May 505 9;18:417–42. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35044793
- Gavelin HM, Dong C, Minkov R, Bahar-Fuchs A, Ellis KA, Lautenschlager NT, et al. Combined physical and cognitive training for older adults with and without cognitive impairment: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. Vol. 66, Ageing Research Reviews. Elsevier Ireland Ltd; 2021.
- 511 3. Di Lorito C, Long A, Byrne A, Harwood RH, Gladman JRF, Schneider S, et al. Exercise interventions for older adults: A systematic review of meta-analyses. J Sport Health Sci. 2021 Jan 1;10(1):29–47.
- 514 4. Northey JM, Cherbuin N, Pumpa KL, Smee DJ, Rattray B. Exercise interventions 515 for cognitive function in adults older than 50: A systematic review with meta-516 Analysis. Br J Sports Med. 2018;52(3):154–60.
- 517 5. Huang X, Zhao X, Li B, Cai Y, Zhang S, Wan Q, et al. Comparative efficacy of various exercise interventions on cognitive function in patients with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and network meta-analysis. J Sport Health Sci [Internet]. 2022;11(2):212–23. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.05.003
- Kirk-Sanchez NJ, McGough EL. Physical exercise and cognitive performance in the elderly: Current perspectives. Clin Interv Aging. 2013 Dec 17;9:51–62.
- 7. Coley N, Giulioli C, Aisen PS, Vellas B, Andrieu S. Randomised controlled trials for the prevention of cognitive decline or dementia: A systematic review. Ageing Res Rev [Internet]. 2022 Dec;82:101777. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1568163722002197
- 528 8. Esteban-Cornejo I, Ho FK, Petermann-Rocha F, Lyall DM, Martinez-Gomez D, Cabanas-Sánchez V, et al. Handgrip strength and all-cause dementia incidence and mortality: findings from the UK Biobank prospective cohort study. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2022 Jun 1;13(3):1514–25.
- Gallardo-Gómez D, del Pozo-Cruz J, Noetel M, Álvarez-Barbosa F, Alfonso-Rosa RM, del Pozo Cruz B. Optimal dose and type of exercise to improve cognitive function in older adults: A systematic review and bayesian model-based network meta-analysis of RCTs. Ageing Res Rev [Internet]. 2022 Apr;76:101591.
 Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1568163722000332
- 537 10. Kim J, Kang S, Hong H, Joo M, Kang H. A Non-Randomized Combined Program of Walking and Low-Load Resistance Exercise Improves Cognitive Function and 538 Cardiometabolic Risk Factors in Community-Dwelling Elderly Women. 539 21;10(10):2106. 540 Healthcare [Internet]. 2022 Oct Available from: 541 https://www.mdpi.com/2227-9032/10/10/2106

- 11. Pedersen BK. Physical activity and muscle-brain crosstalk. Nat Rev Endocrinol 542 2019 543 [Internet]. Jul 1;15(7):383–92. Available from:
- http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30837717 544
- Xu W, Wang HF, Wan Y, Tan CC, Yu JT, Tan L. Leisure time physical activity 545 12. and dementia risk: A dose-response meta-analysis of prospective studies. BMJ 546 Open. 2017 Oct 1;7(10). 547
- 13. Barha CK, Falck RS, Best JR, Nagamatsu LS, Hsiung GYR, Sheel AW, et al. 548 Reshaping the path of mild cognitive impairment by refining exercise prescription: 549 550 a study protocol of a randomized controlled trial to understand the "what," "for 551 whom," and "how" of exercise to promote cognitive function. Trials [Internet].
- 2022 9;23(1):766. Available 552 Sep from: https://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13063-022-06699-7 553
- Hansford HJ, Wewege MA, Cashin AG, Hagstrom AD, Clifford BK, McAuley JH, 554 et al. If exercise is medicine, why don't we know the dose? An overview of 555 systematic reviews assessing reporting quality of exercise interventions in health 556
- and disease. Br J Sports Med. 2022; bjsports-2021-104977. 557
- 15. Yoon DH, Lee JY, Song W. Effects of Resistance Exercise Training on Cognitive 558 Function and Physical Performance in Cognitive Frailty: A Randomized 559 Controlled Trial. J Nutr Health Aging [Internet]. 2018;22(8):944–51. Available 560 from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30272098 561
- 562 16. Smith C, Woessner MN, Sim M, Levinger I. Sarcopenia definition: Does it really matter? Implications for resistance training. Ageing Res Rev [Internet]. 563 2022:78(April):101617. Available from: 564 https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101617 565
- 566 17. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al. Resistance training for older adults: Position statement from the national strength 567 and conditioning association. J Strength Cond Res. 2019;33(8):2019–52. 568
- 569 18. Yoon DH, Lee JY, Song W. Effects of Resistance Exercise Training on Cognitive 570 Function and Physical Performance in Cognitive Frailty: A Randomized Controlled Trial. Journal of Nutrition, Health and Aging. 2018;22(8):944–51. 571
- 572 19. Li Z, Peng X, Xiang W, Han J, Li K. The effect of resistance training on cognitive 573 function in the older adults: a systematic review of randomized clinical trials. Aging Clin Exp Res. 2018;30(11):1259-73. 574
- 575 20. Otsuka Y, Yamada Y, Maeda A, Izumo T, Rogi T, Shibata H, et al. Effects of resistance training intensity on muscle quantity / quality in middle-aged and older 576 577 people: a randomized controlled trial. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 578 2022;(January):894–908.
- 579 21. El-Kotob R, Ponzano M, Chaput JP, Janssen I, Kho ME, Poitras VJ, et al. 580 Resistance training and health in adults: an overview of systematic reviews. Appl 581 Physiol Nutr Metab. 2020 Oct 1;45(10):S165-79.

- 582 22. Liu-Ambrose T, Nagamatsu LS, Graf P, Beattie BL, Ashe MC, Handy TC.
 583 Resistance training and executive functions: A 12-month randomized controlled trial. Arch Intern Med. 2010 Jan 25;170(2):170–8.
- 585 23. Guadagni V, Drogos LL, Tyndall A v., Davenport MH, Anderson TJ, Eskes GA, 586 et al. Aerobic exercise improves cognition and cerebrovascular regulation in older 587 adults. Neurology. 2020 May 26;94(21):E2245–57.
- 588 24. Coetsee C, Terblanche E. The effect of three different exercise training modalities 589 on cognitive and physical function in a healthy older population. European Review 590 of Aging and Physical Activity. 2017;14(1):1–10.
- Wayne PM, Walsh JN, Taylor-Piliae RE, Wells RE, Papp K v., Donovan NJ, et al.
 Effect of tai chi on cognitive performance in older adults: Systematic review and
 meta-analysis. Vol. 62, Journal of the American Geriatrics Society. 2014. p. 25–
 39.
- Chobe S, Chobe M, Metri K, Patra SK, Nagaratna R. Impact of Yoga on cognition and mental health among elderly: A systematic review. Complement Ther Med
 [Internet]. 2020 Aug 1;52:102421. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32951703
- Chang YK, Pan CY, Chen FT, Tsai CL, Huang CC. Effect of resistance-exercise
 training on cognitive function in healthy older adults: A review. J Aging Phys Act.
 2012;20(4):497–517.
- Hart PD, Buck DJ. The effect of resistance training on health-related quality of life in older adults: Systematic review and meta-analysis. Health Promot Perspect [Internet]. 2019;9(1):1–12. Available from: https://doi.org/10.15171/hpp.2019.01
- 605 29. Kekäläinen T, Kokko K, Sipilä S, Walker S. Effects of a 9-month resistance 606 training intervention on quality of life, sense of coherence, and depressive 607 symptoms in older adults: randomized controlled trial. Quality of Life Research. 608 2018 Feb 1;27(2):455–65.
- Schroeder EC, Franke WD, Sharp RL, Lee D chul. Comparative effectiveness of
 aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors:
 A randomized controlled trial. PLoS One. 2019 Jan 1;14(1).
- Sanchez-Lastra MA, Varela S, Cancela JM, Ayán C. Upper versus lower body resistance exercise with elastic bands: effects on cognitive and physical function of institutionalized older adults. Eur Geriatr Med. 2022 Aug 1;13(4):907–16.
- Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A, Hult A, et al. Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. J Am Med Dir Assoc. 2019 Jan 1;20(1):28–34.
- Eckardt N. Lower-extremity resistance training on unstable surfaces improves proxies of muscle strength, power and balance in healthy older adults: a randomised control trial. BMC Geriatr. 2016 Nov 24;16(1):1–15.

- 622 34. Yoon DH, Kang D, Kim HJ, Kim JS, Song HS, Song W. Effect of elastic band-
- based high-speed power training on cognitive function, physical performance and
- muscle strength in older women with mild cognitive impairment. Geriatr Gerontol
- 625 Int. 2017;17(5):765–72.
- 626 35. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM. Blood flow restricted
- resistance training in older adults at risk of mobility limitations. Exp Gerontol.
- 628 2017 Dec 1;99:138–45.
- 629 36. Xiong J, Ye M, Wang L, Zheng G. Effects of physical exercise on executive
- function in cognitively healthy older adults: A systematic review and meta-analysis
- of randomized controlled trials: Physical exercise for executive function. Int J Nurs
- 632 Stud. 2021;114.
- 633 37. Barha CK, Falck RS, Skou ST, Liu-Ambrose T. Personalising exercise
- recommendations for healthy cognition and mobility in aging: Time to address sex
- and gender (Part 1). Vol. 55, British Journal of Sports Medicine. BMJ Publishing
- 636 Group; 2021. p. 300–1.
- 637 38. Slade SC, Dionne CE, Underwood M, Buchbinder R. Consensus on Exercise
- Reporting Template (CERT): Explanation and Elaboration Statement. Br J Sports
- 639 Med. 2016;50(23):1428–37.
- 640 39. Tomioka K, Iwamoto J, Saeki K, Okamoto N. Reliability and validity of the
- international physical activity questionnaire (IPAQ) in elderly adults: The
- Fujiwara-kyo study. J Epidemiol. 2011;21(6):459–65.
- 643 40. Muñoz-García M, Cervantes S, Razquin C, Guillén-Grima F, Toledo JB, Martínez-
- González MÁ, et al. Validation study of a Spanish version of the modified
- Telephone Interview for Cognitive Status (STICS-m). Gac Sanit. 2019 Sep
- 646 1;33(5):415–20.
- 647 41. Beaman SR de, Beaman PE, Garcia-Peña C, Villa MA, Heres J, Córdova A, et al.
- Validation of a Modified Version of the Mini-Mental State Examination (MMSE)
- in Spanish. Aging, Neuropsychology, and Cognition [Internet]. 2004 Mar
- 650 9;11(1):1–11. Available from:
- https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1076/anec.11.1.1.29366
- 652 42. Ojeda N, del Pino R, Ibarretxe-Bilbao N, Schretlen DJ, Pena J. [Montreal
- 653 Cognitive Assessment Test: normalization and standardization for Spanish
- population]. Rev Neurol [Internet]. 2016 Dec 1;63(11):488–96. Available from:
- http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27874165
- 656 43. Fernández-San Martín MI, Andrade C, Molina J, Muñoz PE, Carretero B,
- Rodríguez M, et al. Validation of the Spanish version of the geriatric depression
- scale (GDS) in primary care. Int J Geriatr Psychiatry. 2002;17(3):279–87.
- 659 44. Solis-Urra P, Molina-Hidalgo C, García-Rivero Y, Costa-Rodriguez C, Mora-
- Gonzalez J, Fernandez-Gamez B, et al. Active Gains in brain Using Exercise
- During Aging (AGUEDA): Protocol for a randomized controlled trial. Front Hum

- Neurosci [Internet]. 2023;17(1168549). Available from: https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT05186090
- Izquierdo M, Merchant RA, Morley JE, Anker SD, Aprahamian I, Arai H, et al.
 International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert
 Consensus Guidelines. Journal of Nutrition, Health and Aging. 2021 Jul
 1;25(7):824–53.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum,
 M. S., ... & Triplett-McBride T. Progression Models in Resistance Training for
 Healthy Adults. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2009 Mar;41(3):687–708.
 Available from: https://journals.lww.com/00005768-200903000-00026
- 672 47. Colado JC, Garcia-Masso X, Travis Triplett N, Calatayud J, Flandez J, Behm DG, 673 et al. Construct and concurrent validation of a new resistance intensity scale for 674 exercise with thera-band® elastic bands. J Sports Sci Med. 2014;13(4):758–66.
- 675 48. Morishita S, Tsubaki A, Nakamura M, Nashimoto S, Fu JB, Onishi H. Rating of 676 perceived exertion on resistance training in elderly subjects. Vol. 17, Expert 677 Review of Cardiovascular Therapy. Taylor and Francis Ltd; 2019. p. 135–42.
- 49. La Scala Teixeira C V., Evangelista AL, Pereira PE de A, Da Silva-Grigoletto ME,
 Bocalini DS, Behm DG. Complexity: A Novel Load Progression Strategy in
 Strength Training. Front Physiol. 2019 Jul 3;10.
- Da Rosa Orssatto LB, Cadore EL, Andersen LL, Diefenthaeler F. Why fast
 velocity resistance training should be prioritized for elderly people. Strength Cond
 J. 2019;41(1):105–14.
- 684 51. Ribeiro AS, Nunes JP, Schoenfeld BJ. Selection of Resistance Exercises for Older 685 Individuals: The Forgotten Variable. Sports Medicine [Internet]. 2020 Jun 686 1;50(6):1051–7. Available from: https://doi.org/10.1007/s40279-020-01260-5
- Page P, Ellenbecker T. Strength Band Training. Vol. 60, Physiotherapy Canada.
 2008. 195 p.
- Balatsouras DG, Koukoutsis G, Fassolis A, Moukos A, Apris A. Benign
 paroxysmal positional vertigo in the elderly: Current insights. Clin Interv Aging.
 2018;13:2251–66.
- 692 54. Cheatham SW, Kolber MJ, Cain M, Lee M. The effects of self-myofascial release 693 using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and 694 performance: A systematic review. Int J Sports Phys Ther [Internet]. 2015 695 Nov;10(6):827–38. Available from: 696 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26618062
- 697 55. Abdulla A, Adams N, Bone M, Elliott AM, Gaffin J, Jones D, et al. Guidance on 698 the management of pain in older people. Age Ageing [Internet]. 2013 Mar 699 1;42(suppl 1):i1–57. Available from: https://academic.oup.com/ageing/article-700 lookup/doi/10.1093/ageing/afs200

- 701 56. Moreland B, Kakara R, Henry A. Trends in Nonfatal Falls and Fall-Related 702 Injuries Among Adults Aged ≥65 Years — United States, 2012–2018. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2020;69(27):875-81. 703
- 57. Moya-Ramon M, Mateo-March M, Peña-González I, Zabala M, Javaloyes A. 704 705 Validity and reliability of different smartphones applications to measure HRV during short and ultra-short measurements in elite athletes. Comput Methods 706 707 Programs Biomed [Internet]. 2022;217:106696. Available from: 708 https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2022.106696

- 709 58. Müller AM, Wang NX, Yao J, Tan CS, Low ICC, Lim N, et al. Heart rate measures 710 from wrist-worn activity trackers in a laboratory and free-living setting: Validation study. JMIR Mhealth Uhealth. 2019;7(10):1–19. 711
- 712 59. Gilgen-Ammann R, Schweizer T, Wyss T. RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. Eur J Appl Physiol 713 [Internet]. 2019;119(7):1525–32. Available from: https://doi.org/10.1007/s00421-714 019-04142-5 715
- 60. Hardy CJ, Rejeski WJ. Not What, but How One Feels: The Measurement of Affect 716 during Exercise. J Sport Exerc Psychol [Internet]. 1989 Sep;11(3):304-17. 717 718 Available from: https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsep/11/3/article-p304.xml 719

PROGRAMA DE EJERCICIO DE RESISTENCIA AGUEDA en relación a "The Consensus on Exercise Reporting Template (CERT)"

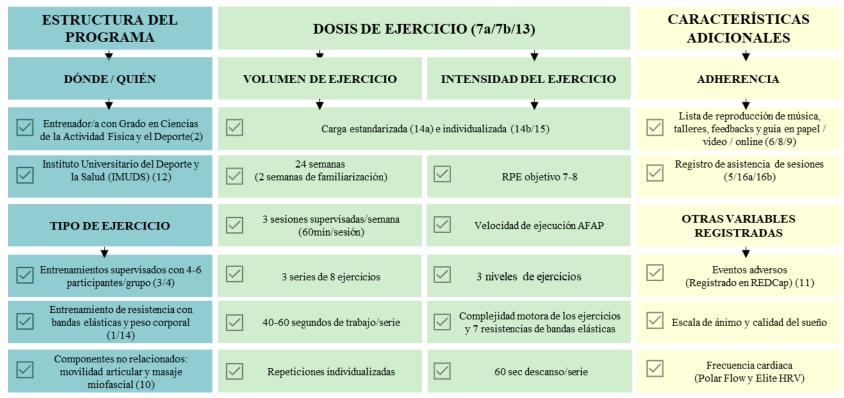


Figura 1. El programa de ejercicios de resistencia implementado en el ensayo AGUEDA según la guía CERT.

^{*}Los números entre paréntesis corresponden a cada elemento del CERT. AFAP:Lo más rápido posible; RPE: Tasa de esfuerzo percibido; Sec:Segundos

👚 PROGRAMA DE EJERCICIO DE RESISTENCIA AGUEDA 🗲

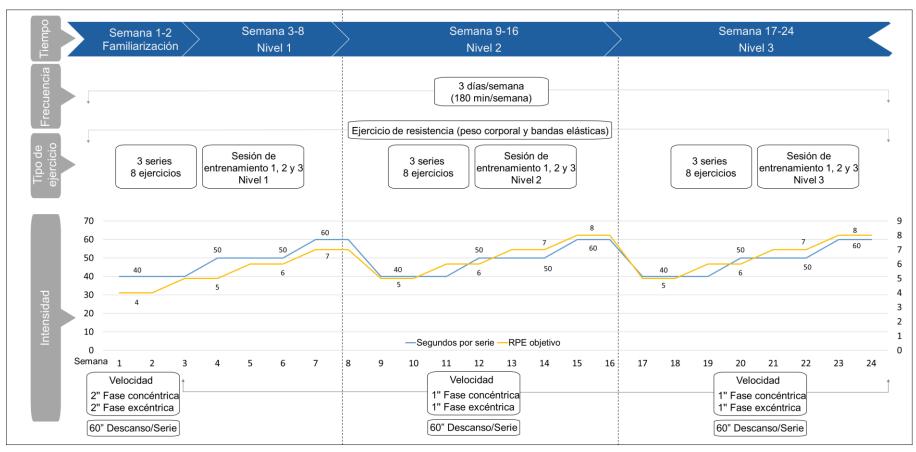


Figura 2. Características y periodización del programa de ejercicios de resistencia supervisados por AGUEDA.

727

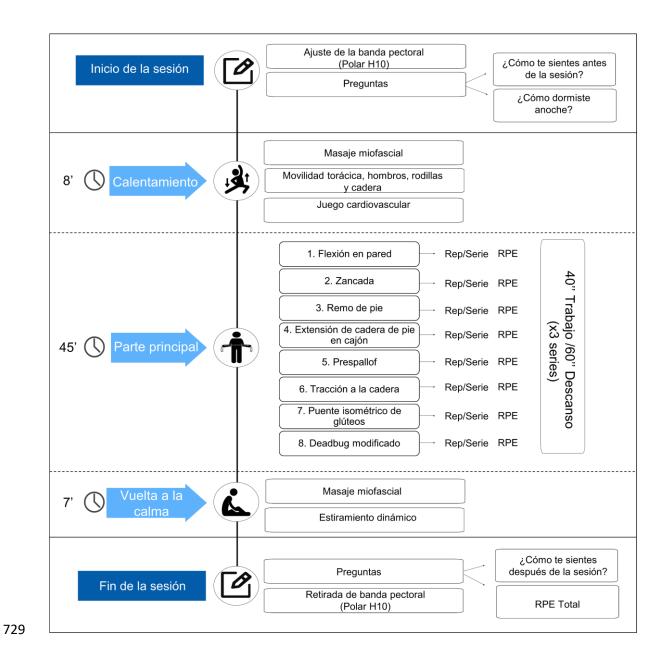


Figura 3. Estructura general de la sesión formativa de AGUEDA. Ejemplo de sesión de entrenamiento 1 para el nivel 1 (semana 1). Rep: Repetición; RPE: Tasa de esfuerzo percibido.

Tabla 1. Sesiones de entrenamiento (1, 2 y 3) para cada nivel (1, 2 y 3).

El calentamiento (8 minutos) consiste en (i) masaje miofascial con una pelota de tenis, (ii) movilidad articular y (iii) movilidad de los principales músculos involucrados durante la sesión de entrenamiento.

Sesión de entrenamiento 1		Sesión de entrenamiento 1	Sesión de entrenamiento 1	
Semana 1-8		Semana 9-16	Semana 17-24	
	Flexión en pared	Rotación externa del hombro*	Empuje bilateral *	
	Zancada	Sentadilla con los brazos cruzados	Zancada lateral	
	Remo de pie*	Tracción a la cara *	Patada de tríceps*	
Mirrol 1	Extensión de cadera en cajón	Elevación de gemelos	Peso muerto *	
Nivel 1	Press Pallof	Levantamiento turco modificado	Empuje de hombros sentado*	
	Tracción a la cadera*	Leñador *	Abducción de cadera tumbado	
	Puente isométrico de isquiotibiales	Puente de glúteos	Pájaro-perro modificado	
	Bicho muerto modificado	Plancha	Superman modificado	
	Flexiones inclinadas	Rotación externa de hombros*	Empuje unilateral *	
•	Zancada con desplazamiento	Sentadilla	Zancada lateral con desplazamiento	
	Remo*	Tracción a la cara *	Patada de tríceps con inclinación *	
N:1 2	Extensión de cadera en step*	Elevación de gemelos unilateral	Peso muerto *	
Nivel 2	Press pallof *	Levantamiento turco	Empuje de hombros sentado*	
	Tracción a la cadera*	Leñador con rotación*	Abducción de cadera con rebotes	
	Puente de isquiotibial unilateral	Puente de glúteos unilateral	Pájaro-perro	
	Bicho-muerto	Plancha modificada	Superman	
	Flexión	Rotación externa unilateral de hombros*	Empuje unilateral *	
	Sentadilla búlgara	Sentadilla con salto	Zancada lateral con elevación	
	Remo de pie*	Tracción a la cara *	Patada de tríceps unilateral con inclinación *	
Nivel 3	Subida a cajón	Elevación de gemelo unilateral en cajón	Peso muerto unilateral *	
	Press Pallof *	Levantamiento turco con pelota	Empuje de hombros sentado*	
	Tracción a la cadera*	Leñador con rotación*	Abducción de cadera de pie	
	Puente de glúteos unilateral *	Puente de isquiotibiales unilateral en cajón	Pájaro-perro avanzado	
	Bicho muerto avanzado*	Plancha	Nadador	

La vuelta a la calma (7 minutos) contiene (i) masaje miofascial con una pelota de tenis, (ii) movilidad articular o (iii) estiramiento que se centra en los grupos musculares objetivo de la sesión de entrenamiento.

^{*}Ejercicios con bandas elásticas. El resto del ejercicio se realiza con el peso corporal de cada persona.

Tabla 2. Retención, adherencia y evento adverso ocurridos en el ensayo AGUEDA.

	Criterios previos	Grupo de intervención (N=46)	Razón*
Retención	>90%	95.65%	N= 2 Estado de salud
		≤59% N=2	
	>80% de asistencia	60-80% N=3	N=5 Estado de salud
Adherencia		>80% N=41	
	AMAP**	10% N=53	-
Evento adverso	≤10% de eventos adversos graves	1%	Cirugía de hombro

^{*}Todas las razones fueron externas al programa de ejercicios. **En la medida de lo posible. – No aplicable

Tabla 3. Coste económico del ensayo AGUEDA.

	Uso de recursos	Coste unitario	Coste individual	Costo grupal	Coste de la intervención (N=46)
Recursos humanos	1 entrenador	8,12 €/ hora*	1.35 €/ hora**	8,12 €/ hora**	4471,24 €/
	1 chachador	0,12 6 11014	1,55 5. 11014	5,12 5, Hora	24semanas
	8 bandas elásticas	17,81 €	17,81 €	106,86 €	819,26 €
Equipo	Estera	3,99 €	3,99 €	23,94 €	183,54 €
	Paso	24,99 €	24,99 €	149.94 €	1149.54 €
Costo total	24 semana	-	144.23 €	865.49 €	6623.58 €

^{*(}Salario del formador*horas de formación al mes/total de horas de trabajo)/1 hora. **Basado en un tamaño medio de grupo de 6 participantes