



UNIVERSIDAD DE BURGOS

**PROCESO DE ENVEJECIMIENTO: CAMBIOS EN LA
COMPOSICIÓN CORPORAL Y USO TERAPÉUTICO
DE LOS EXERGAMES EN LA REHABILITACIÓN DEL
ADULTO MAYOR INSTITUCIONALIZADO**

TESIS DOCTORAL

Dña. Maha Jahouh Ahabrach

DIRECTORES

Dr. D. Jerónimo Javier González Bernal

Dr. D. Juan Mielgo Ayuso

Dr. D. Raúl Soto Cámara

UNIVERSIDAD DE BURGOS

Doctorado en Educación



**UNIVERSIDAD
DE BURGOS**

“Proceso de envejecimiento: cambios en la composición corporal y uso terapéutico de los exergames en la rehabilitación del adulto mayor institucionalizado”



TESIS DOCTORAL

Dña. Maha Jahouh Ahabrach

DIRECTORES

Dr. D. Jerónimo Javier González Bernal

Dr. D. Juan Mielgo Ayuso

Dr. D. Raúl Soto Cámara

*“La fuerza no viene de la capacidad física.
Viene de una voluntad indomable”*

Mahatma Gandhi

*“Strength does not come from physical capacity
but from indomitable will”.*

Mahatma Gandhi

AGRADECIMIENTOS

No quiero cerrar este ciclo tan apasionante lleno de conocimiento, esfuerzo e ilusión, sin mencionar a todas aquellas personas que han hecho que el mismo sea ligero y amable.

En primer lugar, agradecer al Dr. Jerónimo González por enseñarme la lección más importante; aprendizaje y conocimiento son sinónimo de diversión y disfrute, pero nunca de obligación.

Al Dr. Juan Mielgo, por su exquisita manera de enseñar y por acompañarme a lo largo de todo este camino. Descubrirte también ha sido conocimiento.

También agradecer al Dr. Raúl Soto, por su sutileza y por las aportaciones que han potenciado esta tesis.

Por supuesto, mencionar el apoyo y la colaboración de la Dra. Josefa González. Supiste ver en mí lo que ni siquiera yo veía, creaste y creíste en este proyecto y siempre, me has acompañado en el camino.

No quiero dejar a mis padres, porque no hubiese llegado hasta aquí sin su ejemplo de lucha y constancia. Me acompañaron hasta las puertas de esta ciudad y sin saber lo que iba a lograr, al marcharse, en sus ojos ya lucía el orgullo.

A mis queridos hermanos, por construir conmigo diariamente, por compartir cada momento y por latir en mí cada segundo. No puedo sentir más gratitud hacia vosotros.

Como no, agradecer al motor; mi cómplice. Cada letra y párrafo de esta tesis, tiene tu nombre y apellido.

Por último, agradecer a la Universidad de Burgos por brindarme la oportunidad de formarme y desarrollar mis ideas y proyectos.

A la Residencia Mixtas de Personas Mayores de Burgos I, por acoger y hacer posible mi idea y al grupo empresarial Senior Servicios Integrales por apoyar el talento.

Gracias a todos vosotros y a todas aquellas personas que, de algún modo u otro, han estado involucradas en este proyecto.

Sin todos vosotros, habría raíz, pero nunca flor.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	11
INDICE DE FIGURAS	14
INDICE DE ACRÓNIMOS	16
1. RESUMEN	18
2. ABSTRACT	22
5.1. TIPO DE ESTUDIO	46
5.2. MUESTRA	46
5.3. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	47
5.3.1. Evaluación composición corporal	47
5.3.2. Evaluación física y motora	48
5.3.3. Evaluación funcional	50
5.3.4. Evaluación cognitiva	52
5.3.5. Evaluación psicológica	52
5.4. PROCEDIMIENTO	53
5.5. CONSIDERACIONES ÉTICAS	56
5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	56
6.1. Estudio I: “Relación de la composición corporal con la fuerza y capacidad funcional de personas mayores de 70 años”.	60
6.2. Estudio II: “Influencia del uso terapéutico de la videoconsola Wii en los componentes de fragilidad física en adultos mayores institucionalizados”.	65
6.3. Estudio III: “Impacto de una intervención con videojuegos de Wii sobre la autonomía de las actividades de la vida diaria y los componentes psicológico-cognitivos en el adulto mayor institucionalizado”.	68
Tabla 11. Pretest y post test en estado psicológico en grupo control y grupo Wii.	71
7. DISCUSIÓN	74
8. CONCLUSIONES	82
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

10. ARTICULOS ORIGINALES QUE CONFORMAN LA TESIS DOCTORAL 101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descriptivos de la muestra	60
Tabla 2. Fuerza y capacidad funcional entre una cantidad baja o adecuada de LMB / BMI hombres y mujeres mayores de 70 años.....	61
Tabla 3. Fuerza y capacidad funcional entre una cantidad baja o adecuada de MMA/IMC.....	62
Tabla 4. Fuerza y capacidad funcional entre no o si osteoporosis en hombres y mujeres mayores de 70 años	63
Tabla 5. Análisis estadístico de los parámetros antropométricos.....	64
Tabla 6. Distribución del fenotipo de fragilidad en la prueba previa y posterior en los grupos de control y Wii.....	65
Tabla 7. Análisis estadístico de pruebas físicas y funcionales	65
Tabla 8. Características sociodemográficas de la muestra	67
Tabla 9. Pre-test y post test en actividades de la vida diaria en grupo control y grupo WII.....	68
Tabla 10. Pre-test y post test en estado cognitivo en grupo control y grupo Wii	69
Tabla 11. Pretest y post test en estado psicológico en grupo control y grupo Wii	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de cambio de las variables estudiadas en grupo control y grupo Wii.....	61
Figura 2. Porcentaje de cambio de las AVDS en el grupo control y Wii durante el estudio.....	63
Figura 3. Porcentaje de cambio de las variables de estado cognitivo en el grupo control y Wii durante el estudio.	64
Figura 4. Porcentaje de cambio de las variables de estado psicológico en el grupo control y Wii durante el estudio	66
Figura 5. Correlación entre el estado cognitivo, psicológico y actividades básicas e instrumentales de la vida diaria.....	672

INDICE DE ACRÓNIMOS

ABVD	Actividades básicas de la vida diaria
AIVD	Actividades instrumentales de la vida diaria
AVD	Actividades de la vida diaria
DAIR	Dementia Apathy Interview and Rating
DMO	Densidad de masa ósea
EADG	Escala de ansiedad y depresión de Goldberg
GDS-FAST	Escala de deterioro global
IMC	Índice masa corporal
MEC	Miniexamen Cognoscitivo de Lobo
MNSE	Mini-Mental State Examination de Folstein
MMA	Masa magra apendicular
NIH	National Institute of Health
OP	Osteoporosis
IMC	Índice masa corporal
AOTA	Asociación Americana de Terapia Ocupacional
SPPB	Short Physical Performance Battery
OMS	Organización Mundial de la Salud
TUG	Timed up and go

1. RESUMEN

La presente tesis doctoral con título “*Proceso de envejecimiento: cambios en la composición corporal y uso terapéutico de los exergames en la rehabilitación del adulto mayor institucionalizado*” se realiza según la modalidad de tesis por compendio de Artículos científicos. Para lograr los objetivos generales del proyecto se ha establecido un esquema de trabajo basado en 3 estudios estructurados en dos diseños diferentes, uno de tipo transversal y dos de tipo longitudinal.

El eje central del trabajo se sitúa en el proceso envejecimiento, considerado como un fenómeno evolutivo, gradual y multidimensional, que, sin programas preventivos, implica una alta prevalencia de limitaciones funcionales y la aparición de fragilidad. Como consecuencia de ello, estas limitaciones suponen un incremento del porcentaje de personas mayores en situación de dependencia e institucionalización.

El objetivo de esta tesis fue detectar alteraciones en la composición corporal en el proceso de envejecimiento, así como analizar el impacto de un programa de rehabilitación basado en el uso de exergames como método para mejorar el estado físico, cognitivo, psicológico y funcional de las personas mayores.

Para la consecución de este objetivo se diseñaron dos tipos de estudios diferentes. En primer lugar, se realizó un estudio transversal, cuya muestra estuvo formada por 143 personas, de las cuales 94 fueron mujeres con una media (M) de 75,15 años y una desviación estándar (DT) de ± 385 años y 49 hombres (M 74,84 $\pm 3,84$ DT años), todas ellas mayores de 70 años y naturales de la provincia de León (España). Por otro lado, se llevó a cabo un segundo estudio de tipo longitudinal cuya muestra estuvo formada por 80 personas, todas ellas mayores de 75 años (M 84,2 $\pm 8,7$ DT años) y usuarias de la Residencia Mixta de Mayores Burgos I de Cortes (Burgos, España).

Los resultados mostraron que hombres y mujeres con una cantidad adecuada de masa magra apendicular ajustada por índice de masa corporal obtuvieron mejores resultados en las pruebas de fuerza muscular y capacidad funcional. Sin embargo, no se pudo relacionar la osteoporosis y la obesidad con la masa magra apendicular y el índice de masa corporal. Además, los resultados mostraron que mediante un programa de rehabilitación basado en exergames, por un lado, disminuyeron los niveles de fragilidad, depresión, ansiedad, apatía y el riesgo de caída, y por otro, aumentaron la velocidad de la marcha, el equilibrio estático, los niveles de atención y

la memoria. Además, se observó que existe una relación entre riesgo de caída y velocidad de la marcha, por lo que aumentando la velocidad de la marcha disminuye el riesgo de caída.

En conclusión, este estudio aporta evidencias que permiten la identificación precoz de alteraciones en la composición corporal fruto del proceso de envejecimiento demostrando que, mediante un programa de rehabilitación con videoconsola Wii mejoran las áreas que se pueden ver alteradas durante el proceso de envejecimiento, haciendo de la fragilidad una situación reversible.

Palabras claves: fuerza muscular; masa muscular; masa grasa; masa ósea; obesidad, memoria; atención; apatía; depresión; ansiedad; fragilidad; velocidad marcha; riesgo de caída; velocidad; Wii, personas mayores; España

2. ABSTRACT

The present doctoral thesis entitled "Aging process: changes in body composition and therapeutic use of exercises in the rehabilitation of institutionalized older adults" is carried out according to the thesis modality by compendium of scientific articles. To achieve the general objectives of the project, a work scheme has been established based on 3 studies structured according to two axes, a cross-sectional study and two longitudinal ones.

The central axis of the work is found in the aging process, considered as an evolutionary, gradual, and multidimensional phenomenon, which, without preventive programs, implies a high prevalence of functional limitations and the appearance of frailty. Consequently, these limitations imply an increase in the percentage of older people in a situation of dependency and institutionalization.

The objective of this thesis was to detect alterations in body composition in the aging process, as well as to analyze the effectiveness of a rehabilitation program based on the use of exergames as a method to improve the physical, cognitive, psychological and functional state of people. greater.

To achieve this objective, two different types of studies were designed. In the first place, a cross-sectional study was carried out, whose sample consisted of 143 people, of which 94 were women with a mean (M) of 75.15 years and a standard deviation (SD) of ± 3.85 years) and 49 men ($74.84 M \pm 3.84 DT$ years) all of them older than 70 years and natives of the province of León (Spain). On the other hand, a second longitudinal study was carried out whose sample consisted of 80 people, all of them older than 75 years ($84.2 M \pm 8.7 SD$ years) and users of the Mixed Residence for the Elderly Burgos I de Cortes (Burgos , Spain).

The results show that men and women with an adequate amount of appendicular lean mass adjusted for body mass index performed better on tests of muscle strength and functional capacity. However, he was unable to link osteoporosis and obesity with appendicular lean mass and body mass index. In addition, the results show that, through an exercise-based rehabilitation program, on the one hand, the levels of frailty, depression, anxiety, apathy and the risk of falling decreased, and on the other, they increased walking speed, balance static, attention levels and memory. In addition, it is realized that there is a relationship between the risk of falling and the speed of the march, therefore, increasing the speed of the march decreases the risk of falling.

In conclusion, this study provides evidence that allows the early identification of alterations in body composition as a result of the aging process and shows that, through a rehabilitation program with a Wii game console, the areas that can be altered during the aging process improve, making from fragility a reversible situation.

Keywords: muscular strength; muscle mass; fat mass; bone mass; obesity, memory; attention; apathy; depression; anxiety; fragility; walking speed; falling risk; velocity; Wii, seniors; Spain

3. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, la vejez se dividió en dos concepciones antagónicas: la primera, representada por Aristóteles, quien señalaba que la senectud es sinónimo de deterioro y ruina, y Séneca, quien afirmó que la vejez es una enfermedad incurable. Frente a esta, la visión optimista de Platón y Cicerón planteaban que la vejez trae consigo el dominio de las pasiones y que el viejo es respetado en tanto mantenga su autoridad y el respeto sobre los suyos [1].

Hoy en día los estudios y las definiciones abundan respecto al concepto de envejecimiento, pero a su vez es difícil precisar el concepto general del mismo. Autores como Lehr, Laforest y Gómez [2,3,4] coinciden en tratarlo como un proceso dinámico, multifactorial e inherente a todos los seres humanos. En cambio, la Organización Mundial de la Salud (OMS) [5] lo define como el “proceso fisiológico que comienza en la concepción y ocasiona cambios en las características de las especies durante todo el ciclo de la vida; esos cambios producen una limitación de la adaptabilidad del organismo en relación con el medio. Los ritmos a que estos cambios se producen en los diversos órganos de un mismo individuo o en distintos individuos no son iguales”. Fairweather [6] por otro lado, afirma que envejecer es el conjunto de procesos que contribuyen a incrementar progresivamente la tasa de mortalidad específica para la edad en una población que vive en condiciones ideales para su supervivencia.

Las sociedades actuales están envejeciendo a un ritmo rápido y es una realidad innegable. Según el índice Global del envejecimiento AgeWatch [7], indicador que se refiere al concepto del envejecimiento de la población, muestra que la velocidad del envejecimiento es diferente según el número de personas mayores de 60 años. Se considera una sociedad joven si la población mayor de 60 años es inferior al 10%; sociedad en transición si el indicador se muestra entre un 10 a 19%; sociedad envejecida si alcanza un 29 % y por último sociedad hiperenvejecida si el indicador supera el 30 % [7].

En ese sentido, el mundo está experimentando una transformación demográfica. Se espera que para el 2050, el número de personas mayores, que son aquellas personas de más de 60 años, aumentará de 600 millones a casi 2000 millones, y se prevé que el porcentaje de personas de 60 años o más se duplique, pasando de un 10% a un 21% [7,8].

Particularmente, España está sufriendo un crecimiento de envejecimiento demográfico más rápido que el resto de los países de la comunidad europea. Las previsiones futuras señalan que, en el año 2050, España será el país más envejecido del mundo; el 44,1% de la población

española será mayor de 60 años y la mediana de edad será de 55,2 años frente a una mediana global mundial de 36,2 años [8].

Así mismo, a fecha 1 de enero de 2020, la población española mayor de 65 años representa el 9,28% de la población total, proporción que aumentará paulatinamente hasta llegar al 2049, donde el 18,2% serán mayores de 75 años, y el 11,8% serán mayores de 80 años. Esto significa que uno de cada tres personas mayores, tendrá más de 80 años, y que uno de cada 3 personas mayores de 80 años estarán en situación de discapacidad o dependencia. Cabe destacar que las mejores condiciones de vida, la mejora de la sanidad pública y los avances de la tecnología médica, entre otros factores, han producido un fuerte incremento de la esperanza de vida de los españoles, aumentando así la esperanza de vida de las personas mayores de 65 años y de 85 años a lo largo del siglo, contribuyendo al envejecimiento global y la aparición de procesos de pérdida de independencia [8,9].

En España, según el INE (Instituto Nacional de Estadística) de los 7,4 millones de personas mayores, en el 2008 afirmaron tener una discapacidad el 30,3%, A partir de los 80 años, uno de cada dos mayores declara padecer una discapacidad, y a partir de los 90 años el 75%: tres de cada cuatro tienen limitaciones en actividades en diferente grado de severidad, predominando en el sexo femenino [10]. En cuanto al nivel de dependencia de las personas mayores, según los Servicios Sociales autonómicos y basándose en la Ley de Autonomía personal y administrando el Índice de Barthel, el 72% declaran que su principal es el de la movilidad (caminar de manera autónoma, utilizar el transporte público, ducharse, tareas domésticas, salir a la calle, hacer compras), seguido de los problemas de la vida doméstica y las actividades de autocuidado y por último de las alteraciones de la esfera cognitiva (atención y memoria) y psicológica (apatía, depresión) [11,12].

De igual forma, la dependencia como consecuencia del proceso de envejecimiento se ha convertido en un problema sociosanitario y económico trascendente, ascendiendo a 11.339 millones de euros, lo que supuso un gasto total que rondó el 0,7 % del PIB, alejado del 1,4% de media de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) [13]. Este fenómeno de envejecimiento progresivo poblacional, a acompañado por una alteración que engloba diferentes subsistemas como la composición corporal, el componente físico, psicológico, cognitivo y funcional, han de afrontarse con transformaciones paulatinas que promuevan el mantenimiento de la autonomía de las personas mayores [14].

La situación funcional previa al desarrollo de discapacidad y dependencia es uno de los mejores indicadores del estado de salud y resulta mejor predictor de discapacidad incidente que la morbilidad. Un acercamiento a ello es el concepto de fragilidad. Prevenir la discapacidad actuando sobre la fragilidad es posible, dado que esta última se puede detectar y es susceptible de intervención [13,14]. Además, la fragilidad es un poderoso predictor de discapacidad, hospitalización, pérdida de la movilidad, enfermedad cardiovascular y caídas, todas ellas consecuencia de los cambios biológicos propios del proceso envejecimiento [14].

El concepto de fragilidad en personas mayores es un concepto relativamente novedoso que hace referencia a un estado de pre-discapacidad, de riesgo de desarrollar nueva discapacidad desde una situación de limitación funcional incipiente. Asimismo, su eje se centra en la funcionalidad y nunca en el diagnóstico de una enfermedad [15,16].

La fragilidad, es un síndrome geriátrico con un buen predictor de eventos de salud a corto, medio y largo plazo [17]. Cada vez más estudios sustentan el hecho de que, en la población mayor, la fragilidad es mejor predictor de eventos adversos y discapacidad incidente que otros parámetros como la comorbilidad y la morbilidad. Estos dos últimos conceptos hacen referencia a dos o más enfermedades que ocurren en la misma persona y a la cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población respectivamente [18]. A pesar de la importante asociación entre fragilidad, discapacidad, comorbilidad y morbilidad, entre un 23% y un 26% de los mayores con fragilidad no presentan ningún tipo de discapacidad ni comorbilidad [19].

Cánovas proponen una serie de estrategias para identificar al anciano frágil [20], divididas en dos grupos tal y como se expone a continuación:

A. Detectar personas con factores de riesgo adversos o deterioro funcional:

- Edad avanzada.
- Hospitalización reciente.
- Escaso apoyo social.
- Alteración de la movilidad, equilibrio o caídas.
- Comorbilidad: osteoarticular, cardiovascular, sensorial, psíquica (depresión, demencia).

- Polifarmacia.

B. Detectar pérdida de funcionalidad incipiente:

- Valoración funcional: actividades básicas de la vida diaria (ABVD) y actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD); escalas de valoración.
- Test de ejecución breve para la valoración de la marcha, el equilibrio y la movilidad: test «levántate y anda»; test de velocidad de la marcha.

Por otro lado, el documento “*Consenso sobre fragilidad y caídas en personas mayores*” determina que, aun estando de acuerdo con la determinación anterior, es preciso añadir que el mayor factor de riesgo de la fragilidad es la inactividad [21].

Este asunto preocupante, sitúa a España a la cabeza de Europa en investigación en fragilidad, aportando datos de seis cohortes longitudinales que confirman la importancia de la fragilidad en la población mayor que vive en la comunidad. Así mismo, estos estudios, que comparten la perspectiva de fragilidad según el fenotipo de Fried, muestran las siguientes cifras de prevalencia. En el estudio de Toledo [22] se estima en un 8,4% para mayores de 64 años mientras que en el estudio FRADEA de Albacete [23] en un el 15,2% para mayores de 69 años no institucionalizados. En el estudio de Peñagrande [24] se sitúa en el 10,5%. El estudio de Leganés [25] estima la prevalencia para población mayor de 74 años en el 20,4%, mientras que el FRALLE de Lérida, para ese rango de edad lo estima en el 9,6% y, por último, Octabaix, muestra un 20% de prevalencia de fragilidad [26,27].

La fragilidad, por lo tanto, es un factor de riesgo independiente de episodios adversos graves de salud, con un riesgo relativo de muerte en la población mayor entre 1,63 y 6,03, y un riesgo relativo de 2,54 para institucionalización según diferentes estudios [28-32].

En la actualidad, hay un acuerdo general en cuanto a que el núcleo de la fragilidad es un incremento de la vulnerabilidad a estresores, entre los que destacan la hospitalización, la institucionalización y las caídas, producido por una alteración en múltiples e interrelacionados sistemas. Esta relación conduce a una disminución en la reserva homeostática y de la capacidad de adaptación y predispone al organismo a eventos adversos de salud [33]. Permite, por tanto, identificar a un subgrupo de mayores de 65 años que conservan su independencia de manera inestable con alteraciones en la composición corporal y que se encuentran en situación de riesgo

de pérdida funcional [34] que puede desencadenar la pérdida de su independencia y, por tanto, pueden acabar acudiendo a centros residenciales.

En este sentido, se ha demostrado una relación fisiopatológica entre la reducción progresiva de la masa muscular asociada al envejecimiento, llamada sarcopenia, con la fragilidad, y que la masa grasa y la obesidad se asocian directamente con la presencia de fragilidad independientemente de la masa muscular [35]. Por lo que, la probabilidad de ser frágil se relaciona directamente con dos constructos, como son el índice de masa corporal (IMC) y la fuerza muscular de las personas mayores [35].

Al abordar esta vía, resulta fundamental incluir los cambios que, de manera progresiva, se producen en la composición corporal de la población mayor. Paralelamente al aumento de la masa grasa vinculado al envejecimiento se produce un descenso de la masa libre de grasa (que incluye músculo, órganos, piel y hueso) siendo la mayoría de esta pérdida atribuida a una reducción del músculo esquelético y densidad mineral ósea. [36]. Nguyen et al [35] mostraron que la tasa de alteración en la composición corporal aumenta progresivamente con la edad; -0.6, -1.1 y -2.1% anual para los diferentes grupos de edad, 60-69, 70-79, y ≥ 80 años, respectivamente. Sin embargo, otra investigación ha estimado pérdidas de hasta un 5% de composición corporal anual en las mujeres en los primeros años después de la menopausia, seguido de un 2-3% de pérdida posteriormente [37].

En cuanto al primer aspecto relacionado con la masa corporal, el IMC es un indicador antropométrico que se calcula dividiendo el peso en kilogramos entre la estatura en metros elevada al cuadrado ($IMC = kg/m^2$). A diferencia de las tablas que combinan sólo peso y estatura, el IMC permite interpretar con mayor precisión el peso en relación con la estatura y por ello es posible realizar una mejor comparación entre dos personas adultas con diferente estatura y sexo. El IMC es el criterio internacional más aceptado para la definición de un peso saludable y para expresar un grado de sobrepeso o delgadez [38].

Por su parte, la OMS sugiere que el IMC “normal” se considera entre 18,5 y 24,9. Cuando un individuo tiene un IMC por debajo de 18,5 se considera con delgadez, y si tiene un IMC desde 25 se considera obesidad o sobrepeso [39]. La fragilidad se asocia con una disminución de la ingesta, tanto energética como proteica, independientemente del índice de masa corporal (IMC).

Así mismo, habitualmente se defiende que un IMC inferior a 18,5 kg/ m² equivale a una situación de desnutrición que se expresa como pérdida de fuerza, deterioro funcional con riesgo de caídas, incremento en el empleo de recursos sociosanitarios e incluso mayor mortalidad [39].

En este sentido, la fuerza muscular es un parámetro excelente para predecir la independencia y movilidad de las personas mayores y para diagnosticar un estado de pre-fragilidad al mermar alguna de ellas, ya sea la independencia, la movilidad o ambas [40,41]. Aunque se ha observado una correlación entre la fuerza muscular y la densidad mineral ósea en mujeres [42], existe evidencia contradictoria sobre la relación entre disminución de la fuerza muscular indicada por pruebas isométricas e isocinéticas y disminución de los niveles de hueso y su densidad mineral [43-45]. En este sentido, algunos estudios han demostrado que una fuerte disminución de la fuerza muscular y la densidad mineral durante el proceso de envejecimiento son aspectos que se relacionan con la fisiología de la edad avanzada como parte del proceso de envejecimiento, pues no se concibe el envejecimiento sin estos cambios progresivos [46]. En cambio, otros resaltan la disminución o bien de la fuerza o bien de la densidad mineral ósea, quedando una de ellas intactas [43,45].

Por lo tanto, la medición de la fuerza muscular se utiliza para predecir la capacidad de los ancianos para vivir de forma independiente ya que, la pérdida de masa muscular puede afectar a su capacidad funcional, debido a una asociación positiva entre la masa muscular y mejor funcionalidad de la extremidad inferior [47,48] y negativa con, las dificultades en las actividades de la vida diaria, el riesgo de caminar con bastón o andador y los antecedentes de caídas previas [49]. De este modo, la disminución de la fuerza muscular se asocia con problemas generales de fuerza en marcha y equilibrio, que aumentan el riesgo de caídas [50].

El equilibrio, es intrínseco a todas aquellas actividades que tienen como objetivo el mantenimiento de la estabilidad corporal, por lo que se puede considerar como uno de los aspectos fundamentales en la actividad física [51] y definirse como «la capacidad de controlar el propio cuerpo en el espacio ante la intervención de factores de desestabilización motriz» [52]. Su complejidad permite distinguir entre el equilibrio estático, responsable de mantener la armonía entre el centro de gravedad y la base de sustentación corporal, y el equilibrio dinámico, cuya función es la de reequilibrar el cuerpo cuando el centro de gravedad se desplaza fuera de la base de sustentación corporal [51]. Cuando uno de los componentes del equilibrio, ya sea estático o dinámico se ve mermado, el riesgo de caídas aumenta considerablemente [52]. De modo que la OMS [53] define las caídas como “la consecuencia de cualquier acontecimiento

que precipite al paciente al suelo en contra de su voluntad”. La mayoría de las caídas que se producen en los adultos mayores son de origen multifactorial, siendo las más comunes la inadaptación al medio en el que se encuentran viviendo la persona o por causa de una inadecuada accesibilidad, enfermedades o procesos invalidantes, hipotensión ortostática, debido a los efectos de la medicación, deterioro del equilibrio y la deambulacion.

La frecuencia anual de caídas en los mayores es del 30% en la comunidad y del 50% en instituciones [54]. La mitad de los que caen en residencias lo hacen repetidamente, con una incidencia aproximada de 1,5 caídas por cama al año [55,56]. Aunque la mayoría de las caídas producen lesiones leves, el 5% de los ancianos que caen precisará hospitalización, principalmente por fractura [57,58].

Las caídas también tienen consecuencias negativas, dando lugar al denominado síndrome poscaída que cursa con síntomas psicológicos y/o cognitivos. En cuanto a los síntomas psicológicos, aparece la inseguridad, la ansiedad e incluso procesos de depresión ante la posibilidad de una nueva caída. La depresión es un trastorno emocional que causa un sentimiento de tristeza constante y una pérdida de interés en realizar diferentes actividades [56]. También denominada «trastorno depresivo mayor» o «depresión clínica», afecta los sentimientos, los pensamientos y el comportamiento de una persona, y puede causar una variedad de problemas físicos y emocionales [56]. Se trata del trastorno afectivo más frecuente en personas mayores de 60 años. Su prevalencia en este grupo de edad es de 15 a 20 % en la población ambulatoria, pero se incrementa de 25 a 40 % en la hospitalizada; predomina en el sexo femenino y la incidencia anual es de 13 % [59-61]. Aproximadamente en el 60 % de los pacientes, coexiste la depresión con ansiedad [62,63].

En la esfera cognitiva, aparecen síntomas como el declive de la memoria, la capacidad de procesamiento y alteraciones del lenguaje como la afasia, y destacando la disminución de procesos atencionales [64, 65]. Se entiende por memoria A “la capacidad de retener y evocar información de naturaleza perceptual o conceptual” [64] y por atención, al proceso por el que la mente toma posesión, de forma vivida y clara, de uno de los diversos objetos o trenes de pensamiento que aparecen simultáneamente, implicando la retirada del pensamiento de varias cosas para tratar efectivamente otras [66,67].

Se debe tener en cuenta que las alteraciones en la esfera cognitiva afectan al 50 % de las personas mayores de 65 años, mientras que las demencias las padecen del 5 al 10 % de esta

población [69]. Los cambios en los procesos cognitivos pueden llegar a tener un impacto en general en la satisfacción con la vida durante el proceso de envejecimiento y específicamente en la toma de decisiones sobre salud, estilos de vida, en el desempeño ocupacional, el funcionamiento social, el apoyo prestado y/o recibido y en el funcionamiento en las actividades de la vida diaria (AVD) [68].

Los conceptos de autonomía personal e independencia están unidos al de actividades de la vida diaria. Según distintos autores, las AVD podrían definirse como “la capacidad del individuo para llevar a cabo actividades cotidianas esenciales” [70]. Suele distinguirse entre actividades de la vida diaria “básicas”, “instrumentales” y “avanzadas”.

Las actividades básicas de la vida diaria (ABVD) se caracterizan por ser universales, estar ligadas a la supervivencia y condición humana, a las necesidades básicas, estar dirigidas a uno mismo y suponer un mínimo esfuerzo cognitivo, automatizándose su ejecución tempranamente (alrededor de los 6 años), con el fin de lograr la independencia personal. Habitualmente dentro de las ABVD se incluyen la alimentación, el aseo, baño, vestido, movilidad personal, sueño y descanso [71]. En cambio, las actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD) conllevan un mayor sesgo cultural, están ligadas al entorno, son un medio para obtener o realizar otra acción, suponen una mayor complejidad cognitiva y motriz e implican la interacción con el medio, tales como utilizar distintos sistemas de comunicación, escribir, hablar por teléfono, movilidad comunitaria (conducir, uso de medios de transporte), mantenimiento de la propia salud, manejo de dinero, realización de compras, establecimiento y cuidado del hogar, cuidar de otra persona, uso de procedimientos de seguridad y respuesta ante emergencias [72]. La pérdida o alteración de las AVDs, ya sean básicas o instrumentales, suponen consecuencias negativas para la calidad de vida y la capacidad del desempeño, lo que se traduce en dependencia y pérdida de bienestar.

Relacionado con todo lo expuesto, a medida que el individuo envejece, se producen cambios que son progresivos, irreversibles e inevitables; sin embargo, el ritmo de degeneración se puede modificar introduciendo programas de estimulación y ejercicio físico. Esta estrategia ayuda a mantener o potencializar capacidades funcionales como flexibilidad, equilibrio, fuerza y agilidad o movilidad corporal, así como también el estado mental, con lo cual el individuo puede mejorar significativamente su calidad de vida [73,74]. Por lo que, para reducir la fragilidad sería preciso actuar sobre su principal factor de riesgo, la inactividad. La inactividad es un elemento nuclear en el desarrollo de la fragilidad, puesto que es esencial determinar el estado físico

cardiovascular, la resistencia insulínica y estado físico y deterioro musculoesquelético, al tiempo que contribuye al deterioro cognitivo y la depresión [44].

Las intervenciones centradas en la actividad física han demostrado su eficacia en retrasar e, incluso, revertir la fragilidad y la discapacidad [75]. También tienen demostrada eficacia en mejorar el estado cognitivo y fomentar el bienestar emocional [76]. Si, además, se realizan de forma grupal, tienen el beneficio añadido de fomentar el bienestar y las redes sociales en la persona mayor. De este modo, una de las formas en las que se puede promover la actividad física en las personas mayores es a través de la realidad virtual (RV) no inmersiva. Esta técnica permite la interacción entre el usuario y el escenario virtual a través de la realización de movimientos corporales captados por sensores específicos [77].

Definir el concepto de RV es difícil; sin embargo, se entiende como una simulación por computadora, dinámica y tridimensional, con alto contenido gráfico, acústico y táctil, orientada a la visualización de situaciones complejas, resultando el sujeto inmerso en ambientes altamente participativos, de origen artificial, pero con un gran porcentaje de realismo [78]. Por otro lado, un sistema de realidad virtual se define como un mundo que, a pesar de no tener ninguna realidad física, es capaz de darle al usuario, a través de una estimulación adecuada de su sistema sensorial, la impresión perfecta de estar en interacción con un mundo físico [79]. Se pueden distinguir tres fases o estadios de la realidad virtual.

- Pasivo: Son entornos inmersivos no interactivos. Es un entorno virtual en el cual podemos ver y oír y quizás sentir lo que sucede. El entorno puede moverse lo que da sensación de movimiento (tránsito forzado) pero no es posible controlar el movimiento. En sentido estricto se trata de una pseudo-realidad virtual. Corresponde a las llamadas películas dinámicas (o “ride films”).
- Exploratorio: Son sistemas que permiten desplazarse por un entorno virtual para explorarlo, lo que supone un salto cualitativo en cuanto a funcionalidad. Es el estadio habitual de los paseos arquitectónicos y de las obras de arte virtuales.
- Interactivo: Un sistema virtual interactivo permite experimentar y explorar el entorno y, además, modificarlo. Un verdadero sistema de realidad virtual debe ser interactivo.

De este modo, el uso de la RV se encuentra en auge, tanto a nivel social, con aceptación y popularidad en el conjunto de la sociedad y un crecimiento marcado desde su desarrollo hasta su implantación; como a nivel terapéutico, siendo una intervención ya común en el ámbito

médico y, más concretamente, rehabilitador [80]. Uno de sus objetivos es transportar a los usuarios a espacios virtuales multisensoriales, creando la sensación de estar allí.

Sin lugar a duda, la industria de la RV ha logrado entender el concepto de interacción natural y ha desarrollado nuevos periféricos y videoconsolas que utilizan tecnologías emergentes, mejorando la experiencia de juego de sus plataformas, permitiendo la inclusión de diferentes componentes del núcleo familiar en un rol de participación dentro del ambiente de estos y un gran desarrollo e impacto en su implementación en la vida cotidiana, haciendo de su uso algo habitual [80].

La Nintendo Wii es un ejemplo de videoconsola que utiliza este tipo de realidad virtual y permite nuevas posibilidades de sistematización del ejercicio y del movimiento [78]. La supresión de los periféricos como el teclado y el ratón en esta plataforma de control han permitido la constante hibridación de los dispositivos de interacción por gestos. El uso y la interpretación de los gestos permiten una gran aplicabilidad en diferentes escenarios (como en los videojuegos), tecnologías emergentes usadas por consolas como Wii ® de Nintendo ®. Estos dispositivos ofrecen entrada de datos mediante gestos sin contacto con superficies [81]. El constante uso de los sistemas interactivos puede hacer más agradable y motivante una terapia, un proceso de rehabilitación o el ejercicio físico en general [82].

En adultos mayores, la razón por la cual los videojuegos atraen está en que poseen lo que en psicología se denomina “factores dinamizadores de nuestra conducta”. En otras palabras, los videojuegos poseen el suficiente atractivo o despiertan la suficiente motivación como para que los adultos se sientan conectados a su dinámica interna. Esta dinámica incluye un carácter lúdico y entretenido, junto a un alto valor en estimulación auditiva, física y visual, y la incorporación

de niveles de dificultad progresivos y graduales que requieren el dominio de los anteriores [83]. Algunos factores dinamizadores de la conducta son: las situaciones que suponen retos continuos que precisen de una constante superación personal; las situaciones de competitividad (generadas no sólo por el propio desarrollo del juego, sino también por la situación de enfrentamiento con otros compañeros); y la existencia de incentivos, que hace que el papel de la autoestima se aumente a medida que los objetivos propuestos se obtienen [84].

Las consolas y videojuegos se utilizan cada vez para fines más diversos, por ello no extraña conocer cada día nuevos proyectos que emplean el potencial de estos dispositivos para comple-

tar procesos de rehabilitación [85]. De este modo, esta nueva modalidad de interacción ha despertado el interés por conocer su impacto en diversos ambientes, por lo que se han generado diversas investigaciones que vinculan su uso con beneficios físicos y cognitivos [86,87].

Del mismo modo, el uso de la realidad virtual también ha aumentado en el estudio de las variables psicológicas, especialmente en su mantenimiento,[86] ya que la disminución de las funciones cognitivas se relaciona íntimamente con el aumento de la edad y la aparición de procesos depresivos, que a su vez se relacionan al padecimiento de enfermedades de tipo degenerativo como las demencias [88,89]. Así mismo, recientes investigaciones han utilizado los juegos de la Wii® para determinar sus posibles beneficios en procesos de rehabilitación y entrenamiento neuromuscular propioceptivo, como también el impacto de ese tipo de actividad física sobre parámetros fisiológicos y sobre la calidad de vida y las AVD [89-91].

Concluyendo, el proceso de envejecimiento va acompañado por una alteración que engloba diferentes áreas como la física, psicológica, cognitiva y funcional y que, además, se trata de un fenómeno evolutivo, gradual y multidimensional, que se acentúa con la inactividad. De modo que, sin programa preventivos y de rehabilitación, este proceso se ve traducido en una alta prevalencia de limitaciones funcionales, cognitivas y psicológicas y físicas que suponen un incremento del porcentaje de personas mayores en situación de dependencia e institucionalización.

4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

El objetivo general de esta tesis fue determinar la relación entre la composición corporal y la capacidad funcional en el proceso de envejecimiento, así como analizar la efectividad de un programa de rehabilitación basado en el uso de exergames como método para mejorar el estado físico, cognitivo, psicológico y funcional de las personas mayores.

En cuanto a los objetivos específicos, se plantearon tres;

- **Objetivo 1:** Determinar la relación de la masa muscular, la osteoporosis y la obesidad con la fuerza y capacidad funcional de personas no dependientes mayores de 70 años.
- **Objetivo 2:** Analizar el impacto del uso de la videoconsola Wii ® en la velocidad y el equilibrio de la marcha, así como su influencia en los niveles de fragilidad y riesgo de caída en personas mayores institucionalizadas.
- **Objetivo 3:** Evaluar el impacto y eficacia del uso de la videoconsola Wii ® en la mejora de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, así como su relación con el estado cognitivo y psicológico de personas mayores institucionalizadas.

Con respecto a las hipótesis, se plantearon las siguientes:

- **Hipótesis 1:** Existirá una relación entre la masa muscular, osteoporosis y la obesidad con la fuerza y la capacidad funcional en las personas mayores de 70 años no dependientes.
- **Hipótesis 2:** Existirán diferencias significativas en la puntuación diferencial de la velocidad de la marcha y equilibrio, así como en la fragilidad y riesgo de caída entre el grupo control y experimental en las personas mayores institucionalizadas tras la intervención con la videoconsola Wii®.
- **Hipótesis 3:** Existirán diferencias significativas en la puntuación diferencial de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, así como en el estado cognitivo y psicológico entre el grupo control y experimental en las personas mayores institucionalizadas tras la intervención con la videoconsola Wii®.

5. METODOLOGÍA

5.1.TIPO DE ESTUDIO

Para la consecución del objetivo de esta tesis, se diseñaron dos estudios diferentes. En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo, transversal, no experimental, cuya población fueron 143 personas mayores de 70 años, no dependientes años y naturales de la provincia de León (España). En segundo lugar, se llevaron a cabo dos estudios longitudinales, de tipo cuasi-experimental con una estructura de pre-test/post-test, cuya población fueron 80 personas, todas ellas mayores de 75 años y usuarias de la Residencia Mixta de Mayores Burgos I de Cortes (Burgos, España).

En ambos estudios, la selección de los participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, accediendo a los casos disponibles de la población. Se realizó en contextos naturales, en los cuales se ha controlado en la medida de lo posible la influencia del mayor número de variables extrañas.

5.2.MUESTRA

En cuanto a la selección de la muestra del estudio transversal, los criterios de inclusión considerados fueron: ser mayor de 70 años, residir en León (España), vivir de forma independiente, y acudir a programas académicos y recreativos de centros comunitarios diferentes en León. Se excluyeron a aquellas personas que tuvieran un deterioro cognitivo, insuficiencia cardíaca (grados II-IV), cardiopatía isquémica y problemas musculoesqueléticos no controlados que podrían prevenir la realización de las pruebas.

En cuanto a los dos estudios de diseño longitudinal, los criterios de inclusión establecidos fueron: ser mayor de 75 años, obtener una puntuación igual o superior a 10 en el Mini-examen cognoscitivo de Lobo (MEC), estar institucionalizado en la residencia, o acudir diariamente al centro de día y ser capaz de mantenerse de pie con apoyo físico. Fueron excluidos todos los usuarios que utilizaran ayudas técnicas de manera permanente, como silla de ruedas, diagnosticados de enfermedad cardiovascular, que presentasen limitaciones auditivas y/o visuales que les impidiese el uso de la Nintendo Wii, aquellos con conductas gravemente desorganizadas o comportamentales y los que presentasen una contraindicación médica.

5.3.HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizaron diferentes herramientas de evaluación dependiendo de la variable a estudiar en cada estudio. En cuanto al estudio transversal se llevaron a cabo las siguientes:

5.3.1. Evaluación composición corporal

-Tallímetro: todos los participantes fueron pesados y medidos al comenzar con las pruebas. La altura se obtuvo utilizando una báscula digital con tallímetro (modelo SECA 208), dicha herramienta cuenta con una precisión de hasta 0.05 centímetros.

-Energía dual X– absorciometría de rayos (DXA): se utilizó para la obtención de la densidad mineral ósea y composición corporal. Se obtuvo en kilos los datos de masa total, masa grasa, masa magra total, masa magra de brazos, masa magra de piernas y masa magra apendicular (MMA) en cada participante [92]. Para obtener información sobre el rendimiento funcional, se seleccionaron cuatro ítems de la escala Senior Fitness Test: Prueba de levantarse y sentarse en la silla, flexión de codo, caminar 8 pies y volverse a sentar y Prueba de paso de dos minutos [93].

-Dinamómetro Jamar (Promedics, Black- quemar, Reino Unido): se utilizó para medir la fuerza isométrica de agarre manual. Para realizar la prueba el sujeto, permaneció sentado con los hombros a 90 grados y el codo en extensión y posteriormente realizó el agarre del dinamómetro [94]. Se repitió la prueba dos veces y se eligió el valor más alto de la mano más dominante y fuerte. Cabe recalcar que la prueba se realizó tanto con la mano izquierda como la derecha.

-BH Fit- ness (Nevada Pro – T, España): para obtener información sobre la fuerza isométrica voluntaria máxima de cuádriceps se utilizó una máquina de extensión de piernas [94] midiendo ambas piernas utilizando una celda de carga (Globus Ergo System, software IsoMetric 20.40 Test, Italia). Al realizar la prueba, cuando el evaluador daba la orden, el sujeto debía realizar lo más rápido posible una extensión isométrica de cuádriceps a 90 grados de flexión de rodilla durante cinco segundos. Igual que la prueba anterior, se realizó el ejercicio dos veces, y se seleccionó el resultado más alto obtenido [94]. La masa muscular baja se definió utilizando los

siguientes puntos de corte basados en el ALM/BMI: baja (hombres <0.789 y mujeres <0.512); adecuada (hombres ≥ 0.789 y mujeres ≥ 0.512). Finalmente, se definió bajo rendimiento funcional según el tiempo de ejecución en el 8f-UG, utilizando los puntos de corte presentado por edad y sexo en el estudio de Rikli & Jones [95].

Con respecto a los dos estudios de tipo longitudinal, se utilizaron diferentes escalas de evaluación, diferenciándose cuatro grandes grupos: física, cognitiva, psicológica, y funcional.

5.3.2. Evaluación física y motora

-Equilibrio: La escala de equilibrio de Berg es un instrumento de medida del estado funcional del equilibrio estático [96]. Se creó con el propósito de evaluar las limitaciones funcionales relacionadas con la práctica de AVDS que precisan de equilibrio. Los 14 ítems que conforman la escala representan actividades cotidianas a las que se enfrenta la población en su día a día [97]. Algunos de ellos se califican en función a la calidad de ejecución, mientras que otros se evalúan según el tiempo requerido para completar la tarea [98].

El examinador aplica los ítems realizando una demostración de cada uno o lee las instrucciones en voz alta [97]. Durante la prueba se evalúa el desempeño del usuario en cada tarea con una puntuación comprendida entre el 0 y el 4, siendo 0 el nivel más bajo de función y el 4 el más alto; si es necesario se anotan los comentarios adicionales. La puntuación se clasifica en: “alto riesgo de caída” de 0 a 20 puntos, “moderado riesgo de caída” de 21 a 41, y “leve riesgo de caída” de 41 a 56. De manera que a mayor puntuación mejor estado de equilibrio. [98].

Se considera un instrumento útil en ancianos, y además en individuos remitidos a rehabilitación que presentan déficits en el equilibrio, independientemente de la edad [97]. Además de ofrecer información sobre las tareas de equilibrio más complicadas de efectuar, esta herramienta facilita la identificación de los usuarios aptos para una intervención, así como, que personas presentan mayor riesgo de caída [96]. Esta herramienta se encuentra validada en España con una fiabilidad de 0,98. En la actualidad se considera una de las mejores pruebas para la valoración del equilibrio [98].

-Velocidad de la marcha: Para medir la velocidad de la marcha se usó el “Test de la velocidad de la marcha” (“Gait Speed”). En el mismo se le pide a la persona caminar en línea recta para

cronometrar el tiempo que tarda en recorrer una distancia habitualmente de seis u ocho metros, en este estudio, de seis (lo que requiere una longitud de marcha global de unos 10 metros, considerando el inicio y final de la marcha respecto a los puntos marcados de medición) “a velocidad normal, comfortable”. En atención primaria suele realizarse a 3 y sobre todo 4 metros por condicionantes del espacio. Se aconseja repetir cuatro veces y considerar el mejor de los tiempos [99]. Esta herramienta se encuentra validada en España con una fiabilidad de 0,96.

-Riesgo de caída: Por otro lado, la escala Downton es una herramienta que se utiliza en hospitalización para la valoración del riesgo de caídas, teniendo en cuenta parámetros como las caídas previas, medicamentos, deficiencias sensoriales, estado mental y deambulación. Se identifican 3 subgrupos de pacientes, que se diferencian entre ellos por las siguientes características; grupo 1: Todos los pacientes tienen deterioro, alguna deficiencia sensorial, estado mental confuso y deambulación no normal; grupo 2: todos los pacientes tienen estado mental orientado y más de la mitad de los pacientes han sufrido caídas previas, pero con deambulación segura con ayuda; grupo 3: ningún paciente tiene deterioro y con la escala Downton de menor nivel. La sensibilidad de la escala original fue del 28% y la especificidad del 82% mientras que su consistencia interna fue baja alfa de Cronbach 0,61 [100].

-SPPB: se utilizó la “Short Physical Performance Battery” (SPPB o test de Guralnik). Consiste en la realización de tres pruebas: equilibrio (en tres posiciones: pies juntos, semi-tándem y tándem), velocidad de la marcha (sobre 2,4 o 4 metros) y levantarse y sentarse en una silla cinco veces. Es muy importante respetar la secuencia de las pruebas, ya que, si se empieza por las levantadas, el paciente se puede fatigar y ofrecer rendimientos falsamente bajos en los otros dos subtests. El tiempo medio de administración, con entrenamiento, se sitúa entre los 6 y los 10 minutos. La puntuación y valoración del resultado total del SPPB resulta de la suma de los tres sub-tests, y oscila entre 0 (peor) y 12; cambios en 1 punto tienen significado clínico. Una puntuación por debajo de 10 indica fragilidad y un elevado riesgo de discapacidad, así como de caídas Esta herramienta se encuentra validada en España con una fiabilidad de 0,96 [101].

5.3.3. Evaluación funcional

-Katz: escala para la evaluación de las actividades básicas de la vida diaria [102] (también llamada índice de actividades básicas de la vida diaria). Este índice valora seis funciones básicas; bañarse, vestirse, uso del inodoro, movilidad, continencia de esfínteres y alimentación en términos de dependencia o independencia. Este índice se puede evaluar en base a la observación del paciente por parte del personal sanitario, durante su estancia en un centro, y actualmente se acepta la realización mediante la interrogación directa con el paciente, cuidadores o un miembro de la familia. La capacidad para realizar cada una de las tareas se valora con 0, mientras que la incapacidad, con 1, por lo que a mayor puntuación mayor dependencia. Es un indicador eficaz de expectativa de vida activa y ya que a mayor puntuación menor expectativa de vida activa. Sin embargo, es poco sensible antes cambios pequeños de la capacidad funcional [102]. Es un índice con buena consistencia interna y validez. Buena reproducibilidad tanto intraobservador (con coeficientes de correlación entre 0,73 y 0,98) como interobservador con una concordancia próxima al 80%, siendo mayor en los pacientes menos deteriorados [103].

-Índice de Barthel: Se trata de un índice que valora el nivel de independencia del paciente con respecto a la realización de algunas actividades básicas de la vida diaria, mediante la cual se asignan diferentes puntuaciones y ponderaciones según la capacidad del sujeto examinado para llevar a cabo estas actividades [104]. Las actividades que se evalúan son: Comer, Aseo, Control de heces, Control de orina, Baño, Vestirse, Uso el retrete, Traslado cama/silla, Desplazarse y Subir/bajar escaleras. El rango de posibles valores del IB está entre 0 y 100, con intervalos de 5 puntos. Cuanto más cerca de 0 está la puntuación de un sujeto, más dependencia tiene; cuanto más cerca de 100 más independencia [104,105]. Su reproducibilidad es excelente, con coeficientes de correlación de 0,98 intraobservador y mayores de 0,88 interobservador [105].

-Lawton y Brody: esta escala evalúa ocho actividades instrumentales [106] como: capacidad para usar el teléfono, hacer compras, preparación de la comida, cuidado de la casa, lavado de la ropa, uso de medios de transporte, responsabilidad respecto a la medicación y manejo de asuntos

económicos Se considera dependientes en distinto grado a las personas que presenten incapacidad para realizar una o varias actividades. Se puntúa cada área conforme a la descripción que mejor se corresponda con el sujeto. Por tanto, cada área puntúa un máximo de 1 punto y un mínimo de 0 puntos. La máxima dependencia estaría marcada por la obtención de 0 puntos, mientras que una suma de 8 puntos expresaría una independencia total. Las propiedades psicométricas de la versión española de la escala muestran una excelente fiabilidad y validez. En relación con la consistencia interna, se encontró un coeficiente de alpha de Cronbach de 0,94. Por su parte, el análisis de factores exploratorio mostró que las cargas de los distintos factores oscilaban entre 0.67 y 0.90, mientras que el análisis de factores confirmatorio corroboró la homogeneidad del constructo [106].

-Fried: descrita y validada en el Cardiovascular Health Study [107], que define la fragilidad como la presencia de 3 o más de las siguientes características (la presencia de 1 o 2 factores se considera un estado de prefragilidad):

- Pérdida de peso:> 4,5kg o> 5% en el último año y no intencionada.
- Autopercepción de agotamiento.
- Debilidad: fuerza máxima de prensión digital con dinamómetro ajustado por sexo e índice de masa corporal (IMC). El paciente tiene que estar sentado, preferiblemente con la mano dominante y el codo a 90°.
 - Se considera el valor más alto de 3 mediciones separadas 1min (varones, IMC ≤ 24: fuerza ≤ 29; IMC ≤ 28: fuerza ≤ 30; IMC> 28: fuerza ≤ 32; mujeres, IMC ≤ 23: fuerza ≤ 17; IMC 23.1-26: fuerza ≤ 17,3; IMC 26.1-29: fuerza ≤ 18; IMC> 29: fuerza ≤ 21).
- Velocidad de la marcha (tiempo para recorrer 4,57 m a paso habitual, ajustado por sexo y estatura): varones de estatura ≤ 173cm, ≥ 7 s; estatura> 173cm, ≥ 6 s; mujeres de estatura ≤ 159cm, ≥ 7 s; estatura> 159cm, ≥ 6 s.
- Bajo nivel de actividad física (gasto energético semanal en actividad física): varones, <383kcal/semana; mujeres, <270kcal/semana (se corresponde con un número de horas semanales de paseo o el equivalente a nadar, bicicleta, tenis, etc.; pasear: varones, <2,30 h/semana; mujeres, <2h/semana) [107,108].

5.3.4. Evaluación cognitiva

-Mini-examen Cognoscitivo de Lobo (MEC). Existen dos versiones, de 30 y 35 puntos, en este estudio han sido utilizada la versión de 30 puntos, puesto que resulta más útil para comparaciones internacionales. La prueba consta de 11 ítems donde las capacidades esenciales que evalúa son: orientación, fijación y recuerdo inmediato, atención y cálculo, memoria, nominación, repetición, comprensión, lectura, escritura y dibujo [109]. La puntuación obtenida oscila entre 1-30, indicando puntuaciones de 0-10 daño cognitivo severo, entre 11-20 daño cognitivo moderado, entre 21-26 daño cognitivo medio y superior a 27 normal. Se trata de la versión adaptada y validada en España del “Mini-Mental State Examination” [110]. La fiabilidad test-retest del instrumento es de 0,89 y la fiabilidad interexaminador de 0,82.

-Escala global de deterioro (EGD) que permite a los profesionales y cuidadores registrar el declive de las personas con deterioro cognitivo o demencia [111]. Mide el deterioro cognitivo, conductual y funcional de los pacientes. Hay un total de 7 etapas de GDS (desde la etapa 1 correspondiente a la ausencia de deterioro hasta la etapa 7 correspondiente a la más grave). En particular, la etapa 4 (deterioro leve) se caracteriza por pacientes que requieren ayuda en tareas complejas como manejar las finanzas, planificar una cena, etc. En la etapa 5 de GDS (deterioro moderado) los pacientes necesitan ayuda para elegir la vestimenta adecuada. En el estadio 6 (EA moderadamente grave), los pacientes necesitan ayuda para vestirse y bañarse, y comienzan a experimentar incontinencia urinaria y fecal. La consistencia interna es de 0,8 y fiabilidad test-retest 0,8 [111].

5.3.5. Evaluación psicológica

-Dementia Apathy Interview and Rating (DAIR). Se trata de un cuestionario de 14 ítems para medir la apatía. La escala se cuantifica de manera que a mayor puntuación mayor nivel de apatía. La puntuación final se obtiene apuntando el número de ítems cumplimentados y dividiendo la suma total entre el número de ítems cumplimentados. El DAIR es una evaluación confiable, validada en su traducción al castellano y basada en informantes de la apatía en personas con demencia, con excelente consistencia interna ($\alpha = 0.89$) [112].

-Yesavage para Depresión Geriátrica (EDG): esta escala tiene la particularidad de que explora únicamente síntomas cognoscitivos de un episodio depresivo mayor, con un patrón de respuesta dicotómica para facilitar la evaluación. Los puntos de corte son: 0 - 5: Normal 6 - 10:

Depresión moderada + 10: Depresión severa.) La EDG-15 muestra similar desempeño psicométrico en diferentes estudios, con valores de consistencia interna entre 0,76 y 0,89 [113,114].

-Ansiedad y depresión de Goldberg (ADG). La prueba consta de dos subescalas: una para la detección de la ansiedad, y la otra para la detección de la depresión. Ambas escalas tienen 9 preguntas, pero las 5 últimas preguntas de cada escala sólo se formulan si hay respuestas positivas a las 4 primeras preguntas, que son obligatorias. El evaluador debe preguntar al paciente acerca de los síntomas contenidos en las escalas, referidos a los 15 días previos a la consulta. Se considera que la persona tiene ansiedad al responder de manera afirmativa a 4 o más ítems y depresión si 2 o más respuestas son afirmativas. La escala presenta un coeficiente de correlación de 0,88 [115].

5.4. PROCEDIMIENTO

En cuanto al estudio transversal, antes de comenzar las evaluaciones, los participantes completaron el cuestionario de preparación para la actividad física [93]. Si alguna de las respuestas fue “sí”, se consultó a un médico para asegurarse de que no hubiera problemas para realizar los ejercicios. Los participantes visitaron el laboratorio en tres ocasiones. En la primera ocasión se elaboró la historia clínica y se evaluaron datos de densitometría, seguida de una sesión de familiarización con los instrumentos y procedimientos para la evaluación de la fuerza. La evaluación de la fuerza fue realizada por los mismos evaluadores durante la segunda y tercera visita, con un intervalo de 3 a 5 días, siguiendo un orden cronológico previamente establecido. La duración aproximada de cada sesión fue de 45 a 50 minutos. Estas sesiones se llevaron a cabo en instalaciones con buena iluminación, ventilación y libres de distracciones, donde se dispuso de los instrumentos y máquinas de medida necesarias.

Por otro lado, en cuanto a los dos estudios de tipo longitudinal, los participantes fueron seleccionados de la Residencia Mixta de Personas Mayores Burgos I Cortes. Para comenzar con el estudio, se obtuvo el permiso de la dirección del centro para la ejecución del estudio. Posteriormente, se seleccionaron a los posibles participantes del estudio, y los que accedieron a participar en el mismo, fueron distribuidos de manera aleatoria al grupo control y experimental.

A continuación, se mantuvieron diferentes reuniones con los participantes con el fin de explicar el estudio que se quería realizar. En la primera de ellas se le explicó el proyecto, su objetivo y las intervenciones a desarrollar, debiendo firmar el consentimiento informado en caso de aceptar voluntariamente participar en el estudio.

Posteriormente, se les instruyó durante dos sesiones de 40 minutos en el funcionamiento de los videojuegos y la realidad virtual. En la primera sesión, se visualizaron diferentes videos de personas jugando a los mismos juegos que ellos tendrían que usar. En cuanto a la segunda sesión, la investigadora realizó los ejercicios delante de ellos, dando continuamente explicaciones sobre aspectos del videojuego y diferentes demostraciones con el fin de ir interiorizando el uso de estos.

De esta manera los participantes fueron aleatorizados al grupo control (Control; n=40; M 83,25 ± 8,78 DT años) y al grupo experimental (WII; n=40; M 85,05 ± 8,63 DT años) por un investigador diferente al que realizó la intervención, mediante el método de aleatorización, asegurando de este modo la misma cantidad de personas en el grupo Wii y grupo control. Los participantes de ambos grupos siguieron recibiendo sus terapias convencionales proporcionadas por la residencia, como son las sesiones de fisioterapia, terapia ocupacional y gimnasia durante el transcurso de la investigación.

Además, los participantes del grupo experimental recibieron rehabilitación mediante realidad virtual. La intervención constó de 20 sesiones de rehabilitación llevadas a cabo en 8 semanas y compuestas por diferentes actividades con la videoconsola Wii Fit[®] de Nintendo. Las sesiones se repartieron de manera que todos los participantes recibieron en una semana dos sesiones y a la siguiente tres sesiones, hasta completarse las 20 establecidas, rotando cada semana de manera cíclica.

Cada sesión tuvo una duración de 40 minutos. A lo largo de las 20 sesiones se trabajaron diferentes conceptos como son el equilibrio, la marcha, la estabilidad, ejercicios aeróbicos y estiramiento de la musculatura. Además, cada ejercicio implicaba la activación de procesos cognitivos para su ejecución. De este modo, se buscaba que los usuarios mantuvieran los procesos atencionales y de memoria en las diferentes actividades llevadas a cabo para ejecutarlas y recordarlas para sesiones posteriores.

Al comienzo de la sesión se explicaba a los participantes en qué consistía la actividad y a medida que iban avanzando las sesiones, se buscaba que ellos mismos interactuaran con el

juego, prescindiendo del apoyo verbal. Al finalizar las sesiones se realizaba una puesta en común de las experiencias y una retroalimentación acerca de las impresiones que les había causado el juego, la dificultad que tenía o como se han sentido al realizar la sesión.

Las sesiones se llevaron a cabo en el salón de actos de la residencia donde se contaba con una televisión, el material oportuno de la Wii y una silla.

Todas las sesiones se desarrollaron en el mismo orden, dividiéndose así cada sesión en 4 fases:

- **Fase I:** Se explicaba al participante los dos juegos que se iban a llevar a cabo en la sesión y las normas de cada uno de ellos.
- **Fase II:** Se llevaba a cabo un juego de tipo aeróbico como es el “Hula Hoop”. Se trata de un juego en el que se le pide al usuario que realice círculos suaves de radio amplio con las caderas, simulando el movimiento del hula hoop. Además, se puede animar al participante para que levante los brazos a la altura del hombro, para aumentar de manera implícita también el equilibrio. En esta actividad se buscaba que la persona empezase a interactuar con la interfaz. Este concepto hace referencia a todos los tipos de dispositivo e información que permiten al jugador tomar el control del juego y operar en él. Por otro lado, se buscaba activar procesos atencionales en el juego (puesto que sin ellos el hula hoop cae al suelo) y estirar la musculatura que posteriormente estuviese implicada en la ejecución del siguiente juego.
- **Fase III:** en esta fase se optó por un juego específico para el trabajo del equilibrio, como era “Pesca bajo cero”. En dicho juego se le pedía al participante que se moviese de izquierda a derecha para inclinar una placa de hielo, de esta manera el pingüino podía comer peces y a mayor cantidad de peces, mejor puntuación y control del equilibrio estático y dinámico de la persona.
- **Fase IV:** Para finalizar la sesión, se le pedía al participante que eligiera un juego que le apetecía probar o jugar. Una vez elegido, se dedicaban 5 minutos a jugar al mismo. A pesar de que todo el proceso de la intervención se fundamente en una base lúdica y motivacional, con esta libre elección se buscaba que la persona decidiese de manera libre, y en base a sus gustos, con que juego finalizar la sesión.

5.5. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para llevar a cabo el estudio transversal, se obtuvo la aprobación ética del Comité de Bioética de la Universidad de León (España) (Referencia ULE-032-2015). En cuanto al estudio longitudinal, también se obtuvo la aprobación del Comité de Bioética de la Universidad de Burgos (Referencia IR 29/2019).

Por consiguiente, todos los participantes fueron informados de que los estudios se llevaban a cabo respetando los principios de la Declaración de Helsinki, la Ley 3/2018 del 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y Garantía de los Digitales.

5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS Statistics (SPSS: An IBM Company, versión 24.0, IBM Corporation, Armonk, NY, EE, UU.) y los datos se expresaron como media desviación estándar. Además, se consideró significación estadística cuando $p < 0.05$.

En relación con el artículo de tipo transversal, se realizaron análisis descriptivos para describir la muestra. Se expresaron variables categóricas como frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables continuas se expresaron en términos de media y desviación estándar (DE).

Por otro lado, se realizaron pruebas de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de las variables estudiadas. Las diferencias de obesidad según porcentaje de grasa corporal (obesidad y normal) masa magra basada en MMA ajustada por IMC (bajo y adecuado) y estado de osteoporosis (sí o no) entre mujeres y hombres se midieron mediante la prueba X^2 . Asimismo, las diferencias en las variables antropométricas y de composición corporal entre sexos se calcularon mediante una prueba T independiente.

Se compararon los niveles medios de las pruebas físicas de cada sexo en la obesidad según el porcentaje de grasa corporal, la masa magra basada en MMA ajustada para el IMC y el estado de osteoporosis, utilizando un análisis de covarianza.

Además, para saber si el sexo era un factor determinante en cada una de las categorías, se realizó un análisis de covarianza de 2 factores (categorías de estudio x sexo). Todos los análisis se ajustaron por edad.

Por otro lado, para los dos estudios de tipo longitudinal, el análisis estadístico se realizó con el software SPSS versión 25 (IBM-Inc, Chicago, IL, EE. UU.). Para la elaboración del gráfico se utilizó el software GraphPad Prism 6 (GraphPad Software, Inc.San Diego CA). Se estableció una significación estadística si el valor de $p < 0,05$. Los resultados fueron expresados como media \pm desviación estándar (DT). El cambio porcentual entre las pruebas T1 y T2 postratamiento de las variables se calculó como Δ (%): $((T2 - T1) / T1 \times 100)$ para cada grupo de estudio.

Se utilizó una prueba de análisis de varianza de medidas repetidas de dos vías (ANOVA) para examinar los efectos de interacción (tiempo x grupo de tratamiento) entre ambos grupos (control y WII) en estado cognitivo, actividades básicas e instrumentales de la vida diaria y ansiedad, depresión y apatía. En los análisis realizados, también se tuvo en cuenta que la edad y el sexo pudieron actuar como factor de confusión sobre el resto de las variables.

Las diferencias de T1 a T2 en cada grupo se evaluaron mediante la prueba t pareada o la prueba de rango con signo de Wilcoxon después de que se estableció la normalidad de los datos con Kolmogorov-Smirnov basado en datos paramétricos o no paramétricos. Asimismo, las diferencias de Δ (%) y otras pruebas en T1 y T2 se compararon entre las categorías de tratamiento utilizando la prueba t independiente o la prueba u de Mann Whitney con la categoría de tratamiento como factor fijo. Por último, para determinar la correlación que existe entre el estado cognitivo y el estado psicológico con el desempeño de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria se empleó el coeficiente de correlación lineal de Pearson con los % de cambio de estos parámetros. Además, se realizó una prueba de independencia de chi-cuadrado para examinar la relación entre el fenotipo de fragilidad y el grupo de intervención en cada período de estudio (T1 y T2).

Por último, en los tres artículos se calcularon los tamaños del efecto utilizando eta cuadrado parcial ($\eta^2 p$) e interpretándose de acuerdo con los siguientes criterios: Si $0 \leq \eta^2 p < 0,05$, no hay ningún efecto; si $0,05 \leq \eta^2 p < 0,26$, el efecto es mínimo; si $0,26 \leq \eta^2 p < 0,64$, el efecto es moderado; y si $\eta^2 p \geq 0,64$, el efecto es fuerte [116].

6. RESULTADOS

Para exponer los resultados que conforman esta tesis, es preciso detallar los que se han obtenido en los tres artículos que forman la misma.

6.1. Estudio I: *“Relación de la composición corporal con la fuerza y capacidad funcional de personas mayores de 70 años”.*

El número de sujetos que cumplieron con los criterios de elegibilidad y aceptaron voluntariamente participar en estudio, fue de 143. La muestra estuvo conformada por 94 mujeres, cuya edad, peso y estatura promedio fue 75,14 años (DE 3,85), 63,43 kg (DE 9,36) y 152,21 cm (DE 5,74), respectivamente. La edad, el peso y la altura media de los 49 hombres incluidos fue de 74.84 años (DE 3,84), 76,42 kg (DE 10,88) y 165,84 cm (DE 6,86) respectivamente.

Los datos sobre composición corporal, masa muscular osteoporosis y obesidad de la muestra, según sexo, se muestran en la Tabla 1. Los hombres presentaron valores de masa magra total (kg), MMA (kg), MMA ajustada para IMC, masa ósea (kg), cuello femoral y densidad mineral ósea de la columna lumbar (g / cm²), el cuello del fémur y la columna lumbar más alto que las mujeres, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Sin embargo, las mujeres obtuvieron valores estadísticamente más altos ($p < 0,05$) que los hombres en masa grasa (kg), masa grasa (%) y puntaje Z de la columna lumbar y del cuello del fémur. En la muestra total hubo una distribución estadísticamente mayor ($p < 0,05$) de personas con obesidad, personas con masa magra adecuada basada en MMA ajustada por IMC y personas sin osteoporosis.

Tabla 1. Descriptivos de la muestra.

	Total (n=143)	Mujer (n=94)	Hombre (n=49)	p-Valor
Índice de masa corporal (IMC) (kg / m ²)	27,51 ± 3,57	27,41 ± 3,93	27,71 ± 2,79	0,633 [#]
Masa magra total (kg)	42,14 ± 8,42	36,93 ± 3,48	52,13 ± 0,59	<0,001 [#]
Masa magra apendicular (MMA)(kg)	17,64 ± 3,92	15,26 ± 1,72	22,23 ± 2,66	<0,001 [#]
MMA ajustada por IMC	0,65 ± 0,14	0,56 ± 0,08	0,81 ± 0,09	<0,001 [#]
Masa grasa (kg)	23,41 ± 7,20	24,45 ± 7,20	21,44 ± 6,86	0,017 [#]
Grasa corporal (%)	34,31 ± 7093	37,83 ± 6,54	27,54 ± 5,65	<0,001 [#]
Masa ósea (kg)	2,29 ± 0,50	2,01 ± 0,32	2,82 ± 0,34	<0,001 [#]
Densidad mineral ósea del cuello femoral (g/cm ²)	0,82 ± 0,11	0,79 ± 0,10	0,87 ± 0,11	<0,001 [#]
Densidad mineral ósea de la columna lumbar (g / cm ²)	1,03 ± 0,16	0,98 ± 0,15	1,12 ± 0,15	<0,001 [#]
Cabeza de fémur (cm)	-1,56 ± 0,84	-1,58 ± 0,84	-1,53 ± 0,83	0,713 [#]
Puntuaje de la columna lumbar	-1,39 ± 1,30	-1,68 ± 1,25	-0,83 ± 1,23	<0,001 [#]
Cabeza de fémur total	0,15 ± 0,79	0,23 ± 0,79	-0,01 ± 0,78	0,085 [#]
Puntuaje Columba lumbar total	0,24 ± 1,30	0,51 ± 1,21	-0,29 ± 1,31	<0,001 [#]
Base de masa magra en MMA ajustada por IMC (n (%))				
• Baja	49 (34,2)	27 (28,7)	22 (44,9)	<0,001 ^{&}
• Adecuada	94 (65,7)	67 (71,3)	27 (55,1)	
Estado de Osteoporosis (n (%))				
• No	102 (71,3)	62 (66,0)	40 (81,6)	<0,001 ^{&}
• Si	41 (28,7)	32 (34,0)	9 (18,4)	
Obesidad según porcentaje de grasa corporal (n (%))				
• Obesidad	107 (74,8)	75 (79,8)	32 (65,3)	<0,001 ^{&}
• Normal	36 (25,2)	19 (20,2)	17 (34,7)	

Los datos son la expresados como media ± desviación estándar de la media o n (%); #: valor p del análisis unidireccional de la covarianza; & p-valor de la prueba Chi cuadrado (X²); p <0,05 indica significación estadística.

Al analizar la influencia de la fuerza muscular y la capacidad funcional en la cantidad de MMA ajustada por IMC, se observó que tanto hombres como mujeres con una cantidad adecuada tenían una fuerza dinámica máxima de bíceps - 1RM (kg), una fuerza isométrica máxima de extensión de piernas (kg), una fuerza máxima de extensión dinámica de piernas -

1RM (kg), una fuerza máxima de agarre con la mano derecha (kg) y una fuerza máxima de agarre con la mano (teniendo en cuenta la puntuación más alta)

Por su parte, las mujeres con una cantidad adecuada también tenían una fuerza isométrica máxima de bíceps (kg) (p <0,001) y una fuerza máxima de prensión de la mano izquierda (kg) (p =≤0,001), así como la mejor capacidad funcional medida por la prueba de flexión de brazos

(repetición) ($p < 0,001$), paso en el propio sitio (pasos) ($p = 0,043$) y la prueba alternando pies arriba y adelante ($p = 0,003$). El comportamiento de la prueba de flexión de brazos fue diferente entre categorías y sexos ($p = 0,018$; $\eta^2 p = 0,040$) (Tabla 2).

Tabla 2. Fuerza y capacidad funcional entre una cantidad baja o adecuada de LMB / BMI en hombres y mujeres mayores de 70 años.

Sexo	MMA ajustada por IMC		p-valor	n ² p	p-Valor (Gxsex)	n ² p
	Bajo	Adecuado				
Fuerza máxima isométrica de bíceps (kg)						
Mujer	16,30 ± 4,25	21,26 ± 5,40	<0,001	0,156	0,508	0,003
Hombre	31,90 ± 7,34	35,45 ± 8,23	0,190	0,037		
Fuerza máxima dinámica de bíceps (kg)						
Mujer	11,13 ± 3,55	14,98 ± 5,22	0,001	0,108	0,240	0,010
Hombre	30,45 ± 8,75	36,96 ± 8,45	0,018	0,116		
Fuerza máxima isométrica extensión de pierna (kg)						
Mujer	47,91 ± 14,83	61,67 ± 14,49	<0,001	0,147	0,755	0,001
Hombre	78,52 ± 16,97	94,45 ± 26,25	0,031	0,097		
Fuerza máxima dinámica extensión de pierna (kg)						
Mujer	45,61 ± 12,78	54,98 ± 12,32	0,002	0,096	0,805	0,000
Hombre	68,68 ± 15,02	79,41 ± 14,86	0,027	0,102		
Fuerza máxima agarre mano izquierda (kg)						
Mujer	18,76 ± 3,49	21,99 ± 4,41	0,003	0,094	0,914	0,000
Hombre	32,14 ± 7,48	35,22 ± 6,78	0,235	0,030		
Fuerza máxima agarre mano derecha (kg)						
Mujer	19,93 ± 3,79	23,06 ± 4,41	0,003	0,094	0,219	0,011
Hombre	33,23 ± 7,16	38,70 ± 6,32	0,012	0,130		
Fuerza máxima agarre ambas manos (kg)						
Mujer	20,33 ± 3,52	23,72 ± 4,08	0,001	0,125	0,341	0,007
Hombre	33,95 ± 7,01	39,07 ± 6,09	0,016	0,120		
Flexión de brazos (rep)						
Mujer	15,85 ± 3,75	19-57 ± 3,54	<0,001	0,175	0,018	0,040
Hombre	16,23 ± 2,98	17,04 ± 2,78	0,448	0,013		
Prueba soporte silla (rep)						
Mujer	17,11 ± 4,35	17,27 ± 2,73	0,940	0,000	0,262	0,009
Hombre	17,50 ± 4,67	16,33 ± 3,17	0,140	0,047		
Pasos en el sitio (pasos)						
Mujer	96,44 ± 24,59	105,04 ± 12,61	0,043	0,044	0,758	0,001
Hombre	105,18 ± 21,63	111,93 ± 18,00	0,301	0,023		
Prueba elevación pies (s)						
Mujer	5,83 ± 1,52	5,11 ± 0,67	0,003	0,093	0,094	0,020
Hombre	5,24 ± 1,10	5,14 ± 1,30	0,831	0,001		

Los datos se presentan como media ± desviación estándar de media; Todos los análisis están ajustados por la edad; p-Valor: diferencias entre grupos (bajo vs. adecuado) en cada sexo por ANOVA de una vía; p-Valor (Gxsex): interacción grupo por sexo ($p < 0,05$, todas las posibilidades) por ANOVA de dos factores de medidas repetidas; rep: repetición; s: segundos.

La tabla 3, muestra la fuerza y la capacidad funcional entre tener o no osteoporosis en hombres y mujeres mayores de 70 años. En la misma se observa que aquellos hombres y mujeres

que tienen osteoporosis no presentan una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las personas que no tienen osteoporosis. En cambio, si se observa que los hombres que tienen osteoporosis presentaron una diferencia estadísticamente mayor ($p < 0,05$) en fuerza máxima isométrica de bíceps (kgs). Por último, indicar que el comportamiento de Maximal isometric biceps strength test fue diferente entre categorías y sexos ($p = 0,020$; $\eta^2 p = 0,039$).

Tabla 3. Fuerza y capacidad funcional entre una cantidad baja o adecuada de MMA/IMC

Sexo	Osteoporosis		p-Valor	n ² p	p-Valor (Gxsex)	n ² p
	No	Si				
Fuerza máxima isométrica de bíceps (kg)						
Mujer	19,71 ± 5,42	20,08 ± 5,88	0,670	0,002	0,020	0,039
Hombre	32,65 ± 7,29	39,23 ± 9,01	0,013	0,126		
Fuerza máxima dinámica de bíceps (kg)						
Mujer	14,06 ± 5,15	13,51 ± 5,04	0,727	0,001	0,270	0,009
Hombre	33,60 ± 5,99	36,00 ± 9,90	0,307	0,23		
Fuerza máxima isométrica extensión de pierna (kg)						
Mujer	58,65 ± 16,91	55,91 ± 13,47	0,505	0,005	0,627	0,002
Hombre	87,10 ± 23,78	88,16 ± 24,97	0,808	0,001		
Fuerza máxima dinámica extensión de pierna (kg)						
Mujer	52,14 ± 14,58	52,59 ± 9,81	0,747	0,001	0,435	0,004
Hombre	75,32 ± 15,49	71,36 ± 17,31	0,556	0,008		
Fuerza máxima agarre mano izquierda(kg)						
Mujer	21,06 ± 4,17	21,06 ± 3,76	0,923	0,000	0,051	0,027
Hombre	33,05 ± 7,40	37,11 ± 5,22	0,055	0,078		
Fuerza máxima agarre mano derecha (kg)						
Mujer	22,39 ± 4,63	27,72 ± 4,12	0,564	0,004	0,197	0,012
Hombre	35,83 ± 7,20	38,11 ± 7,27	0,292	0,024		
Fuerza máxima agarre ambas manos (kg)						
Mujer	22,84 ± 4,39	22,56 ± 3,86	0,856	0,000	0,090	0,021
Hombre	36,15 ± 7,03	39,56 ± 6,13	0,213	0,053		
Flexión de brazos (rep)						
Mujer	18,60 ± 3,94	18,33 ± 4,06	0,818	0,001	0,336	0,007
Hombre	16,45 ± 3,40	17,67 ± 1,73	0,213	0,034		
Prueba soporte silla (rep)						
Mujer	17,26 ± 3,36	17,16 ± 3,10	0,993	0,000	0,153	0,015
Hombre	16,50 ± 3,68	18,44 ± 4,75	0,122	0,051		
Pasos en el sitio (pasos)						
Mujer	102,34 ± 16,86	103,03 ± 18,20	0,759	0,001	0,503	0,003
Hombre	107,83 ± 20,07	113,67 ± 18,83	0,398	0,016		
Prueba elevación pies (s)						
Mujer	5,31 ± 1,10	5,33 ± 0,91	0,980	0,000	0,988	<0,001
Hombre	5,18 ± 1,25	5,20 ± 10,5	0,903	0,000		

Los datos se presentan como media ±desviación estándar de media; Todos los análisis están ajustados por la edad; p-Valor: diferencias entre grupos (sí vs. no) en cada sexo por ANOVA de una vía; p-Valor (Gxsex): interacción grupo por sexo ($p < 0,05$, todas las posibilidades) por ANOVA de dos factores de medidas repetidas; rep: repetición; s: segundos.

Al comparar la fuerza muscular y la capacidad funcional de hombres y mujeres mayores de 70 años según su porcentaje de grasa (normal u obesidad), sin diferencias estadísticamente significativas se observaron entre individuos. Los hombres obesos tenían menos fuerza isométrica en el bíceps (kg) ($p = 0,043$) y tardó más en realizar la prueba de bipedestación ($p = 0,039$) en relación con sujetos normales (Tabla 4).

Tabla 4. Fuerza y capacidad funcional entre no o si osteoporosis en hombres y mujeres mayores de 70 años.

Sexo	Porcentaje de grasa		p-Valor	n ² p	p-Valor (Gxsex)	n ² p
	Normal	Obesidad				
Fuerza máxima isométrica de bíceps (kg)						
Mujer	21,26 ± 4,72	19,47 ± 5,72	0,174	0,020	0,358	0,006
Hombre	36,17 ± 9,04	32,63 ± 7,17	0,043	0,086		
Fuerza máxima dinámica de bíceps (kg)						
Mujer	12,58 ± 4,18	14,20 ± 5,27	0,246	0,015	0,601	0,002
Hombre	33,32 ± 9,68	34,42 ± 8,91	0,718	0,003		
Fuerza máxima isométrica de extensión de pierna (kg)						
Mujer	62,01 ± 17,08	56,62 ± 15,39	0,136	0,024	0,426	0,005
Hombre	85,98 ± 26,10	88,00 ± 22,79	0,841	0,001		
Fuerza máxima dinámica de extensión de pierna (kg)						
Mujer	53,87 ± 13,83	51,89 ± 12,97	0,464	0,006	0,472	0,004
Hombre	72,43 ± 14,17	75,74 ± 15,73	0,994	0,000		
Fuerza máxima agarre mano izquierda (kg)						
Mujer	21,53 ± 2,63	20,94 ± 4,30	0,522	0,005	0,454	0,004
Hombre	32,94 ± 5,33	34,31 ± 8,05	0,941	0,000		
Fuerza máxima agarre mano derecha (kg)						
Mujer	23,11 ± 3,96	21,92 ± 4,56	0,250	0,014	0,145	0,015
Hombre	35,53 ± 5,02	37,06 ± 8,06	0,542	0,008		
Fuerza máxima agarre ambas manos (kg)						
Mujer	23,47 ± 3,51	22,56 ± 4,36	0,337	0,010	0,242	0,010
Hombre	35,53 ± 4,76	37,44 ± 7,85	0,668	0,004		
Flexión de brazos (rep)						
Mujer	18,84 ± 3,06	18,42 ± 4,17	0,630	0,003	0,948	0,000
Hombre	16,88 ± 2,89	16,56 ± 2,90	0,471	0,011		
Prueba soporte silla (rep)						
Mujer	17,74 ± 2,23	17,09 ± 3,47	0,359	0,009	0,300	0,008
Hombre	17,94 ± 4,09	16,28 ± 3,76	0,039	0,089		
Pasos en el sitio (pasos)						
Mujer	107,95 ± 11,15	101,21 ± 18,27	0,100	0,029	0,871	0,000
Hombre	113,29 ± 18,97	106,56 ± 20,11	0,170	0,040		
Prueba elevación pies (s)						
Mujer	4,97 ± 0,54	5,41 ± 1,12	0,085	0,032	0,513	0,003
Hombre	5,15 ± 1,67	5,21 ± 0,90	0,333	0,020		

Los datos se presentan como media ± desviación estándar de media; Todos los análisis están ajustados por la edad; p-Valor: diferencias entre grupos (bajo vs. obesidad) en cada sexo por ANOVA de una vía; p-Valor (Gxsex): interacción grupo por sexo ($p < 0,05$, todas las posibilidades) por ANOVA de dos factores de medidas repetidas; rep: repetición; s: segundos.

6.2. Estudio II: “Influencia del uso terapéutico de la videoconsola Wii en los componentes de fragilidad física en adultos mayores institucionalizados”.

En la tabla 5 se muestran los datos antropométricos obtenidos en la muestra. Al analizar la relación entre los valores antropométricos de ambos grupos en el mismo período de estudio, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Por otro lado, se demostró una disminución estadísticamente significativa en la circunferencia de la cintura en el grupo de Wii después del tiempo de seguimiento ($p < 0,05$). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos a lo largo del tiempo (todos $p(t \times G) > 0,05$).

Tabla 5. Análisis estadístico de los parámetros antropométricos.

Periodo estudio	Control (n=40; 23 mujeres)	95% CI	Wii (n=40; 23 mujeres)	95% CI	p-Valor (t x G)	n ² p	Fuerza estadística
Masa corporal (kg)							
TI	76,35±13,54	72,15±80,55	74,60±13,01	70,57±78,66	0,366	0,011	0,154
T2	76,18±12,48	72,31±80,05	75,10±12,57	71,20±79,00			
Circunferencia cintura (cm)							
TI	96,73±14,47	92,25±101,2	96,97±14,74	91,40±101,5	0,507	0,004	0,111
T2	96,45±14,16	92,06±100,8	96,63±14,51*	92,13±101,1			
Circunferencia brazo (cm)							
TI	31,18±37,99	19,41±42,95	31,25±37,99	19,48±43,02	0,172	0,024	0,322
T2	31,31±37,78	16,60±43,02	31,88±38,69	19,89±43,83			
Circunferencia pierna (cm)							
TI	49,86±11,34	46,15±53,37	49,65±12,37	45,82±53,48	0,551	0,005	0,062
T2	49,80±11,13	46,35±53,25	49,51±12,00	45,79±53,23			

Datos expresados como media ± desviación estándar de la media; Todos los resultados están ajustados por sexo y edad. p-Valor (t x G): interacción grupo por tiempo ($p < 0,05$) mediante el análisis de varianza con medidas repetidas. *: Diferencias significativas entre períodos dentro del mismo grupo de estudio por la prueba t de Student de muestras dependientes ($p < 0,05$).

La prueba de chi-cuadrado de independencia mostró que no había asociación significativa entre el Fenotipo de fragilidad y el grupo de estudio en T1, $\chi^2(1, n = 80) = 2,739$, $p = 0,098$ (Tabla 6). Sin embargo, hubo una asociación significativa entre el fenotipo de fragilidad y el grupo de estudio en T2, $\chi^2(1, n = 80) = 4,267$, $p = 0,039$.

Tabla 6. Distribución del fenotipo de fragilidad en la prueba previa y posterior en los grupos de control y Wii.

Fenotipo fragilidad	Muestra	T1		T2	
		Control	Wii	Control	Wii
Pre-frágil	n (%)	30 (56,6%)	23 (43,4%)	26 (43,3%)	34 (56,7%)
Frágil	n (%)	10 (37,0%)	17 (63,0%)	14 (70,0%)	6 (30,0%)
	<i>p</i>	0,098		0,039	

p: Diferencias significativas según la prueba de independencia de chi-cuadrado.

La tabla 7 resume los datos del equilibrio estático, la velocidad al caminar y el riesgo de caídas. Cuando se compararon los resultados obtenidos en las pruebas físicas y funcionales en el ANOVA intragrupo, se obtuvieron diferencias significativas en el riesgo de caídas y la velocidad de la marcha en el grupo de intervención, mientras que en el grupo control, hubo un aumento estadísticamente significativo en el riesgo de caída y en equilibrio ($p < 0,05$).

Tabla 7. Análisis estadístico de pruebas físicas y funcionales

Periodo estudio	Control (n=40;23 mujer)	95% CI	Wii (n=40; 23 mujer)	95% CI	p-Valor (t x G)	n ² p	Fuerza estadística
Fuerza de agarre mano derecha (kg)							
T1	14,09 ± 6,36	12,12±16,06	13,71±6,18	11,79±15,63	0,650	0,003	0,073
T2	14,54 ± 6,42	12,55±16,53	14,44±6,22	12,51±16,37			
Fuerza de agarre mano izquierda (kg)							
T1	12,96 ± 5,58	11,23±14,69	12,85±5,80	11,05±14,65	0,196	0,023	0,251
T2	13,29 ± 5,67*	11,53±15,05	13,52±5,85*	11,71±15,33			
Riesgo de caída (total)							
T1	3,58 ± 2,09	2,93 ± 4,23	3,75 ± 2,07	3,11 ± 4,39	<0,001	0,248	0,998
T2	3,80 ± 2,17*	3,13 ± 4,47	2,98 ± 1,76*	2,43 ± 3,53			
Velocidad de la marcha (seg)							
T1	20,35 ± 7,40	18,06±22,64	21,24±7,41	18,94±23,54	<0,001	0,198	0,986
T2	20,33 ± 7,45	18,02±22,64	19,96±7,26*	17,71±22,21			
Equilibrio y marcha (seg)							
T1	38,45±11,85	34,78±42,12	39,03±10,67	35,72±42,34	<0,001	0,186	0,979
T2	39,18±12,04*	35,45±42,91	41,08±10,52*	37,82±44,34			
Short Physical Performance Battery (puntuación total)							
T1	6,20 ± 2,23	5,51 ± 6,89	6,33 ± 1,66	5,82 ± 6,84	<0,001	0,208	0,990
T2	6,23 ± 2,24	5,54 ± 6,92	7,70 ± 2,62*&	6,89 ± 8,51			

Datos expresados como media ± desviación estándar de la media; Todos los resultados están ajustados por sexo y edad. p-Valor (t x G): interacción grupo por tiempo ($p < 0,05$) mediante el análisis de varianza con medidas repetidas. *: Diferencias significativas entre periodos dentro del mismo grupo de estudio por la prueba t de Student de muestras dependientes ($p < 0,05$); &: Diferencias significativas entre grupos dentro del mismo periodo de estudio por la prueba t de Student de muestras independientes ($p < 0,05$).

Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la comparación intergrupar en el pretest ($p > 0,05$) en ninguna de las variables medidas; sin embargo, el grupo de intervención tuvo una puntuación más alta en la escala SPPB. Cuando se calculó la interrelación entre el grupo de tratamiento y el tiempo ($t \times G$) de las puntuaciones de las pruebas físicas, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el riesgo de caída, velocidad de la marcha, equilibrio estático y SPPB ($p(t \times G) < 0,001$).

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el cambio porcentual de las variables analizadas durante el estudio, según el grupo. Específicamente, cuando se compara para el grupo de control, el cambio porcentual fue mayor y negativo en el grupo de Wii en riesgo de caídas ($-20,05 \pm 35,14\%$ vs. $7,92 \pm 24,53\%$) y en velocidad de marcha ($-6,42 \pm 8,83\%$ vs. $-0,12 \pm 4,51\%$), mientras que fue superior y positivo en balance estático ($6,07 \pm 5,74\%$ vs. $2,13 \pm 4,64\%$) y en el SPPB ($20,28 \pm 20,05\%$ vs. $0,71 \pm 7,99\%$) (Figura 1).

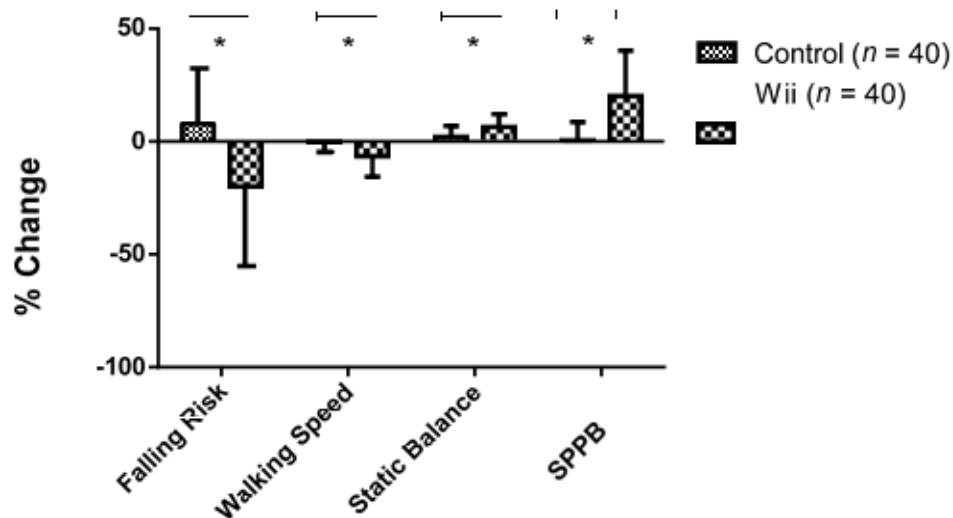


Figura 1. Porcentaje de cambio de las variables estudiadas en grupo control y grupo Wii.

6.3. Estudio III: “Impacto de una intervención con videojuegos de Wii sobre la autonomía de las actividades de la vida diaria y los componentes psicológico-cognitivos en el adulto mayor institucionalizado”.

Los datos antropométricos obtenidos en la muestra se recogen en la tabla 8. Los resultados demuestran que no hay diferencias significativas entre grupos a lo largo del estudio (p (txG) $>0,05$). Por otro lado, se observó una disminución significativa en el perímetro de cintura en el grupo WII a lo largo del estudio ($p <0,05$). No obstante, no se demostraron diferencias significativas entre grupos en ninguno de los parámetros estudiados en pre y post intervención ($p >0,05$) a excepción del anterior mencionado.

Tabla 8. Características sociodemográficas de la muestra.

Control (n=40)	Wii (n=40)	<i>p</i>	<i>n</i> ² <i>p</i>	Fuerza estadística
Edad (años)				
83,25 ± 8,78	85,05 ± 8,63	0,285	0,015	0,186
Masa corporal (kg)				
76,35 ± 13,54	74,60 ± 13,01	0,927	0,000	0,051
Circunferencia cintura (cm)				
96,73 ± 14,47	96,97 ± 14,74	0,645	0,003	0,074
Circunferencia brazo (cm)				
31,18 ± 37,99	31,25 ± 37,99	0,579	0,004	0,085
Circunferencia pierna (cm)				
49,86 ± 11,34	49,65 ± 12,37	0,858	0,000	0,032

Datos expresados como media ± desviación estándar de la media; Todos los resultados están ajustados por sexo y edad. *p*: significación estadística mediante el análisis de la varianza (ANOVA) de una vía.

Por otro lado, en la tabla 9 se encuentran los datos sobre el desempeño de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento (GxT) Katz, Índice de Barthel y Lawton y Brody, siendo esta última $p <0,001$. A lo largo del estudio se observó en el grupo WII una disminución significativa ($p <0,05$) en Lawton y Brody. Además, en el grupo WII también se observó un aumento estadísticamente significativo en Katz e Índice de Barthel entre ambos grupos de estudio ($p <0,05$).

Tabla 9. Pre-test y post test en actividades de la vida diaria en grupo control y grupo WII.

	Control (n=40)	Wii (n=40)	p-Value (t x G)	n ² p	Fuerza estadística
Índice de Katz					
T1	1.23 ± 1.29	0.95 ± 1.37	0.028	0.051	0.303
T2	1.30 ± 1.20	0.82 ± 1.19*&			
Índice de Barthel					
T1	68.10±20.75	75.30 ± 16-69	0.025	0.064	0.614
T2	68.88 ±21.36	79.25±14.17*&			
Índice de Lawton & Brody					
T1	5.88 ± 1.81	5.35 ± 2.44	<0.001	0.161	0.964
T2	5.85 ± 1.81	5.90 ± 1.81*			

Datos expresados como media ± desviación estándar de la media; Todos los resultados están ajustados por sexo y edad. p-Valor (t x G): interacción grupo por tiempo (p <0,05) mediante el análisis de varianza con medidas repetidas. *: Diferencias significativas entre períodos dentro del mismo grupo de estudio por la prueba t de Student de muestras dependientes (p <0,05); &: Diferencias significativas entre grupos dentro del mismo periodo de estudio por la prueba t de Student de muestras independientes (p <0.05).

La figura 2, representa el porcentaje de cambio de las variables de desempeño funcional en grupo experimental y en el grupo control. En este sentido, se observaron diferencias significativas en los % de cambio de todas las variables estudiadas entre ambos grupos (p <0,05). En concreto, mientras que el porcentaje de cambio de Katz del grupo WII fue $-15,88 \pm 32,94 \%$, en el grupo control de $-4,80 \pm 20,23\%$. Sin embargo, mientras que en el grupo control el porcentaje de cambio durante el estudio de Índice de Barthel y Lawton y Brody fue de $2.08 \pm 12,03\%$ y $-0,36 \pm 2,26\%$ respectivamente, en el grupo experimental fue de $6,61 \pm 9,26\%$ y $37,92 \pm 92,51\%$.

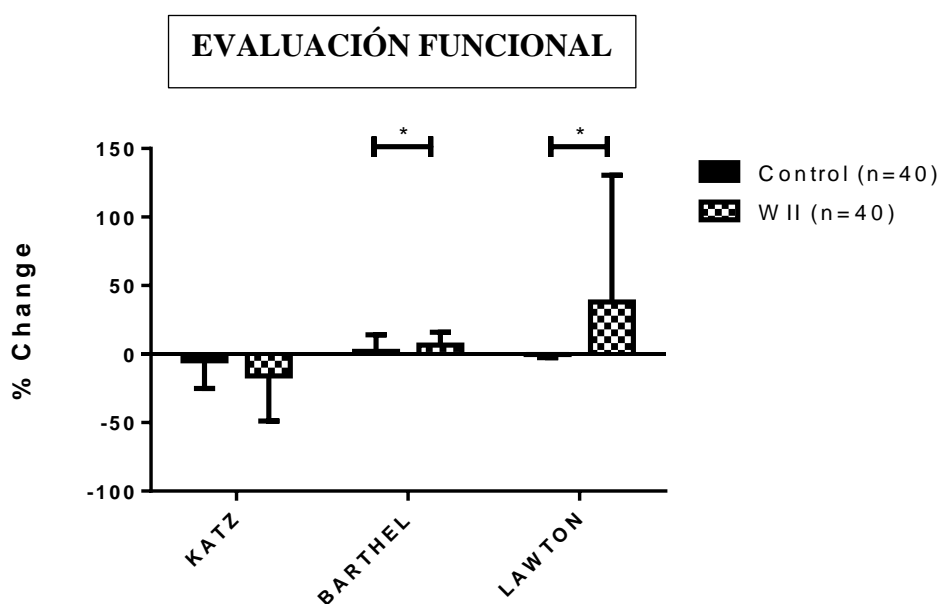


Figura 2. Porcentaje de cambio de las AVDS en el grupo control y Wii durante el estudio.

Con respecto a la tabla 10, se exponen los datos correspondientes al aspecto cognitivo. Se probaron diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento (GxT) de MEC y FAST-GDS (todas $p < 0,001$).

Además, se obtuvo en el grupo WII una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) tanto en MEC como en FAST-GDS. Además, el grupo control tanto de MEC como FAST-GDS, también mostró aumentos estadísticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabla 10. Pre-test y post test en estado cognitivo en grupo control y grupo Wii

	Control (n=40)	Wii (n=40)	p-Valor (t x G)	n ² p	Fuerza estadística
MCE					
T1	23,20 ± 5,73	21,28 ± 5,78	$< 0,001$	0,369	1,000
T2	22,40 ± 6,00*	23,32 ± 5,50*			
FAST-GDS					
T1	2,82 ± 1,36	3,20 ± 1,24	$< 0,001$	0,181	0,982
T2	3,00 ± 1,43*	2,97 ± 1,31*			

Datos expresados como media ± desviación estándar de la media; Todos los resultados están ajustados por sexo y edad. p-Valor (t x G): interacción grupo por tiempo ($p < 0,05$) mediante el análisis de varianza con medidas repetidas. *: Diferencias significativas entre períodos dentro del mismo grupo de estudio por la prueba t de Student de muestras dependientes ($p < 0,05$); MCE: miniexamen cognitivo; FAST-GDS: Escala de deterioro global.

La figura 3 representa el porcentaje de cambio de las variables de funciones cognitivas en grupo experimental y en el grupo control. De tal modo, se observaron diferencias significativas en los % de cambio de todas las variables estudiadas entre ambos grupos ($p < 0,05$). En concreto, mientras que el porcentaje de cambio de MEC en grupo WII fue $11,64 \pm 13,94\%$, en grupo control fue $-3,37 \pm 6,53\%$. Sin embargo, mientras que en el grupo control el porcentaje de cambio durante el estudio FAST-GDS fue $6,83 \pm 16,05$ en el grupo WII fue de $-7,88 \pm 17,84$.

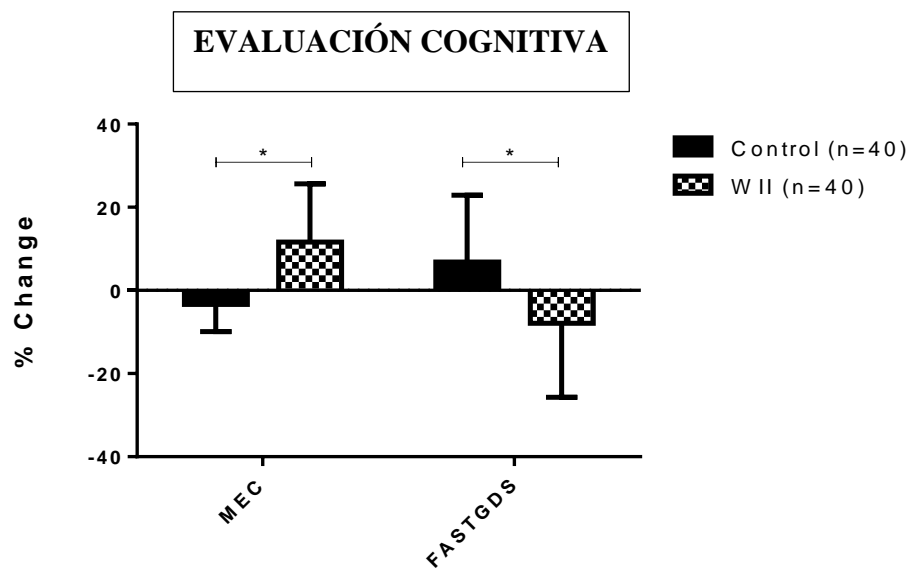


Figura 3. Porcentaje de cambio de las variables de estado cognitivo en el grupo control y Wii durante el estudio.

La tabla 11 corresponde a los datos relacionados con los aspectos psicológicos. De modo que se puede ver que también existieron diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento (GxT) de EDG-15, DAIR y EADG siendo todas ellas ($p < 0,001$). Por otro lado, se observó una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el grupo Wii en las tres variables, Yesavage, DAIR y EADG. No obstante, el grupo control mostró aumentos estadísticamente significativos tanto en la escala DAIR como en la Yesavage ($p < 0,05$).

Tabla 11. Pretest y post test en estado psicológico en grupo control y grupo Wii.

	Control (n=40)	Wii (n=40)	p-Valor (t x G)	n ² p	Fuerza estadística
EDG-15					
T1	4,35 ± 2,80	5,85 ± 3,50	<0,001	0,335	1,000
T2	5,08 ± 3,15*	4,55 ± 2,84*			
DAIR					
T1	1,33 ± 0,26	1,42 ± 0,27	<0,001	0,180	0,980
T2	1,34 ± 0,25*	1,37 ± 0,27*			
EADG					
T1	3,47 ± 2,31	4,07 ± 2,63	<0,001	0,212	0,0994
T2	3,78 ± 2,48	3,08 ± 2,14			

Datos expresados como media ± desviación estándar de la media; Todos los resultados están ajustados por sexo y edad. p-Valor (t x G): interacción grupo por tiempo ($p < 0,05$) mediante el análisis de varianza con medidas repetidas. *: Diferencias significativas entre períodos dentro del mismo grupo de estudio por la prueba t de Student de muestras dependientes ($p < 0,05$); EDG-15: Escala de depresión geriátrica; DAIR: Entrevista y calificación de la apatía de la demencia; EADG: ansiedad de Goldberg y escala de depresión.

En relación con la figura 4, esta representa el porcentaje de cambio de las variables psicológicas en grupo experimental y en el grupo control. En concreto, el porcentaje de cambio del grupo Wii en EDG15, DAIR y EADG fueron $-18,01 \pm 27,11$, $-3,12 \pm 4,59$ y $-24,17 \pm 26,53$, en cambio, para el grupo control fueron, $18,28 \pm 34,25$, $1,43 \pm 7,25$ y $20,75 \pm 73,68$ respectivamente. Así mismo, se observaron diferencias significativas en los % de cambio de todas las variables estudiadas entre ambos grupos ($p < 0.05$).

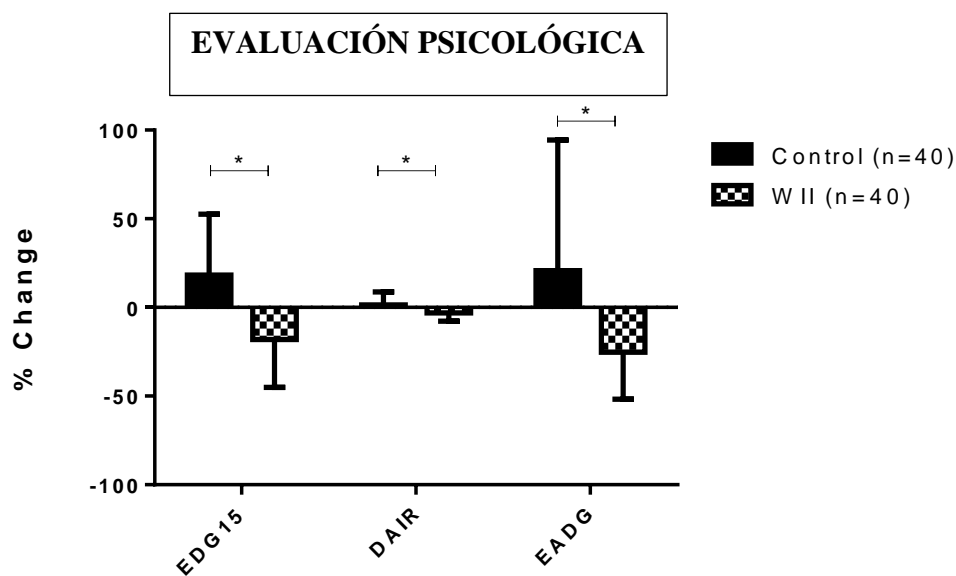


Figura 4. Porcentaje de cambio de las variables de estado psicológico en el grupo control y Wii durante el estudio

La figura 5 muestra la correlación existente entre estado cognitivo (MEC) y desempeño de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria (Barthel y Lawton y Brody). En este aspecto, se observó una correlación estadísticamente positiva entre el Δ MEC y Δ Barthel ($r = 0,287$; $p = 0,010$) y Δ Lawton ($r = 0,319$; $p = 0,004$). En contraste, se encontró una correlación estadísticamente negativa entre Δ EADG y Δ Barthel ($r = -0,302$; $p = 0,007$) y Δ Lawton ($r = -0,441$; $p < 0,001$).

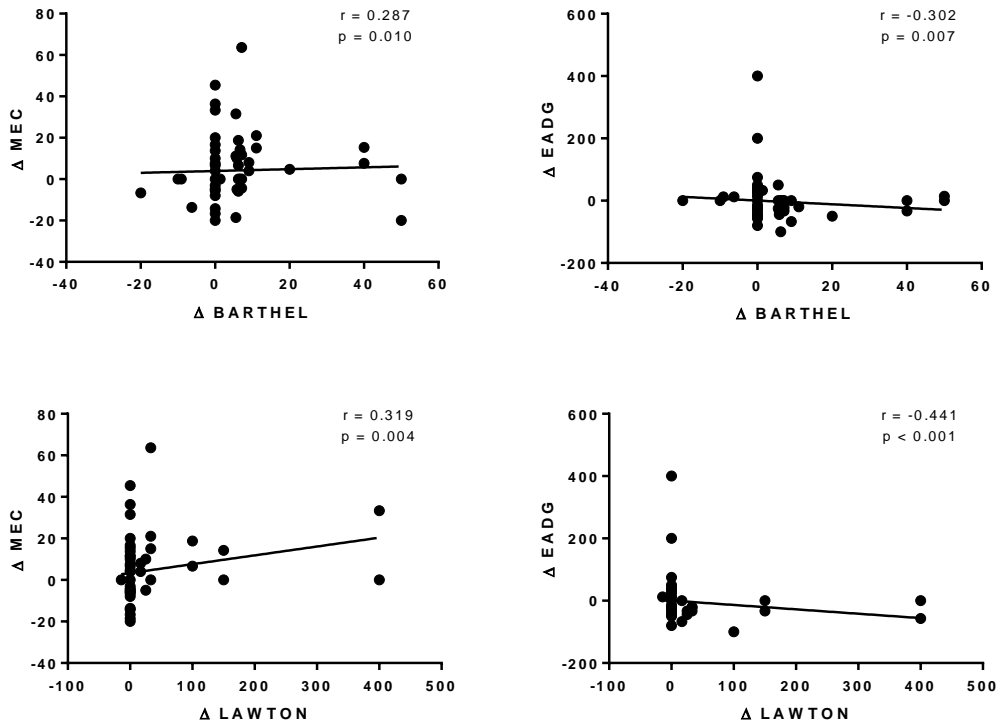


Figura 5. Correlación entre el estado cognitivo, psicológico y actividades básicas e instrumentales de la vida diaria.

7. DISCUSIÓN

Los resultados de esta tesis mostraron que, hombres y mujeres con una cantidad adecuada MMA ajustada por IMC obtuvieron mejores resultados en las pruebas de fuerza muscular y capacidad funcional. Sin embargo, no se pudo relacionar la osteoporosis y la obesidad con MMA e IMC. Además, los resultados probar que mediante un programa de rehabilitación basado en exergames, por un lado, disminuyeron los niveles de fragilidad, depresión, ansiedad, apatía y el riesgo de caída, y por otro, aumentaron la velocidad de la marcha, el equilibrio estático, los niveles de atención y la memoria. Además, se observó que existe una relación entre riesgo de caída y velocidad de la marcha, por lo que aumentando la velocidad de la marcha disminuye el riesgo de caída.

El eje central del trabajo se sitúa en el proceso envejecimiento, considerado como un fenómeno evolutivo, gradual y multidimensional, que, sin programas preventivos, se ve traducido en una alta prevalencia de limitaciones funcionales. Por consecuencia, estas limitaciones suponen un incremento del porcentaje de personas mayores en situación de dependencia e institucionalización.

Por lo tanto, esta tesis se propuso con el fin de detectar alteraciones en la composición corporal en el proceso de envejecimiento, así como analizar el impacto de un programa de rehabilitación basado en el uso de exergames como método para mejorar el estado físico, cognitivo, psicológico y funcional de las personas mayores. Para alcanzar dicho objetivo y conformar la tesis, se realizaron tres artículos, uno transversal y dos longitudinales.

En cuanto al estudio de tipo transversal, el resultado principal mostró que, aunque la osteoporosis y la obesidad no mostraron relación con la fuerza muscular y capacidad funcional, hombres y mujeres con una cantidad adecuada de MMA ajustada al IMC obtuvieron mejores resultados en las pruebas de fuerza muscular y capacidad funcional. A su vez, las mujeres obtuvieron también una mayor fuerza isométrica máxima del bíceps (kg) y un agarre máximo de la mano izquierda con mayor fuerza (kg) así como la mayor capacidad funcional medida por la prueba de flexión de brazos, el paso en el lugar, y la prueba de 8 pies arriba.

La baja masa muscular en personas mayores de 70 años no dependientes es una cuestión que ha sido poco investigada en estudios. Este hecho hace que sea difícil establecer comparaciones entre otras variables y muestras y, por lo tanto, establecer programas de rehabilitación. Aun así,

puede ser cierto que en personas independientes sobre la obesidad de 70 años y la osteoporosis no se relacionan con la capacidad funcional de las personas, aunque su masa muscular lo hace.

Aunque los cambios en la composición corporal son la consecuencia de un cambio fisiológico multifactorial, que se produce durante todo el proceso de envejecimiento incluso en personas sanas, el estilo de vida juega un papel particularmente relevante en la masa muscular, ósea y magra. Específicamente, la OMS aboga por la nutrición y la actividad física como factores que influyen en gran medida en la composición corporal de las personas mayores [117].

Por otro lado, las personas con osteoporosis han presentado puntuaciones ligeramente superiores en algunas pruebas de fuerza y capacidad funcional, que, con excepción de la fuerza isométrica del bíceps en el hombre, no fueron estadísticamente significativo. Esta mala asociación entre osteoporosis y fuerza muscular también se ha informado en otros estudios realizados en poblaciones de mayor edad y parece contradecir las recomendaciones para entrenar la fuerza para, disminuir la prevalencia de osteoporosis o para mejorar la mineralización ósea densidad [118]. Algunos estudios no encuentran diferencias en la fuerza entre los grupos con y sin osteoporosis, a pesar de encontrar una correlación entre la fuerza y la densidad mineral ósea [119]. Una posible explicación de estos resultados es que la densidad mineral ósea depende de múltiples factores, como la dieta, ingesta de calcio y vitamina D, absorción e incorporación de calcio o estrés mecánico óseo [120].

Numerosos estudios han demostrado que tanto la actividad física, preferiblemente a través acelerómetros y programas de entrenamiento específicos son capaces de revertir, al menos parcialmente, los cambios en composición corporal en personas mayores sedentarias y que, además, atrasan la aparición de los primeros síntomas de deterioro cognitivo [121-22]. Esto parece indicar que un estilo de vida activo preserva la masa muscular, grasa y ósea a niveles saludables [123-24]. Además, las personas físicamente activas tienen un menor riesgo de sufrir patologías asociadas a la composición corporal que aquellas otras con un estilo de vida sedentario [125], resultados similares a los obtenidos en este estudio.

En la misma línea y relacionado con la actividad física, el resultado principal después de la intervención con Wii Fit ® demuestra que mejoraron aspectos físicos como equilibrio, marcha y riesgo de caída, y aspectos cognitivos y psicológicos como memoria y depresión en las personas mayores. Además, se observó, que, efectivamente, existe una relación tanto entre el estado cognitivo y psicológico, así como una relación entre riesgo de caída, velocidad de la marcha y el SPPB. Por otro lado, en cuanto a la funcionalidad, también se mostró que el entrenamiento con Wii Fit ® disminuye los niveles de fragilidad y aumenta el desempeño de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria.

Relacionado con estos resultados, las caídas son uno de los síndromes geriátricos más incapacitantes, que es el resultado de un equilibrio deficiente y una disminución en la velocidad al caminar, todos los cuales son una consecuencia de la aparición de fragilidad [126].

En este sentido, un estudio analizó la prevalencia del síndrome de fragilidad y velocidad de marcha en la población mayor española, y se descartó la fragilidad cuando la velocidad al caminar era superior a 0,9 m / s [127-28]. En este estudio, el 42,6% de los participantes tenían una velocidad de marcha inferior a 0,8 metros / segundo (m/s), el 56,4% de los cuales tenían más de 75 años. Este grupo tenía un mayor riesgo de fragilidad (32,1%).

Por otro lado, en un estudio transversal, se estimó la prevalencia de fragilidad y los factores asociados a la misma, así como el equilibrio en pacientes mayores con diabetes mellitus tipo 2. La prevalencia del síndrome de fragilidad fue del 14,6% y la prueba de equilibrio mono podal indicó tiempos más cortos con la aparición de fragilidad ($r = 0,306$, $p < 0,001$) [128].

Numerosos estudios han demostrado que la actividad física a través de entrenamiento específico o programas de rehabilitación, como los programas de entrenamiento de resistencia o suspensión, promueven aumentos en la fase ángulo y fuerza de agarre en mujeres mayores [129-30]. Además, otra actividad física como son los programas de videoconsolas con juegos Wii® han demostrado ser capaces de revertir, al menos parcialmente, alteraciones físicas, como el equilibrio y la velocidad al caminar en personas mayores [105,117,118].

El efecto terapéutico de usar la plataforma Wii Fit ® en personas mayores de 75 años va en aumento, aunque el uso de la realidad virtual no es muy común en este grupo, siendo más frecuente en niños o adolescentes [134]. Por lo tanto, establecer comparaciones de los resultados de este estudio con las variables utilizadas en otros es más difícil.

En esta línea, Cicek et al. [130] comparó un programa de actividad física que consiste en una bicicleta ergométrica y cinta para correr con un programa de ejercicios utilizando el "Nintendo Wii Fit Más." Los resultados indicaron una mejora significativa en la prueba de equilibrio, escala de riesgo de caída y prueba de caminata de 10 metros mejorada en un grupo de de ancianos residentes en un asilo después de usar NintendoWii Fit Plus® durante 30 minutos dos veces por semana durante 8 semanas. Por lo tanto, los autores concluyeron que ambos programas demostraron una mejora significativa en todos los parámetros, y el programa basado en video (consola de juegos Wii®) fue más efectivo que la actividad física, especialmente en los parámetros de movilidad y equilibrio.

Asimismo, Manlapaz et al. [131] revisó 16 estudios, donde la efectividad del sistema de juego NintendoWii Fit™. Se presentaron protocolos para mejorar el equilibrio en adultos mayores sanos (71 y 85 años). Los resultados obtenidos de 491 participantes (69% mujeres) demostraron que el ejercicio Wii Fit® podrían ser una alternativa potencial para mejorar el equilibrio, proporcionando la seguridad necesaria.

Por otro lado, el declive cognitivo asociado a la edad no afecta de igual manera a todas las funciones cognitivas [132]. A pesar de los cambios cognitivos descritos, a medida que avanza la edad, la variabilidad en el rendimiento cognitivo está relacionada con múltiples factores [133]. La reducción de las funciones cognitivas está asociada a una pobre estimulación de estas mismas capacidades, por lo que los exergames proporcionan un ambiente que activa diferentes medios sensoriales [19].

Relacionado con los resultados hallados en este estudio, que demuestran una mejora en el estado cognitivo y psicológico de personas mayores, varias investigaciones [133-36] han demostrado que en un ambiente de alta estimulación, como el que ofrecen los exergames, se incrementan las habilidades ejecutivas como la velocidad de procesamiento de información, tiempo de reacción, aumento de la concentración, la atención, memoria de corto plazo, además de una disminución de los niveles de depresión, ansiedad y apatía.

En la misma línea, Santamaria et al., [135] mostraron mejoras significativas en la atención, aunque no en la concentración, tras 15 sesiones con el video juego Dance Dance Revolution en 27 personas adultas mayores (63,15 ± 5,79 años). Otro estudio llevado a cabo con adultos mayores con esquizofrenia crónica, tras 10 sesiones de intervención con videojuego de "Bolos"

obtuvieron un desempeño significativamente mejor que el grupo control en la función cognitiva general y en dos subescalas cognitivas como son la repetición y memoria. [45]

En relación con el estado psicológico, Chesler et al., [136] mostraron una clara disminución en los niveles de depresión experimentados y una mayor interacción social tras un programa de rehabilitación de 6 semanas de juegos Wii Fit ® en adultos mayores institucionalizados australianos. En cambio, un estudio llevado a cabo con 58 personas que vivían en una residencia obtuvo diferencias significativas en el aspecto físico, pero no obtuvo cambios significativos en los niveles de depresión tras un programa de ejercicios usando Nintendo Wii Fit Plus ® [135]. Esto hace ver que probablemente el cambio se deba al uso de un videojuego u otro, ya que en función del juego que se utilice, los procesos motivacionales de los participantes aumentan o no.

En esta línea, Jinhui Li et al. [137], mostraron un efecto positivo del uso de la plataforma Wii Fit ® sobre la depresión y apoyaron aún más el papel de mediación de las emociones positivas del uso de la WII en comparación con el ejercicio tradicional. Todo parece indicar que los exergames generaban emociones positivas más altas que el ejercicio tradicional, lo que reducía aún más la depresión por debajo del umbral entre los adultos mayores.

Los hallazgos de esta tesis deben considerarse dentro del contexto de sus limitaciones. Cabe señalar que la misma presenta una serie de limitaciones que afectarían la representatividad de la muestra y, por tanto, los resultados y conclusiones obtenidos. Es necesario proponer estudios con una muestra mayor y aleatoria, para fortalecer las hipótesis planteadas. Asimismo, la existencia de un número reducido de estudios sobre este tema dificulta contrastar los resultados obtenidos.

Este estudio se considera además factible y de bajo coste, puesto que los centros residenciales podrían afrontar el gasto de adquisición de una videoconsola y adaptar las sesiones y uso de herramienta a todos los perfiles de residentes. Por otro lado, es preciso recalcar que, aunque la temporalidad de las intervenciones no es baja, no es suficiente para mejorar de manera contundente todos los aspectos físicos, cognitivos, psicológicos y funcionales. Por lo cual es posible que al aumentar el número de sesiones se incrementarían las probabilidades de encontrar resultados más significativos y que estos se alarguen en el tiempo.

Por último, resaltar que el presente estudio ha mostrado la eficacia de una intervención basada en la ocupación significativa y propositiva, mediante el uso de la videoconsola Wii ®. Dicha herramienta aparte de potenciar los componentes físicos, cognitivos, psicológicos y funcionales crea gran entusiasmo en los participantes y, por ende, la capacidad de adherencia al tratamiento es sublime.

8. CONCLUSIONES

En los últimos años, la presencia de niveles desequilibrados de masa muscular, ósea y grasa se ha convertido en un problema de salud pública y podría convertirse en una epidemia mundial. Esta situación tiene implicaciones perjudiciales para el funcionamiento del músculo esquelético, siendo desconocidas las adaptaciones específicas por género y edad en la presencia de adiposidad y baja MMA.

Por lo que, se necesitan nuevas investigaciones para estudiar la posible relación entre el porcentaje de grasa corporal, activación del músculo agonista (utilizando la técnica de contracción interpolada) y coactivación del antagonista. (utilizando electromiografía de superficie) en ancianos con una cantidad baja de MMA ajustada para el IMC, según a su peso, y analizar su influencia en la fuerza y capacidad funcional. Por otro lado, también se cree necesario especificar los cambios fisiológicos a nivel neuronal y de los componentes musculares que se generan como consecuencia de la intervención realizada y, si es posible, establecer comparaciones con los cambios fisiológicos producidos por intervenciones tradicionales no farmacológica.

Por otro lado, la sociedad ha experimentado un aumento de la población mayor, por lo que promover la calidad de vida en la vejez es un desafío inmediato para las políticas sociales. Hacer del envejecimiento un proceso activo requiere estimulación, que se puede lograr a través de programas de rehabilitación con videoconsolas como la Nintendo Wii Fit®. Este dispositivo ha demostrado ser eficaz en centros residenciales de personas mayores, aumentando su atención y niveles de memoria, disminuyendo sus niveles de depresión, ansiedad y apatía y, por lo tanto, aumentar el desempeño de AVD, tanto básicas como instrumentales. Además, con un programa de intervención de ocho semanas, mejora la velocidad de la marcha, equilibrio estático, se reducen los riesgos de caídas y niveles de fragilidad en adultos mayores institucionalizados.

De esto modo, entendiendo el proceso de envejecimiento y los cambios en la composición corporal que ocurren durante este proceso, se podrán abordar todas las alteraciones que aparezcan en la esfera física, cognitiva, psicológica y funcional de las personas mayores mediante programas de rehabilitación. Estos programas de rehabilitación mediante la videoconsola Wii ®, presentan múltiples beneficios a un bajo coste.

Concluyendo y tomando en conjunto los resultados del estudio, se puede afirmar que son alentadores para continuar investigando en el campo de la realidad virtual con nuevos estudios.

Estos se podrían encaminar a corroborar los resultados obtenidos en esta investigación y al diseño de nuevas herramientas como videojuegos con objetivos terapéuticos en otras áreas de la rehabilitación humana.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mendoza V. Programa de maestría en Gerontología Social y Comunitaria. México: UNAM; **2002**.
2. Marcén, Y., López-Bernués, R., y Sieso, A.I. Efecto de dos protocolos de ejercicios en personas mayores de 65 años institucionalizadas. *Eur. J. investig. health psycho.* **2014**, 4(3), 215-224. 7.
3. Laforest J. Introducción a la Gerontología. Barcelona: Herder, **1991**. 9.
4. Gómez J, Curcio C. Valoración integral del anciano sano. Manizales: Artes Gráficas Tizan; **2002**, p.500.
5. Organización Mundial de la Salud. Organismos internacionales y envejecimiento 2009. [Internet] [acceso 10 de febrero de 2021]. Disponible en: http://traballo.xunta.es/export/sites/default/Biblioteca/Documentos/Publicacions/congreso_envelhecimento/congreso_envejecimiento_activo.pdf.
6. Fairweather, D. Aging as a biological phenomenon, *Rev Clin Gerontol.* **1991**.
7. Índice Global de Envejecimiento: AgeWatch 2015, Informe sobre Envejecimiento. Help Age Internacional [Sitio web]. 2015. [Citado 20 de marzo de 2021] Disponible en: Disponible en: <https://goo.gl/WpiRVT>.
8. United Nations. Population Division. World Population Ageing 1950-2050. 2002. Disponible en www.who.int.
9. Fundación "La Caixa". Anuario Social de España, 2004, p. 14. (Consultado el 28 de marzo de 2021) Disponible en <http://www.estudios.Lacaixa.es/anuariosocial>.
10. Evans RG, McGrail KM, Morgan SG, Barer SL, Hertzman C. Apocalypse no: population aging and the future of health care systems. *Can J Ageing.* **2001**, 20 (Suppl 1):160-91.
11. Imsero. Capítulo 2. Dependencia y discapacidad Las personas mayores en España. Datos estadísticos estatales y por comunidades Autónomas. Tomo II, Informe 2008. (Consultado 13 de marzo de 2021). Disponible en: <http://www.imsersomayores.csic.es/estadísticas/informemayores/informe2008>.

12. Palacios E, Abellán A. Diferentes estimaciones de la discapacidad y la dependencia en España: Madrid, Portal Mayores, Informes Portal Mayores, nº 56. (Fecha de publicación: 25/07/2006, versión 05). Disponible en: <http://www.imsersomayores/documentos/documentos/abellan-estimaciones-05.pdf>.
13. Libro blanco del envejecimiento activo. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). Secretaría General de Política Social y Consumo. Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, **2011**.
14. Castell MV, et al. Prevalencia de fragilidad en una población urbana de mayores de 65 años y su relación con comorbilidad y discapacidad. *Atenc. prim.* **2010**, 42 (10), 520-527.
15. Lesende, M., Gorroñoigoitia, A., Gómez, J., Cortés, J., Soler, P. El anciano frágil. Detección y manejo en atención primaria. *Atenc prim.*, **2010**. 42(7), 388-93.
16. Martín-Lesende I, López-Torres JD, de-Hoyos MC, Baena JM, Gorroñoigoitia A, Herreros Y. Detección e intervenciones en la persona mayor frágil en Atención Primaria. En: recomendaciones PAPPS (de la semFYC) **2014**. Disponible en: <http://www.papps.org/>.
17. Romero Rizo L, Abizanda Soler P. Fragilidad como predictor de episodios adversos en estudios epidemiológicos: revisión de la literatura. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* **2013**, 48(6), 285–289.
18. Abizanda P, Romero L, et al. Age, frailty, disability, institutionalization, multimorbidity or comorbidity. Which are the main targets in older adults? *J Nutr Health Aging*, **2014**.
19. Alfonso Silguero S A, et al. Enfermedad crónica, mortalidad, discapacidad y pérdida de movilidad en ancianos españoles: estudio FRADEA. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* **2014**,49(2),51–58.
20. Cánovas, C., Martín, A., Solsona, S. yChávez, F.Prevencción de la fragilidad: anciano frágil y actividad física. *Infogeriatría*, **2011**(1), 19-24.
21. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. *Documento consenso sobre fragilidad y caídas. Estrategia de promoción de la Salud prevención en el SNS*. Madrid, España: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad Centro de Publicaciones. **2014**.
22. García FJ, Gutiérrez G, Alfaro A, Amor MS, de los Ángeles M, Escribano MV. The prevalence of frailty syndrome in an older population from Spain. The Toledo study for healthy aging. *J Nutr Health Aging.* **2011**, 15 (10), 852-6.

23. Abizanda P, Romero L, Sánchez PM, Martínez M, Gomez LI, Alfonso S. Frailty and mortality, disability and mobility loss in a Spanish cohort of older adults: The FRADEA Study. *Maturitas*. **2013**,74,54-60.
24. Castell et al. Frailty prevalence and slow walking speed in persons age 65 and older: implications for primary care. *BMC Family Practice*. **2013**, 14:86.
25. Fernandez-Bolaños M, Otero A, Zunzunegui MV, Beland F, Alarcón T, De Hoyos C, et al. Sex differences in the prevalence of frailty in a population aged 75 and older in Spain. *J Am Geriatr Soc*. **2008**,56:2370-1.
26. Ferrer A, Formiga F, Plana-Ripoll O, Tobella MA, Gil A, Pujol R; Octabaix Study Group. Risk of falls in 85-year-olds is associated with functional and cognitive status: the Octabaix Study. *Arch Gerontol Geriatr*. **2012** ,54(2),352-6.
27. Formiga F, Ferrer A, Chivite D, Montero A, Sanz H, Pujol R; Octabaix Study Members. Utility of geriatric assessment to predict mortality in the oldest old: the Octabaix study 3-year follow-up. *Rejuvenation Res*. **2013**, 16(4),279-84.
28. Jürschik P, Escobar MA, Nuin C, Botigué T. Criterios de fragilidad del adulto mayor. Estudio piloto. *Atenc. Prim*. **2011**; 43 (4),190-6.
29. Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. **2001**,56,146–56.
30. Woods NF, LaCroix AZ, Gray SL, et al. Frailty: emergence and consequences in women aged 65 and older in the Women’s Health Initiative Observational Study. *J Am Geriatr Soc*. **2005**,53,1321–30.
31. Ensrud KE, Ewing SK, Cawthon PM, et al. A comparison of frailty indexes for the prediction of falls, disability, fractures, and mortality in older men. *JAmGeriatr Soc*. **2009**,57,492–8.
32. Clegg A, Young S, et al. Frailty in older people. *Lancet*. **2013**, 381 (9868),752- 762.
33. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Documento consenso sobre fragilidad y caídas. Estrategia de promoción de la Salud y Prevención en el SNS.Madrid, España: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad Centro de Publicaciones. 2016.

34. Abizanda P, Gómez-Pavón J, Martín-Lesende I, Baztán JJ. Detección y prevención de la fragilidad: una nueva perspectiva de prevención de la dependencia en las personas mayores. *Med Clin* **2010**, 135 (15), 713-9.
35. Hubbard, R. Lang, I., Llewellyn, D., Rockwood, K. Frailty, Body Mass Index, and abdominal Obesity in Older People. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* **2010**, 65, 377-81.
36. Delmonico, M., Harris, T., Visser, M., Park, S., Conroy, M., Velasquez, P. et al. Longitudinal study of muscle strength quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr.* **2009**, 90, 1579-85.
37. Nguyen TV, Sambrook PN, Eisman JA. Bone loss, physical activity, and weight change in elderly women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Miner Res.* **1998**, 13, 1458-67.
38. Bartali B, Frongillo EA, Bandinelli S, et al. Low nutrient intake is an essential component of frailty in older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* **2006**; 61,589-93.
39. Suárez-Carmona, W., Sánchez-Oliver Antonio. Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física. *Nutr Clin Med.* **2018**; XII (3), 128-139.
40. Pearson MB, Bassej EJ, Bendall MJ. Muscle strength and anthropometric indices in elderly men and women. *Age and ageing.* **1985**; 14:19-54.
41. Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45 to 78-year old men and women. *J Appl Physiol.* **1991**, 80,312-9.
42. Lord SR, Castell S. Physical activity program for older persons: effect on balance, strength, neuromuscular control and reaction time. *Arch Phys Med Rehab.* **1994**; 75,648-52.
43. Shepard RJ, Montelpare W, Pyley M, McCracken D, Goode RC: Handgrip dynamometry, cybex measurements and lean mass as markers of ageing of muscle function. *Br J Sport Med.* **1991**, 25,204-8.
44. Bassej EJ, Bendall MJ, Pearson M: Muscle strength in triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and woman over 65 year of age. *Clin Sci.* **1988**, 74,85-9.
45. Lord SR, Lloyd DG, Li SK: Sensory-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling woman. *Age Ageing.* **1996**; 25:292-9.

46. Carmelli D, McElroy MR, Rosenman RH. Longitudinal changes in fat distribution in the Western Collaborative Group Study: a 23-year follow-up. *Int J Obes* **1991**, 15,67-74.
47. Kotani K, Tokunaga K, Fujioka S, Kobatake T, Keno Y, Yoshida S, Shimomura I, Tarui S, Matsuzawa Y. Sexual dimorphism of age-related changes in whole-body fat distribution in the obese. *Int J Obes Relat Metab Disord* **1994**, 18, 207-2.
48. United Nations. World Population Prospects: The 2006 Revision 2008.
49. Raguso CA, Kyle U, Kossovsky MP, Roynette C, Paoloni-Giacobino A, Hans D, Genton L, Pichard C. A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: role of physical exercise. *Clin Nutr* **2006**, 25, 573-80.
50. Kyle UG, Genton L, Gremion G, Slosman DO, Pichard C. Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters. *Clin Nutr* **2004**, 23, 79-88.
51. Castañer, M., & Camerino, O. Manifestaciones básicas de la motricidad. Lleida: Publicaciones de la UdL-INEFC. **2006**.
52. Castañer, M., Andueza, J., Sánchez-Algarra, P., Anguera, M. T. Extending the analysis of motor skills in relation to performance and laterality. In O. Camerino; M. Castañer and M.T. Anguera, (Ed.). *Mixed Methods Research in the Movement Sciences: Cases in Sport, Physical Education and Dance*. **2012**. UK. Routledge.
53. OMS. (2012). Caídas. Nota descriptiva nº 344. Octubre 2012. Centro de prensa de la OMS. Pág.1.
54. García-Reyes, M., López-Torres, J., Villena, A., del Campo, J., Párraga, I., y Maldonado del Arco, N. Factores de riesgo de Caídas en ancianos. *Rev Clín de Med Fam*. **2007**. 2(1), 20-24.
55. Masud T, Morris RO. Epidemiology of falls. *Age Ageing*. **2001**,30 (Suppl 4):3-7.
56. Vu MQ, Weintraub N, Rubenstein LZ. Falls in the nursing home: are they preventable? *J Am Med Dir Assoc*. **2004**,5(6),401-6.
57. Gill TM, Allore HG, Holford TR, Guo Z. Hospitalization, restricted activity, and the development of disability among older persons. *JAMA*. **2004**,292(17),211524.

58. Stalenhoef PA, Crebolder HFJM, Knottnerus JA, Van der Horst FGEM. Incidence, risk factors and consequences of falls among elderly subjects living in the community. A criteria-based analysis. *Eur J Public Health*. **1997**,7(3),328-34.
59. Raj A. Depression in the elderly. *J Postgrad Med*. **2004**,115(6),26-42.
60. Santillana-Hernández SP, Alvarado-Moctezuma LE. Depresión en población adulta mayor. *Rev Med IMSS*. **1999**,37(2),111-15.
61. Alfaro A, Acuña MM. Depresión en la atención primaria en adultos añosos. *Gerontol Geriatr* **2000**,2(3),18-21.
62. Gallo JJ, Rabins PV. Depression without sadness: alternative presentations of depression in late life. *Am Fam Physician* **1999**,60(3),820-826.
63. Heinze G, Escalante CA, Ferendez L, Galli E, León C, Moreno RA, et al. The coexistence of depression and anxiety. *Salud Mental*. **1999**,22(3),1-4.
64. Johnson, D. K., Storandt, M., Morris, J. C., Galvin, J.E.. Longitudinal study of the transition from healthy aging to Alzheimer disease. *Archives of Neurology* **2009**,66, 1254-1259.
65. Rabbitt, P. y Lowe, C.. Patterns of cognitive ageing. *Psychological Research*, **2000**,63, 308-316.
66. Viramonte, M. Comprensión lectora. Dificultades estratégicas en resolución de preguntas inferenciales. *Ediciones Colihue*. **2000**. Buenos Aires (Argentina).
67. Banyard, P. Introducción a los procesos cognitivos. Editorial Ariel. **1995**. Barcelona.
68. Dewey, M. E., y Prince, M. J. Cognitive Function. En A. Börsch-Supan, A. Brugiavini, H. Jürges, J. Mackenbach, J. Siegrist y G. Weber (Eds.), *Health, ageing and retirement in Europe. First results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe*, **2005**, 118-125. Mannheim: Mannheim Research Institute for the Economics of Aging (MEA).
- 69.** First MB, Frances A, Alan H. Manual de diagnóstico diferencial del DSM-IV. Barcelona: Masson, **1996**.
70. Romero Ayuso, D.M. Actividades de la Vida Diaria. *Anales de Psicología*, **2007**, 23 (2), 264-271.

71. Moruno, P. Definición y clasificación de las actividades de la vida diaria. En P. Moruno y D. Romero (Eds.). *Actividades de la vida diaria*. **2006**. Barcelona: Masson
72. Reed, K. L., Sanderson, S. *Concepts of Occupational Therapy*. Baltimore: Williams & Wilkins. **1980**.
73. Hombres, envejecimiento y salud. Unidad del envejecimiento y el curso de la vida. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, **2001**.
74. Rockwood K, Middleton L. Physical activity and the maintenance of cognitive Function. *Alzheimer's Dementia*. **2007**,3,38-44.
75. Clegg A, Young S, et al. Frailty in older people. *Lancet*. **2013**, 381 (9868):752- 762.
76. Windle,G., Hughes,D., Linck,P., Russell,I., & Woods,B. Is exercise effective in promoting mental well-being in older age? A systematic review. *Aging & Mental Health*, **2010**, 14(6), 652-669.
77. Ben-Sadoun, G., Sacco, G., Manera, V., Bourgeois, J., König, A., Foulon, P., Robert, P.). Physical and Cognitive Stimulation Using an Exergame in Subjects with Normal Aging, Mild and Moderate Cognitive Impairment. *J Alzheimers Dis*. **2016**, 53(4),1299-314. doi: 10.3233/JAD-160268.
78. Parra, J. C.; García, R. & Santelices, I. *Introducción Práctica a la Realidad Virtual*. Concepción, Ediciones Universidad del Bío Bío, 2001. pp.3-4, 53-64.
79. Burdea, G., Coiffet, P. *Tecnologías de la realidad virtual*, Paidós, Barcelona, **1996**,429.
80. Yildirim, C. Don't make me sick: investigating the incidence of cybersickness in commercial virtual reality headsets. *Virtual Reality* **2020**, 24, 231–239.
81. Aquaro N, Mancuso G, Ripamonti L. Video games and elders: A new path in LCT?. En: *Digital Human Modeling, Third International Conference*. Orlando: Springer 2011. pp. 245-254.
82. Saffer D. *Designing Gestural Interfaces*. 1a. ed. BeijingCambridge: O'Really Media; **2009**.
83. Matthew J D Taylor, Darren M. Activity-promoting gaming system in exercise and rehabilitation. *J Rehabil Res Dev* .**2011**,48(10),1171-1186.

84. Shih CH. A standing location detector enabling people with developmental disabilities to control environmental stimulation through simple physical activities with Nintendo Wii Balance Boards. *Res Dev Disabil.* **2011**, 3, 699-704.
85. White K, Schofield G, Kilding AE. Energy expended by boys playing active video games. *J Sci Med Sport.* 2011; 4, 130-134.
86. R. R. Palacio, et al., "Towards Videogame Design Guidelines to promote significant Leisure Activities in Mexican Older Adults," presented at the Proceedings of the 4th Mexican Conference on HumanComputer Interaction- International Conference on Human-Computer Interaction, 2012.
87. De Stefano, F.; Zambon, S.; Giacometti, L.; Sergi, G.; Corti, M.C.; Manzato, E.; Busetto, L. Obesity, muscular strength, muscle composition and physical performance in an elderly population. *J. Nutr. Health Aging* **2015**, 19, 785–791.
88. Sánchez Padilla LM, González Pérez U, Alerm González A, Bacallao Gallestey J. Calidad de vida psíquica y estado de salud física en el adulto mayor. *Rev. habanera cienc. Médi.* **2014**,13(2), 337- 342.
89. Van Diest M, Stegenga J, Wörtche HJ, Verkerke GJ, Postem K, Lamoth CJC. Exergames for unsupervised balance training at home: A pilot study in healthy older adults. *Gait & Posture.* **2015**, 44(1), 161-167.
90. Sanchez, M., Correa, P.C., Lourenço, R. Cross-cultural adaptation of the functional activities questionnaire (FAQ) for use in Brazil. *Demen Neuropsychol.* **2011**, 5 (4), 322–7.
91. Guehne, U., Angermeyer, M., Riedel-Heller, S. ¿La mortalidad aumenta en los individuos con deterioro cognitivo leve? Una revisión sistemática de la literatura. *Dementia Geriatr. Cognit. Desorden.* **2006**, 21(5), 403-10.
92. Jergas M, Genant HK. Spinal and femoral DXA for the assessment of spinal osteoporosis. *Calcif Tissue Int* **1997**, 61,351-357.
93. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60–94. *J. Aging Phys. Act.* **1999**, 7, 161–181.
94. Marsall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *Br Med J.* **1996**, 312, 1254-1259.

95. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist* **2013**, *53*, 255–267.
96. Debra, J. Equilibrio y Movilidad con Personas Mayore, 2nd ed.; Editorial Paidotribo: Badalona, Spain, **2014**.
97. Berg, K.; Wood-Dauphinée, S.; Williams, J.I.; Gayton, D. Measuring Balance in the Elderly: Preliminary Development of an Instrument. *Physiother. Can.* **1989**, *41*, 304–311.
98. Shumway-Cook, A.; Baldwin, M.; Polissar, N.L.; Gruber, W. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults. *Phys. Ther.* **1997**, *77*, 812–819.
99. Phelan, E.; Mahoney, J.; Voit, J.; Stevens, J. Assessment and Management of Fall Risk in Primary Care Settings. *Med. Clin. N. Am.* **2015**, *99*, 281–293.
100. Downton, J.H. Falls in the Elderly, 1st ed.; Edward Arnold: London, UK, 1993.
101. Vasunilashorn, S.; Coppin, A.K.; Patel, K.V.; Lauretani, F.; Ferrucci, L.; Bandinelli, S.; Guralnik, J.M. Use of the Short Physical Performance Battery Score to predict loss of ability to walk 400 meters: Analysis from the InCHIANTI study. *J. Gerontol. Ser. A Biomed. Sci. Med. Sci.* **2009**, *64*, 223–229.
102. Katz, S.; Ford, A.B.; Moskowitz, R.W.; Jackson, B.A.; Jaffe, M.W. Studies of illness in the age: The index of adl, a standardized measure of biological and psychosocial function. *JAMA* **1963**, *185*, 914–919.
103. Silva, G.D.S.F.D.; Bergamaschine, R.; Rosa, M.; Melo, C.; Miranda, R.; Filho, M.B. Avaliação do nível de atividade física de estudantes de graduação das áreas saúde/biológica. *Rev. Bras. Med. Esporte* **2007**, *13*, 39–42.
104. Mahoney, F.I.; Barthel, D.W. Functional evaluation: The Barthel Index. *Md. State Med. J.* **1965**, *14*, 61–65.
105. Hartigan, I. A comparative review of the Katz ADL and the Barthel Index in assessing the activities of daily living of older people. *Int. J. Older People Nurs.* **2007**, *2*, 204–212.
106. Lawton, M.P.; Brody, E.M. Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* **1969**, *9*, 179–186.
107. Fried, L.; Tangen, C.; Walston, J.; Newman, A.; Hirsch, C.; Gottdiener, J.; Seeman, T.; Tracy, R.; Kop, W.J.; Burke, G.; et al. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* **2001**, *56*, 146–156.

- 108.Huded, C.; Huded, J.M.; Friedman, J.L. Frailty Status and Outcomes after Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Am. J. Cardiol.*
- 109.Folstein, M.F.; Folstein, S.E.; McHugh, P.R. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J. Psychiatry Res.* **1975**, 12, 189–198.
- 110.López, J.; Martí, A. Instituto de Medicina Legal de Cataluña, Mini-examen cognoscitivo (MCE). *Rev. Esp. Med. Leg.* **2011**, 37, 122–127.
- 111.Reisberg, B.; Ferris, S.; Franssen, E. An ordinal functional assessment tool for Alzheimer’s-type dementia. *Psychiatry Serv.* **1985**,36, 593–595.
- 112.Strauss, E.; Sperry, S. An informant-based assessment of apathy in Alzheimer disease. *Cogn. Behav. Neurol.* **2002**, 15, 176–183.
- 113.Incalzi, R.A.; Cesari, M.; Pedone, C.; Carbonin, P.U. Construct validity of the 15-Item geriatric depression scale in older medical inpatients. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.* **2003**, 16, 23–28.
114. Gómez, C.; Campo, A. Escala de yesavage para depresión geriátrica (GDS-15 y GDS-5): Estudio de la consistencia Interna y estructura factorial. *Univ. Psychol.* **2011**, 10, 735–743.
- 115.Goldberg, D.; Bridges, K.; Duncan-Jones, P.; Grayson, D. Detecting anxiety and depression in general medical settings. *BMJ* **1988**, 297, 897–899.
- 116.Ferguson, C.J. An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. *Prof. Psychol. Res. Pract.* **2009**, 40, 532–538.
- 117.Park, H.S.; Lim, J.S.; Lim, S.K. Determinants of Bone Mass and Insulin Resistance in Korean Postmenopausal Women: Muscle Area, Strength, or Composition? *Yonsei Med. J.* **2019**, 60, 742–750.
- 118.Singh, H.; Kim, D.; Bembem, M.G.; Bembem, D.A. Relationship between Muscle Performance and DXA-Derived Bone Parameters in Community-Dwelling Older Adults. *J. Musculoskelet Neuronal Interact.* **2017**, 17, 50–58.
- 119.Parveen, B.; Parveen, A.; Vohora, D. Biomarkers of Osteoporosis: An Update. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets.* **2019**, 19, 895–912.
- 120..Salvà, A.; Serra-Rexach, J.; Artaza, I.; Formiga, F.; Rojano-i-Luque, X.; Cuesta, F.; López-Soto, A.; Masanés, F. Laprevalencia de sarcopenia en residencias de España: Comparación

- de los resultados del estudio multicéntrico ELLI con otras poblaciones. *Rev. Esp. Geriatr. Gerontol.* **2016**, 51, 260–264.
121. Hamer, M.; Ingle, L.; Carroll, S.; Stamatakis, E. Physical activity and cardiovascular mortality risk: Possible protective mechanisms? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2011**, 44, 84–88.
122. Lauretani, F.; Russo, C.R.; Bandinelli, S.; Bartali, B.; Cavazzini, C.; Di-Iorio, A.; Corsi, A.M.; Rantanen, T. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* **2003**, 95, 1851–1860.
123. García-Guajardo, V.; de-Arruda, M.; Arámguiz-Aburto, H.; Rojas-Díaz, S.; García-Krauss, P. Características antropométricas, composición corporal, somatotipo y rendimiento anaeróbico y aeróbico de mujeres juveniles baloncestistas chilenas. *Educación Física Deporte* **2010**, 29, 255–265.
124. Manchester, D.; Woollacott, M.; Zederdauer-Hylton, N.; Marin, O. Visual, Vestibular and Somatosensory Contributions to Balance Control in the Older adult. *J. Am. Geriatr. Soc.* **1989**, 44, 118–127.
125. Castell, M.V.; Sánchez, M.; Julián, R.; Queipo, R.; Martín, S.; Otero, A. Frailty Prevalence and Slow Walking Speed in Persons Age 65 and Older: Implications for Primary Care. *BMC Fam. Pract.* **2013**, 14, 86.
126. Casals, C.; Casals, J.L.; Suárez, E.; Aguilar, M.P.; Estébanez, F.M.; Vázquez, M.A. Frailty in Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus and its Relation with Glucemic Control, Lipid Profile, Blood Pressure, Balance, Disability Grade and Nutritional Status. *Nutr. Hosp.* **2019**, 35, 820–826.
127. Campa, F.; Silva, A.M.; Toselli, S. Changes in Phase Angle and Handgrip Strength Induced by Suspension Training in Older Women. *Int. J. Sports Med.* **2018**, 39, 442–449.
128. Dos Santos, L.; Ribeiro, A.S.; Nunes, J.P.; Tomeleri, C.M.; Nabuco, H.; Nascimento, M.A.; Sugihara Junior, P.; Fernandes, R.R.; Campa, F.; Toselli, S.; et al. Effects of Pyramid Resistance-Training System with Different Repetition Zones on Cardiovascular Risk Factors in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, 17, 6115.
129. Yagüe, M.P.; Yagüe, M.M.; Lekuona, A.; Sanz, M.C. Los Videojuegos en el Tratamiento Fisioterápico de la Parálisis Cerebral. *Fisioterapia* **2016**, 38, 295–302.




130. Cinek, A.; Razak, A.; Tarakci, E. Interactive Video Game-Based Approaches Improve Mobility and Mood in Older Adults: A Nonrandomized, Controlled Trial. *J. Bodyw. Mov. Ther.* **2020**, 24, 252–259.
131. Manlapaz, D.; Jayakarany, P.; Chapple, C.; Sole, G. A Narrative Synthesis of Nintendo Wii Fit Gaming Protocol in Addressing Balance among Healthy Older Adults: What System Works? *Games Health J.* **2017**, 6, 65–74.
132. Adcock, M.; Fankhauser, M.; Post, J.; Lutz, K.; Zizlsperger, L.; Luft, A.R.; Guimarães, V.; Schättin, A.; De Bruin, E.D. Effects of an in-home multicomponent exergame training on physical functions, cognition, and brain volume of older adults: A randomized controlled trial. *Front. Med.* **2020**, 6, 321.
133. Wiloth, S.; Lemke, N.; Werner, C.; Hauer, K. Validation of a computerized, game-based assessment strategy to measure training effects on motor-cognitive functions in people with dementia. *JMIR Serious Games* **2016**, 4, e12.
134. Van Santen, J.; Dröes, R.-M.; Holstege, M.; Henkemans, O.B.; Van Rijn, A.; De Vries, R.; Van Straten, A.; Meiland, F. Effects of exergaming in people with dementia: Results of a systematic literature review. *J. Alzheimer's Dis.* **2018**, 63, 741–760.
135. Santamaría, K.G.; Fonseca, A.S.; Moncada Jiménez, J.; Solano Mora, L.C. Balance, attention and concentration improvement following an exergame training program in elderly. *Retos* **2017**, 33, 102–105.
136. Chesler, J.; McLaren, S.; Klein, B.; Watson, S. The effects of playing Nintendo Wii on depression, sense of belonging and social support in Australian aged care residents: A protocol study of a mixed methods intervention trial. *BMC Geriatr.* **2015**, 15, 106.
137. Li, J.; Theng, Y.-L.; Foo, S.; Xu, X. Exergames vs. traditional exercise: Investigating the influencing mechanism of platform effect on subthreshold depression among older adults. *Aging Ment. Health* **2017**, 22, 1634–1641.

10. ARTICULOS ORIGINALES QUE CONFORMAN LA TESIS DOCTORAL



Article

Relationship of Body Composition with the Strength and Functional Capacity of People over 70 Years

Fredy Alonso Patiño-Villada ¹, Jerónimo J González-Bernal ^{2,*}, Josefa González-Santos ^{2,*}, José Antonio de Paz ³, Maha Jahouh ², Juan Mielgo-Ayuso ⁴, Ena Monserrat Romero-Pérez ⁵ and Raúl Soto-Cámara ²   

¹ University Institute of Physical Education and Sports, University of Antioquia, 76270 Antioquia, Colombia; fredpa18@hotmail.com

² Department of Health Sciences, University of Burgos, 09001 Burgos, Spain; mjx0002@alu.ubu.es (M.J.); rscamara@ubu.es (R.S.-C.)

³ Institute of Biomedicine, University of León, 24071 León, Spain; japazf@unileon.es

⁴ Department of Biochemistry, Molecular Biology and Physiology, Faculty of Health Sciences, University of Valladolid, 42004 Soria, Spain; juanfrancisco.mielgo@uva.es

⁵ Department of Sports and Physical Activity Sciences, University of Sonora, 83067 Sonora, Mexico; ena.romero@unison.mx

* Correspondence: jejavier@ubu.es (J.J.G.-B.); mjgonzalez@ubu.es (J.G.-S.)

Received: 4 October 2020; Accepted: 21 October 2020; Published: 23 October 2020



Abstract: Background: Aging is a multifactorial physiological phenomenon, in which a series of changes in the body composition occur, such as a decrease in muscle mass and bone mineral density and an increase in fat mass. This study aimed to determine the relationship of muscle mass, osteoporosis, and obesity with the strength and functional capacity of non-dependent people over 70 years of age. Methods: A cross-sectional study was designed, whose study population was all people aged over 70 years, living independently and attending academic and recreational programs. Muscle strength and functional capacity of the participants were assessed by isometric exercises of lower and upper limbs and by four tests taken from the Senior Fitness Test, respectively. Bone mineral density, total mass, fat mass, total lean mass, arms lean mass, legs lean mass, and appendicular lean mass (ALM) was calculated by dual energy X-ray absorptiometry. Differences in muscle strength and functional capacity, according to the sex, muscle mass, mineral bone density and fat mass, were measured by χ^2 test, independent samples Student's t-test, analysis of covariance and a 2-factor analysis of covariance; Results: 143 subjects were included in the study group. Men and women with an adequate amount of ALM adjusted for body mass index (BMI) had a maximal dynamic biceps strength in a single repetition, a maximal isometric leg extension strength, a maximal dynamic leg extension strength in a single repetition, a maximum right hand grip strength and maximum hand grip strength (the highest). Significantly higher values were observed in the maximal isometric biceps' strength in men with osteoporosis. Obese men had less isometric strength in the biceps and took longer to perform the chair stand test; Conclusions: Men and women with an adequate amount of ALM adjusted for BMI obtained better results in tests of muscle strength and functional capacity. However, osteoporosis and obesity are not related to these parameters.

Keywords: muscle power; functional fitness; muscle mass; fat mass; bone mass; elderly; Spain

1. Introduction

Aging is a complex multifactorial biological phenomenon. It generates changes in body composition [1], including a decrease in muscle and bone mass and bone mineral density and

an increase in fat mass [2], which produce a variety of physiological consequences on health [3]. Further, early in, these changes in body composition are associated with a loss of muscle strength, which can affect the functional status of the elderly and their quality of life, causing the loss of their independence [4] and, therefore, they may end up going to residential centers [5]. In this sense, muscle strength is excellent parameter for predicting independence and mobility in the elderly [6,7]. Decreased muscle strength are associated with overall strength, gait, and balance problems that increase the risk of falls [8,9]. Therefore, the measurement of muscle strength can be used to visualize the ability of the elderly to live independently. Likewise, functional status and disability are components that are related to the progression of the aging process [10].

Low levels of muscle strength, activity, or functionality has been associated with reduced levels of muscle mass and an increased risk of morbidity and mortality [11]. Loss of muscle mass can affect functional capacity, due to a positive association between muscle mass and function of the lower limb [2,6] and negative with, the difficulties in activities of daily living, the risk of using a walking stick or a walker and the history of previous falls [12].

Although a correlation between muscle strength and bone mineral density has been observed in women with early menopause [13], there is conflicting evidence on the relationship between decreased muscle strength indicated by isometric and isokinetic tests and decreasing levels of bone mineral density [14–16]. In this line, some studies have reported little or no association between these factors [2]. However, other studies have shown a strong concomitant decline in muscle strength and bone mineral density during old age, suggesting that these levels are closely and progressively related to the physiology of advanced age [7]. The loss of bone mass is a powerful risk factor for fragility fractures that, in turn, cause loss of functional capacity, dependence and an increased risk of institutionalization [7]. Therefore, determining the relationship between isometric and isokinetic muscle strength and the decline in bone mineral density at an individual's age is critical for the prevention of osteoporosis, suggesting that early initiation of preventive care should start at the beginning of muscle deterioration, even before a significant loss of bone mineral density [17–19].

On the other hand, obesity is associated with functional limitations in muscle performance and with a greater probability of developing a functional disability in mobility, strength, posture or dynamic balance [20]. Although most studies agree that absolute strength is higher in obese compared to non-obese adults, strength is lower when it is normalized to weight [21]. This may be due to a higher state of systemic inflammation [22] and to the inability to regenerate skeletal muscle in the obese individuals [23]. However, the association between strength and obesity is not very clear in old people. As in most developed countries, in Spain the number of people over 70 years has increased considerably lately [24]. Considering that changes in body composition during aging are related to muscle strength and negatively influence the functionality and well-being of older people [25,26], accurate information is required to link both variables in order to propose different preventive programs. The objective of these programs will be to ensure the best possible body composition in older people that allows them to live independently without the need for institutionalization. Therefore, this study aimed to determine the relationship of muscle mass, osteoporosis and obesity with the strength and functional capacity of non-dependent people over 70 years of age.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design-Participants

A cross-sectional study was designed, whose study population was all people aged over 70 years, residing in Leon (Spain) and living independently, who attended academic and recreational programs from three community centers in Leon. Exclusion criteria were: Cognitive impairment, heart failure (grades II–IV), ischemic heart disease, and uncontrolled musculoskeletal problems that would prevent the completion of the tests.

2.2. Procedure-Data Collection

Academic and recreational programs, developed in three community centers, were used to recruit the participants. In academic programs, the participants were enrolled in activities not regulated in the university process, specifically aimed at older people; while in recreational programs, leisure and free time activities, not related to exercise or sport, were carried out. All possible participants of the study, who met the inclusion criteria, were referred by the center physicians. Participants were selected by a non-probabilistic convenience sampling. Prior to starting the study, informative meetings were held, in which the objective and methodology of the study as well as its voluntary nature were explained to them. They were invited to participate in the study, having to give their written informed consent in case of acceptance.

Before starting the assessments, participants filled out the Physical Activity Readiness Questionnaire [27]. If any of the answers were “yes”, a doctor was consulted to make sure there were no problems to do the exercises. The participants visited the laboratory on three occasions. On the first occasion, the clinical history and densitometry were taken, followed by a familiarization session (submaximum) with the instruments and procedures for strength evaluation. The strength evaluation was carried out by the same evaluators during the second and third visit, with an interval of 3 to 5 days, following a previously established chronological order. The approximate duration of each session was 45-50 min per subject. These sessions were held in facilities with good lighting, ventilation and free from distractions, where facilities where the necessary measuring instruments and machines were available.

Ethical approval was obtained from the Bioethics Committee of the University of León (Spain) (Reference ULE-032-2015) and the study respected the principles of the Declaration of Helsinki.

2.3. Main Outcomes-Instrument

The muscle strength and the functional capacity of the participants were the main outcomes from the study. Functional performance was assessed according to four tests taken from the Senior Fitness Test – arm curl, chair stand, step in place, and 8 foot up and go – which have been validated for the evaluation of functional fitness in older adults [28–31]. Isometric hand grip strength of both the dominant and the non-dominant side were performed with each subject sitting, the shoulder at 90° and the elbow in full extension using a Jamar dynamometer (Promedics, Blackburn, UK). Two trials for each hand were performed and the highest value of the strongest hand was used in the analyses. Maximum voluntary isometric strength of quadriceps was measured for both legs using a load cell (Globus Ergo System, software IsoMetric 20.40 Test, Codognè Italy) in a leg extension machine (BH Fitness Nevada Pro-T, Madrid, Spain). On command, the subject performed an isometric quadriceps extension (as fast as possible) at 90° of knee flexion during five seconds. Two trials were performed; the highest result of the quadriceps strength was used.

Other data collected were age, gender, bone mineral density and body composition. The last two variables were assessed by dual energy X-ray absorptiometry (Lunar Prodigy-GE, Software Encore 2009® version 12.1-, Diegem, Belgium). Total mass, fat mass, total lean mass, arms lean mass, legs lean mass, and appendicular lean mass (ALM) measured in kilograms (kg) were obtained for each participant. Height was measured in centimeters (cm) once by using a body meter (SECA Model 208), which has an accuracy of up to 0.05 cm. Low muscle mass was defined according to ALM adjusted for body mass index (BMI) as a threshold of 7.26 kg/m² for men and 5.50 kg/m² for women [12]. Obesity and osteoporosis was defined according to international standards [32,33]

2.4. Statistical Analysis

Descriptive analyses were conducted to describe the sample. Categorical variables were expressed as absolute frequencies and percentages, while the continuous variables were expressed in terms of mean and standard deviation (SD). The compliance of the normality criteria of the quantitative

variables was assessed by Kolmogorov-Smirnov test. Differences between men and women in muscle strength and functional capacity, according to the amount of ALM adjusted for BMI, the presence or not of osteoporosis and the body fat percentage, were measured by χ^2 test. On the other hand, the association between anthropometric and body composition variables in men and women was assessed using independent samples Student's t-test. The mean levels of physical tests of men and women were compared according to the amount of ALM adjusted for BMI, the presence or not of osteoporosis and the body fat percentage, using an analysis of covariance. In addition, with the aim of knowing if sex was a determining factor in each of the categories, a 2-factor analysis of covariance (study categories x sex) was performed, adjusting all analyzes by age. Effect sizes were calculated using partial eta squared ($\eta^2 p$) and interpreted according to the following criteria: If $0 \leq \eta^2 p < 0.05$, there is no effect; if $0.05 \leq \eta^2 p < 0.26$, the effect is minimal; if $0.26 \leq \eta^2 p < 0.64$, the effect is moderate; and if $\eta^2 p \geq 0.64$, the effect is strong. For the analysis of statistical significance, a value of $p < 0.05$ was established. Statistical analysis was performed with SPSS version 25 software (IBM-Inc, Chicago, IL, USA).

3. Results

The number of subject, who met the eligibility criteria and voluntarily agreed to participate in the study, was 143. The sample consisted of 94 women, whose age, weight and height mean was 75.14 years (SD \pm 3.85), 63.43 kg (SD \pm 9.36), and 152.21 cm (SD \pm 5.74), respectively. The age, weight, and height mean of the 49 men included was 74.84 years (SD \pm 3.84), 76.42 kg (SD \pm 10.88) and 165.84 cm (SD \pm 6.86) respectively.

The data on body composition, distribution of weakness (muscle mass), osteoporosis and obesity of the sample, according to sex, are shown in Table 1. Men presented values of total lean mass (kg), ALM (kg), ALM adjusted for BMI, bone mass (kg), femoral neck and lumbar spine bone mineral density (g/cm²), femur neck, and lumbar spine T-score higher than women, being this differences statistically significant ($p < 0.05$). However, women obtained statistically higher values ($p < 0.05$) than men in fat mass (kg), fat mass (%), and femur neck and lumbar spine Z-score. In the total sample there was a statistically greater distribution ($p < 0.05$) of obese, people with adequate lean mass based on ALM adjusted for BMI and people without osteoporosis.

[Table 1. Descriptive characteristics of sample.

-	Total (n = 143)	Female (n = 94)	Male (n = 49)	p-Value
Body Mass Index (BMI) (kg/m ²)	27.51 \pm 3.57	27.41 \pm 3.93	27.71 \pm 2.79	0.633 [#]
Total lean mass (kg)	42.14 \pm 8.42	36.93 \pm 3.48	52.13 \pm 5.59	<0.001 [#]
Appendicular lean mass (ALM) (kg)	17.64 \pm 3.92	15.26 \pm 1.72	22.23 \pm 2.66	<0.001 [#]
ALM adjusted for BMI (ALM/BMI)	0.65 \pm 0.14	0.56 \pm 0.08	0.81 \pm 0.09	<0.001 [#]
Fat mass (kg)	23.41 \pm 7.20	24.45 \pm 7.20	21.44 \pm 6.86	0.017 [#]
Fat mass (%)	34.31 \pm 7.093	37.83 \pm 6.54	27.54 \pm 5.65	<0.001 [#]
Bone mass (kg)	2.29 \pm 0.50	2.01 \pm 0.32	2.82 \pm 0.34	<0.001 [#]
Femoral neck bone mineral density (g/cm ²)	0.82 \pm 0.11	0.79 \pm 0.10	0.87 \pm 0.11	<0.001 [#]
Lumbar spine bone mineral density (g/cm ²)	1.03 \pm 0.16	0.98 \pm 0.15	1.12 \pm 0.15	<0.001 [#]
Femur neck T-score	-1.56 \pm 0.84	-1.58 \pm 0.84	-1.53 \pm 0.83	0.713 [#]
Lumbar spine T-score	-1.39 \pm 1.30	-1.68 \pm 1.25	-0.83 \pm 1.23	<0.001 [#]
Femur neck Z-score	0.15 \pm 0.79	0.23 \pm 0.79	-0.01 \pm 0.78	0.085 [#]
Lumbar spine Z-score	0.24 \pm 1.30	0.51 \pm 1.21	-0.29 \pm 1.31	<0.001 [#]
Lean mass based on ALM adjusted for BMI (n (%))				
• Low	49 (34.3)	27 (28.7)	22 (44.9)	
• Adequate	94 (65.7)	67 (71.3)	27 (55.1)	<0.001 ^{&}
Osteoporosis status (n (%))				
• No	102 (71.3)	62 (66.0)	40 (81.6)	
• Yes	41 (28.7)	32 (34.0)	9 (18.4)	<0.001 ^{&}
Obesity according body fat percentage (n (%))				
• Obese	107 (74.8)	75 (79.8)	32 (65.3)	
• Normal	36 (25.2)	19 (20.2)	17 (34.7)	<0.001 ^{&}

Data are mean \pm standard deviation; [#] p-value from one-way analysis of covariance; [&] p-value from χ^2 test; $p < 0.05$ indicates statistical significance.

When analyzing the relationship of muscle strength and functional capacity with the amount of the ALM adjusted for BMI, it was observed that both men and women with an adequate amount had a maximal dynamic biceps strength in a single repetition (kg), a maximal isometric leg extension strength (kg), a maximal dynamic leg extension strength in a single repetition (kg), a maximum right hand grip strength (kg), and maximum hand grip strength (the highest). For their part, women with an adequate amount also had a maximal isometric biceps strength (kg) ($p < 0.001$) and a maximum left hand grip force (kg) ($p \leq 0.001$), as well as the best functional capacity measured by the arm curl test (repetition) ($p < 0.001$), the step-in-place (steps) ($p = 0.043$), and the 8 foot up and go test (s) ($p = 0.003$). The behavior of the arm curl test was different between categories and sexes ($p = 0.018$; $\eta^2 p = 0.040$) (Table 2).

Table 2. Strength and functional capacity between low or adequate amount of appendicular lean mass (ALM) adjusted for body mass index (BMI) in men and women older than 70 years.

Sex	ALM Adjusted for BMI		p-Value	$\eta^2 p$	p-Value (Gxsex)	$\eta^2 p$
	Low	Adequate				
Maximal isometric biceps strength (kg)						
Women	16.30 ± 4.25	21.26 ± 5.40	<0.001	0.156	0.508	0.003
Men	31.90 ± 7.34	35.45 ± 8.23	0.190	0.037		
Maximal dynamic biceps strength—1 RM (kg)						
Women	11.13 ± 3.55	14.98 ± 5.22	0.001	0.108	0.240	0.01p
Men	30.45 ± 8.75	36.96 ± 8.45	0.018	0.116		
Maximal isometric leg extension strength (kg)						
Women	47.91 ± 14.83	61.67 ± 14.49	<0.001	0.147	0.755	0.001
Men	78.52 ± 16.97	94.45 ± 26.25	0.031	0.097		
Maximal dynamic leg extension strength—1 RM (kg)						
Women	45.61 ± 12.78	54.98 ± 12.32	0.002	0.096	0.805	0.000
Men	68.68 ± 15.02	79.41 ± 14.86	0.027	0.102		
Maximum hand grip strength (left) (kg)						
Women	18.76 ± 3.49	21.99 ± 3.86	<0.001	0.126	0.914	0.000
Men	32.14 ± 7.48	35.22 ± 6.78	0.235	0.030		
Maximum hand grip strength (right) (kg)						
Women	19.93 ± 3.79	23.06 ± 4.41	0.003	0.094	0.219	0.011
Men	33.23 ± 7.16	38.70 ± 6.32	0.012	0.130		
Maximum hand grip strength (the highest) (kg)						
Women	20.33 ± 3.52	23.72 ± 4.08	0.001	0.125	0.341	0.007
Men	33.95 ± 7.01	39.07 ± 6.09	0.016	0.120		
Arm curl test (rep)						
Women	15.85 ± 3.75	19.57 ± 3.54	<0.001	0.175	0.018	0.040
Men	16.23 ± 2.98	17.04 ± 2.78	0.448	0.013		
Chair stand test (rep)						
Women	17.11 ± 4.35	17.27 ± 2.73	0.940	0.000	0.262	0.009
Men	17.50 ± 4.67	16.33 ± 3.17	0.140	0.047		
Step-in-place (steps)						
Women	96.44 ± 24.59	105.04 ± 12.61	0.043	0.044	0.758	0.001
Men	105.18 ± 21.63	111.93 ± 18.00	0.301	0.023		
8 foot up and go test (s)						
Women	5.83 ± 1.52	5.11 ± 0.67	0.003	0.093	0.094	0.020
Men	5.24 ± 1.10	5.14 ± 1.30	0.831	0.001		

Data are presented as mean ± standard deviation; All analyzes are adjusted by age; p-value: differences between groups (low vs normal) in each sex by one-way ANOVA; p-value (Gxsex): group-by-sex interaction ($p < 0.05$, all such occurrences); Two-factor repeated-measures ANOVA; 1 RM: one maximal repetition; rep: repetition; s: seconds.

Having osteoporosis was not related to changes in muscle strength or functional capacity, according to sex. However, in men with osteoporosis, significantly higher values were observed in the maximal isometric biceps strength (kgs) in relation to those other men without osteoporosis ($p = 0.013$). Finally, it should be noted that the behavior of the maximal isometric biceps' strength test was different between categories and sexes ($p = 0.020$; $\eta^2 p 0.039$) (Table 3).

Table 3. Strength and functional capacity between no or yes osteoporosis in men and women older than 70 years.

Sex	Osteoporosis		p-Value	$\eta^2 p$	p-Value (Gosex)	$\eta^2 p$
	No	Yes				
Maximal isometric biceps strength (kg)						
Women	19.71 ± 5.42	20.08 ± 5.88	0.670	0.002	0.020	0.039
Men	32.65 ± 7.29	39.23 ± 9.01	0.013	0.126		
Maximal dynamic biceps strength—1 RM (kg)						
Women	14.06 ± 5.15	13.51 ± 5.04	0.727	0.001	0.270	0.009
Men	33.60 ± 5.99	36.00 ± 9.90	0.307	0.23		
Maximal isometric leg extension strength (kg)						
Women	58.65 ± 16.91	55.91 ± 13.47	0.505	0.005	0.627	0.002
Men	87.10 ± 23.78	88.16 ± 24.97	0.808	0.001		
Maximal dynamic leg extension strength—1 RM (kg)						
Women	52.14 ± 14.58	52.59 ± 9.81	0.747	0.001	0.435	0.004
Men	75.32 ± 15.49	71.36 ± 17.31	0.556	0.008		
Maximum hand grip strength (left) (kg)						
Women	21.06 ± 4.17	21.06 ± 3.76	0.923	0.000	0.051	0.007
Men	33.05 ± 7.40	37.33 ± 5.22	0.055	0.078		
Maximum hand grip strength (right) (kg)						
Women	22.39 ± 4.63	27.72 ± 4.12	0.564	0.004	0.197	0.012
Men	35.83 ± 7.20	38.11 ± 7.27	0.292	0.024		
Maximum hand grip strength (the highest) (kg)						
Women	22.84 ± 4.39	22.56 ± 3.86	0.856	0.000	0.090	0.021
Men	36.15 ± 7.03	39.56 ± 6.13	0.114	0.053		
Arm curl test (rep)						
Women	18.60 ± 3.94	18.33 ± 4.06	0.818	0.001	0.336	0.007
Men	16.45 ± 3.40	17.67 ± 1.73	0.213	0.034		
Chair stand test (rep)						
Women	17.26 ± 3.36	17.16 ± 3.10	0.993	0.000	0.153	0.015
Men	16.50 ± 3.68	18.44 ± 4.75	0.122	0.051		
Step-in-place (steps)						
Women	102.34 ± 16.86	103.03 ± 18.20	0.759	0.001	0.503	0.003
Men	107.83 ± 20.07	113.67 ± 18.83	0.398	0.016		
8 foot up and go test (s)						
Women	5.31 ± 1.10	5.33 ± 0.91	0.980	0.000	0.988	0.000
Men	5.18 ± 1.25	5.20 ± 1.05	0.903	0.000		

Data are presented as mean ± standard deviation; All analyzes are adjusted by age; p-value: differences between groups (yes vs. no) in each sex by one-way ANOVA; p-value (Gosex): group-by-sex interaction ($p < 0.05$, all such occurrences); Two-factor repeated-measures ANOVA; 1 RM: one maximal repetition; rep: repetition; s: seconds.

When comparing the muscle strength and functional capacity of men and women older than 70 years according to their fat percentage (normal or obesity), no statistically significant differences were observed between individuals. Obese men had less isometric strength in the biceps (kg) ($p = 0.043$) and took longer to perform the chair stand test ($p = 0.039$) in relation to normal subjects (Table 4).

Table 4. Strength and functional capacity between normal and obesity according fat percentage in men and women older than 70 years.

Sex	Fat Percentage		p-Value	$\eta^2 p$	p-Value (Gxsex)	$\eta^2 p$
	Normal	Obesity				
Maximal isometric biceps strength (kg)						
Women	21.26 ± 4.72	19.47 ± 5.72	0.174	0.020	0.358	0.006
Men	36.17 ± 9.04	32.63 ± 7.17	0.043	0.086		
Maximal dynamic biceps strength—1 RM (kg)						
Women	12.58 ± 4.18	14.20 ± 5.27	0.246	0.015	0.601	0.002
Men	33.32 ± 9.68	34.42 ± 8.91	0.718	0.003		
Maximal isometric leg extension strength (kg)						
Women	62.01 ± 17.08	56.62 ± 15.39	0.136	0.024	0.426	0.005
Men	85.98 ± 26.10	88.00 ± 22.79	0.841	0.001		
Maximal dynamic leg extension strength—1 RM (kg)						
Women	53.87 ± 13.83	51.89 ± 12.97	0.464	0.006	0.472	0.004
Men	72.43 ± 14.17	75.74 ± 15.73	0.994	0.000		
Maximum hand grip strength (left) (kg)						
Women	21.53 ± 2.63	20.94 ± 4.30	0.522	0.005	0.454	0.004
Men	32.94 ± 5.33	34.31 ± 8.05	0.941	0.000		
Maximum hand grip strength (right) (kg)						
Women	23.11 ± 3.96	21.92 ± 4.56	0.250	0.014	0.145	0.015
Men	34.71 ± 5.02	37.06 ± 8.06	0.542	0.008		
Maximum hand grip strength (the highest) (kg)						
Women	23.47 ± 3.51	22.56 ± 4.36	0.337	0.010	0.242	0.010
Men	35.53 ± 4.76	37.44 ± 7.85	0.668	0.004		
Arm curl test (rep)						
Women	18.84 ± 3.06	18.42 ± 4.17	0.630	0.003	0.948	0.000
Men	16.88 ± 2.89	16.56 ± 2.90	0.471	0.011		
Chair stand test (rep)						
Women	17.74 ± 2.23	17.09 ± 3.47	0.359	0.009	0.300	0.008
Men	17.94 ± 4.09	16.28 ± 3.76	0.039	0.089		
Step-in-place (steps)						
Women	107.95 ± 11.15	101.21 ± 18.27	0.100	0.029	0.871	0.000
Men	113.29 ± 18.97	106.56 ± 20.11	0.170	0.040		
8 foot up and go test (s)						
Women	4.97 ± 0.54	5.41 ± 1.12	0.085	0.032	0.513	0.003
Men	5.15 ± 1.67	5.21 ± 0.90	0.333	0.020		

Data are presented as mean ± standard deviation; all analyses are adjusted by age; p-value: differences between groups (low vs. normal) in each sex by one-way ANOVA; p-value (Gxsex): group-by-sex interaction ($p < 0.05$, all such occurrences); Two-factor repeated-measures ANOVA; 1 RM: one maximal repetition; rep: repetition; s: seconds.

4. Discussions

This study was proposed in order to identify the relationship of muscle mass, osteoporosis and obesity mass with the muscle strength and functional capacity of non-dependent people over 70 years. The main result showed that although osteoporosis and obesity did not show relation with the muscle strength and functional capacity, men and women with an adequate amount of ALM adjusted for BMI have obtained better results in tests of muscle strength and functional capacity. In turn, women have also presented a higher maximal isometric biceps strength (kg) and a higher maximum left hand grip force (kg) as well as the greater functional capacity measured by the arm curl test, the step-in-place, and the 8 foot up and go test (s). Low muscle mass in non-dependent people older than 70 years is an issue which has been poorly investigated in studies. This fact makes it difficult to establish comparisons between other variables and samples. Even so, it can be affirmed that in independent people over 70 years obesity and osteoporosis do not related to the people's functional capacity, although their muscle mass does.

Although changes in body composition are the consequence of a physiological and multifactorial process, which occurs throughout the aging process, even in healthy people, lifestyle plays a particularly relevant role on muscle, bone and lean mass. Specifically, the World Health Organization (WHO) advocates nutrition and physical activity as factors that greatly influence the body composition of older people [34]. A large number of studies have shown that both physical activity, preferably through accelerometers, and specific training programs are capable of reversing, at least partially, changes in body composition in sedentary older people [35,36]. This seems to indicate that an active lifestyle preserves muscle, fat and bone mass at healthy levels [37,38]. In addition, physically active people have a lower risk of suffering pathologies associated with body composition than those with a sedentary lifestyle [39], which correlates with the results obtained in this study.

Like Krause et al. [40], who carried out an investigation with a sample of 33 people aged over 65 years, whose objective was to determine the relationship of the fat-free mass index with the anthropometric, gait, balance, and strength measures, no significant relationship between body composition and 8 foot up and go test results has been observed in this study. However, statistically significant differences have been obtained in elbow flexion between men and women. Based on these results, there is no relationship between muscle mass and functionality of the lower limbs, although there is it with the strength of the upper limbs. A possible explanation for these findings is that both isometric strength and muscle power decrease over the years due to a loss of muscle mass, the inability of the muscle to generate force in a normal way and a decrease in speed of muscle contraction.

On the other hand, people with osteoporosis have presented slightly higher scores in some muscle strength and functional capacity tests, which, with the exception of the isometric force of biceps in the men, did not statistically significant. This poor association between osteoporosis and muscle strength has also been reported in other studies conducted in older populations and would seem to contradict recommendations to train strength to decrease the prevalence of osteoporosis or improve bone mineral density [41]. Some studies find no difference in strength between groups with osteoporosis and those without, despite finding a correlation between strength and bone mineral density [42]. A possible explanation for these results is that bone mineral density depends on multiple factors such as dietary intake of calcium and vitamin D, calcium absorption and incorporation, or bone mechanical stress. [43]. In general population studies, there is a weak significant correlation between muscle strength and bone mineral density (Pearson's r 0.15-0.45), varying according to age of the sample and the part of the body analyzed (hip, spine, other areas) [41,44]. A significant value of Pearson's r does not imply a causal relationship between these two variables, despite the fact that in the same person the increase in strength tends to be associated with a certain increase in bone mineral density [45,46].

A study by Villa et al. [47] was the first to suggest the existence of a distinct and non-linear relationship between the reduction in muscle strength and the loss of bone mineral density by age. This relationship may be useful as a prognostic indicator of osteoporosis, as well as the conventional assessment of muscle mass and body weight [47]. It can also be used as an early indicator of the

susceptibility of women to progressive loss of bone mineral density during early menopause if they exhibit noticeable muscle loss during this period. In men with osteoporosis, more biceps muscle strength has been observed ($p = 0.013$), although the sample estimate is very low ($\eta^2 p = 0.039$). This result may be of particular importance in routine osteoporosis detection and prevention strategies, as early initiation of preventive care, perhaps they should start before the onset of muscle deterioration, even before significant loss of bone mineral density. These data are similar to those obtained in a multicenter study carried out with a sample of people older than 70, institutionalized, with preserved walking ability. The prevalence of osteoporosis was within the range considered normal in nursing homes (17.7–73.3%) [48].

The muscle strength and functional capacity of people aged older 70 years have not been related to their fat percentage. In an experimental study with elderly women aged 76 to 78 years, it has been observed that intense muscle strength training can induce skeletal muscle hypertrophy, reduce the relative amount of intramuscular fat, and improve voluntary isometric contraction of the knee extensor muscles [49].

However, despite this beneficial effect of weighted exercise, obese individuals have lower postural stability and lower isometric strength in the biceps, data consistent with those obtained in this study [50,51]. Thus, although comparisons can be made between the additional burden of a hypergravity environment versus the excess burden experienced by an obese individual, the detrimental consequences of obesity appear to outweigh any potential benefits of a higher burden. However, increased levels of physical activity can promote increased muscle strength, reducing the detrimental consequences of obesity [52].

The study findings must be considered within the context of their limitations. It is a cross-sectional study, which does not allow us to determine a causal relationship between the variables. The results obtained in this study require confirmation in a higher sample, for generalizability purposes. So, it would be necessary to carry out more controlled studies in the future, with a wider variation of participants in aspects such as age, ethnicity, culture, severity of osteoporosis or level of obesity. The sample selection by a non-randomized convenience sampling procedure may make the results are not representative to the rest of the population. Also, the existence of a reduce number of studies on this issue makes it difficult to contrast the results obtained. These limitations can reduce the representativeness of the findings and may have influenced the results of the study.

5. Conclusions

Independent people over 70 have an adequate muscle mass. Osteoporosis and obesity do not relate to the muscle strength and functional capacity of people, unlike their muscle mass. In recent years, the presence of unbalanced levels of muscle, bone, and fat mass have become a public health problem, and could become a worldwide epidemic [53]. This situation has detrimental implications for the functioning of skeletal muscle, being unknown the specific adaptations by gender and age in the presence of adiposity and low ALM.

New research is needed to study the possible relationship between the percentage of body fat, agonist muscle activation (using the interpolated contraction technique) and antagonist coactivation (using surface electromyography) in elderly with low amount of the ALM adjusted for BMI, according to their weight, and analyze its influence on strength and functional capacity.

Author Contributions: Conceptualization, F.A.P.-V., J.A.d.P., and E.M.R.-P.; methodology, F.A.P.-V., J.A.d.P., and E.M.R.-P.; software, J.J.G.-B., J.M.-A., and R.S.-C.; formal analysis, J.J.G.-B., J.M.-A., and R.S.-C.; investigation, F.A.P.-V., J.A.d.P., and E.M.R.-P.; data curation, J.G.-S. and M.J.; writing – original draft preparation, M.J. and J.M.-A.; writing – review and editing, J.J.G.-B., J.G.-S. and R.S.-C.; visualization, F.A.P.-V., J.J.G.-B., J.G.-S., J.A.d.P., M.J., J.M.-A., E.M.R.-P., and R.S.-C.; supervision, F.A.P.-V. and J.A.d.P.; project administration, F.A.P.-V., J.A.d.P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Frontera, W.R.; Hughes, V.A.; Fielding, R.A.; Fiatarone, M.A.; Evans, W.J.; Roubenoff, R. Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *J. Appl. Physiol.* **2000**, *88*, 1321–1326. [[CrossRef](#)]
2. Castillo, E.M.; Goodman-Gruen, D.; Kritz-Silverstein, D.; Morton, D.J.; Wingard, D.L.; Barrett-Connor, E. Sarcopenia in elderly men and women: The Rancho Bernardo study. *Am. J. Prev. Med.* **2003**, *25*, 226–231. [[CrossRef](#)]
3. Zoico, E.; Di Francesco, V.; Guralnik, J.M.; Mazzali, G.; Bortolani, A.; Guariento, S.; Sergi, G.; Bosello, O. Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **2004**, *28*, 234–241. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Rizzoli, R.; Stevenson, J.C.; Bauer, J.M.; van Loon, L.J.; Walrand, S.; Kanis, J.A.; Cooper, C.; Brandi, M.L. The role of dietary protein and vitamin D in maintaining musculoskeletal health in postmenopausal women: A consensus statement from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO). *Maturitas* **2014**, *79*, 122–132. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Tachiki, T.; Kouda, K.; Dongmei, N.; Tamaki, J.; Iki, M.; Kitagawa, J.; Takahira, N.; Sato, Y.; Kajita, E.; Fujita, Y.; et al. Muscle strength is associated with bone health independently of muscle mass in postmenopausal women: The Japanese population-based osteoporosis study. *J. Bone Miner. Metab.* **2017**, *37*, 53–59. [[CrossRef](#)]
6. Kotani, K.; Tokunaga, K.; Fujioka, S.; Kobatake, T.; Keno, Y.; Yoshida, S.; Shimomura, I.; Tarui, S.; Matsuzawa, Y. Sexual dimorphism of age-related changes in whole-body fat distribution in the obese. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. J. Int. Assoc. Study Obes.* **1994**, *18*, 207–212.
7. Di-Monaco, M. Functional outcome and hip-fracture type: Moving beyond personal experience. *Eur. J. Phys. Rehabil Med.* **2008**, *44*, 368–369.
8. Stenholm, S.; Harris, T.B.; Rantanen, T.; Visser, M.; Kritchevsky, S.B.; Ferrucci, L. Sarcopenic obesity: Definition, cause and consequences. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* **2008**, *11*, 693–700. [[CrossRef](#)]
9. De Stefano, F.; Zambon, S.; Giacometti, L.; Sergi, G.; Corti, M.C.; Manzato, E.; Busetto, L. Obesity, muscular strength, muscle composition and physical performance in an elderly population. *J. Nutr. Health Aging* **2015**, *19*, 785–791. [[CrossRef](#)]
10. Janssen, I.; Shepard, D.S.; Katzmarzyk, P.T.; Roubenoff, R. The Healthcare Costs of Sarcopenia in the United States. *J. Am. Geriatr. Soc.* **2004**, *52*, 80–85. [[CrossRef](#)]
11. Pérez-Nuñez, M.I.; Riancho-del-Corral, J.A. Vertebroplastia y cifoplastia como tratamiento de las fracturas vertebrales osteoporóticas. *Rev. Osteopor. Metab. Miner.* **2010**, *2*, 27–33.
12. Baumgartner, R.N.; Koehler, K.M.; Gallagher, D.; Romero, L.; Heymsfield, S.B.; Ross, R.R.; Garry, P.J.; Lindeman, R.D. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am. J. Epidemiol.* **1998**, *147*, 755–763. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Zhou, Z.; Zheng, L.; Wei, D.; Ye, M.; Li, X. Muscular strength measurements indicate bone mineral density loss in postmenopausal women. *Clin. Interv. Aging* **2013**, *8*, 1451–1459. [[CrossRef](#)]
14. Calmels, P.; Vico, L.; Alexandre, C.; Minaire, P. Cross-sectional study of muscle strength and bone mineral density in a population of 106 women between the ages of 44 and 87 years: Relationship with age and menopause. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **1995**, *70*, 180–186. [[CrossRef](#)]
15. Pal, L.; Hailpern, S.M.; Santoro, N.F.; Freeman, R.; Barad, D.; Kipersztok, S.; Barnabei, V.M.; Wassertheil-Smoller, S. Increased incident hip fractures in postmenopausal women with moderate to severe pelvic organ prolapse. *Menopause* **2011**, *18*, 967–973. [[CrossRef](#)]
16. Bayramoğlu, M.; Sözü, S.; Karataş, M.; Kiliç, S. Relationships between muscle strength and bone mineral density of three body regions in sedentary postmenopausal women. *Rheumatol. Int.* **2005**, *25*, 513–517. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* **1998**, *30*, 992–1008.
18. Carter, M.I.; Hinton, P.S. Physical Activity and Bone Health. *Mo. Med.* **2014**, *111*, 59–64.
19. Kohrt, W.M.; Bloomfield, S.A.; Little, K.D.; Nelson, M.E.; Yingling, V.R. American College of Sports Medicine Position Stand: Physical Activity and Bone Health. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2004**, *36*, 1985–1996. [[CrossRef](#)]
20. Tomlinson, D.J.; Erskine, R.M.; Morse, C.I.; Winwood, K.; Onambélé-Pearson, G. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology* **2016**, *17*, 467–483. [[CrossRef](#)]

21. Tomlinson, D.J.; Erskine, R.M.; Morse, C.I.; Winwood, K.; Onambélé-Pearson, G.L. Combined effect of body composition and ageing on joint torque, muscle activation and co-contraction in sedentary women. *Age (Dordr)* **2014**, *36*, 9652. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Schragger, M.A.; Metter, E.J.; Simonsick, E.; Ble, A.; Bandinelli, S.; Lauretani, F.; Ferrucci, L. Sarcopenic obesity and inflammation in the InCHIANTI study. *J. Appl. Physiol.* **2007**, *102*, 919–925. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Akhmedov, D.; Berdeaux, R. The effects of obesity on skeletal muscle regeneration. *Front Physiol.* **2013**, *4*, 371. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Instituto Nacional de Estadística (INE). Encuesta Personas Mayores 2019. Available online: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=1488> (accessed on 9 September 2020).
25. Mokdad, A.H.; Ford, E.S.; Bowman, B.A.; Dietz, W.H.; Vinicor, F.; Bales, V.S.; Marks, J.S. Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001. *JAMA* **2003**, *289*, 76–79. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Barbat-Artigas, S.; Plouffe, S.; Pion, C.H.; Aubertin-Leheudre, M. Toward a sex-specific relationship between muscle strength and appendicular lean body mass index? *J. Cachexia Sarcopenia Muscle* **2013**, *4*, 137–144. [[CrossRef](#)]
27. Rodríguez, F.A. Cuestionario de Aptitud para la Actividad Física (C-AAF), versión catalana/castellana del PAR-Q revisado. *Apunt. Sport Med.* **1994**, *31*, 301–310.
28. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60–94. *J. Aging Phys. Act.* **1999**, *7*, 161–181. [[CrossRef](#)]
29. Rikli, R.E.; Jones, C.J. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologis* **2013**, *53*, 255–267. [[CrossRef](#)]
30. Rikli, R.E.; Jones, C.J. *Senior Fitness Test Manual*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2013.
31. Cobo-Mejía, E.A.; Ochoa-González, M.E.; Ruiz-Castillo, L.Y.; Vargas-Niño, D.M.; Sáenz-Pacheco, A.M.; Sandoval-Cuellar, C. Confiabilidad del “Senior Fitness Test” versión en español, para población adulta mayor en Tunja-Colombia. *Arch. Med. Deporte.* **2016**, *33*, 382–386.
32. Naranjo-Hernández, A.; Díaz-del-Campo-Fontecha, P.; Aguado-Acín, M.P.; Arbolea-Rodríguez, L.; Casado-Burgos, E.; Castañeda, S.; Fiter-Aresté, L.; Gifreh, L. Recommendations by the Spanish Society of Rheumatology on Osteoporosis. *Reum. Clin.* **2019**, *15*, 188–210. [[CrossRef](#)]
33. Yumuk, V.; Tsigos, C.; Fried, M.; Schindler, K.; Busetto, L.; Micic, D.; Toplak, H. European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obes. Facts.* **2015**, *8*, 402–424. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. World Health Organization (WHO). *Keep Fit for Life. Meeting the Nutritional Needs of Older Persons*; World Health Organization (WHO): Geneva, Switzerland, 2002.
35. Hansen, R.D.; Allen, B.J. Fat-free mass components in active vs sedentary females aged 55–75 year. *Appl. Radiat Isot.* **1998**, *49*, 735–736. [[CrossRef](#)]
36. Salvà, A.; Serra-Rexach, J.; Artaza, I.; Formiga, F.; Rojano-i-Luque, X.; Cuesta, F.; López-Soto, A.; Masanés, F. La prevalencia de sarcopenia en residencias de España: Comparación de los resultados del estudio multicéntrico ELLI con otras poblaciones. *Rev. Esp. Geriatr. Gerontol.* **2016**, *51*, 260–264. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Hamer, M.; Ingle, L.; Carroll, S.; Stamatakis, E. Physical activity and cardiovascular mortality risk: Possible protective mechanisms? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2011**, *44*, 84–88. [[CrossRef](#)]
38. Lauretani, F.; Russo, C.R.; Bandinelli, S.; Bartali, B.; Cavazzini, C.; Di-Iorio, A.; Corsi, A.M.; Rantanen, T. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* **2003**, *95*, 1851–1860. [[CrossRef](#)]
39. García-Guajardo, V.; de-Arruda, M.; Arámguiz-Aburto, H.; Rojas-Díaz, S.; García-Krauss, P. Características antropométricas, composición corporal, somatotipo y rendimiento anaeróbico y aeróbico de mujeres juveniles baloncestistas chilenas. *Educación Física Deporte* **2010**, *29*, 255–265.
40. Krause, K.E.; McIntosh, E.I.; Vallis, L.A. Sarcopenia and predictors of the fat free mass index in community-dwelling and assisted-li-ving older men and women. *Gait Posture* **2012**, *35*, 180–185. [[CrossRef](#)]
41. Park, H.S.; Lim, J.S.; Lim, S.K. Determinants of Bone Mass and Insulin Resistance in Korean Postmenopausal Women: Muscle Area, Strength, or Composition? *Yonsei Med. J.* **2019**, *60*, 742–750. [[CrossRef](#)]
42. Singh, H.; Kim, D.; Bemben, M.G.; Bemben, D.A. Relationship between Muscle Performance and DXA-Derived Bone Parameters in Community-Dwelling Older Adults. *J. Musculoskelet Neuronal Interact.* **2017**, *17*, 50–58.
43. Parveen, B.; Parveen, A.; Vohora, D. Biomarkers of Osteoporosis: An Update. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets* **2019**, *19*, 895–912. [[CrossRef](#)]

44. Pasco, J.A.; Holloway, K.A.; Brennan-Olsen, S.L.; Moloney, D.J.; Kotowicz, M.A. Muscle Strength and Area Bone Mineral Density at the Hip in Women: A Cross-Sectional Study. *BMC Musculoskelet Disord.* **2015**, *16*, 124. [[CrossRef](#)][[PubMed](#)]
45. Segev, D.; Hellerstein, D.; Dunskey, A. Physical Activity—does it Really Increase Bone Density in Postmenopausal Women? A Review of Articles Published between 2001–2016. *Curr. Aging Sci.* **2018**, *11*, 4–9. [[CrossRef](#)]
46. Watson, S.L.; Weeks, B.K.; Weis, L.J.; Harding, A.T.; Horan, S.A.; Beck, B.R. High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women with Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial. *J. Bone Miner Res.* **2018**, *33*, 211–220. [[CrossRef](#)][[PubMed](#)]
47. Villa-Marin, R.; Carneiro-Pedrosa, M.A.; Fernandes-Moreira-Pfrimer, L.D.; Macheca-Matsudo, S.M.; Lazaretti-Castro, M. Association between lean mass and handgrip strength with bone mineral density in physically active postmenopausal women. *J. Clin. Densitom.* **2010**, *13*, 96–101. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Iki, M.; Saito, Y.; Dohi, Y.; Kajita, E.; Nishino, H.; Yonemasu, K.; Kusaka, Y. Greater trunk muscle torque reduces postmenopausal bone loss at the spine independently of age, body size, and vitamin D receptor genotype in Japanese women. *Calcif. Tissue Int.* **2002**, *71*, 300–307. [[CrossRef](#)]
49. Sipila, S.; Suominen, H. Quantitative ultrasonography of muscle: Detection of adaptations to training in elderly women. *Arch Phys. Med. Rehabil.* **1996**, *77*, 1173–1178. [[CrossRef](#)]
50. Kohrt, W.M.; Malley, M.T.; Dalsky, G.P.; Holloszy, J.O. Body composition of healthy sedentary and trained, young and older men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.* **1992**, *24*, 832–837. [[CrossRef](#)]
51. Maffiuletti, N.A.; Agosti, F.; Proietti, M.; Riva, D.; Resnik, M.; Lafortuna, C.L.; Sartorio, A. Postural instability of extremely obese individuals improves after a body weight reduction program entailing specific balance training. *J. Endocrinol. Investig.* **2005**, *28*, 2–7. [[CrossRef](#)]
52. Rolland, Y.; Lauwers-Cances, V.; Pahor, M.; Fillaux, J.; Grandjean, H.; Vellas, B. Muscle strength in obese elderly women: Effect of recreational physical activity in a cross-sectional study. *Am. J. Clin. Nutr.* **2004**, *79*, 552–557. [[CrossRef](#)]
53. James, W.P. WHO recognition of the global obesity epidemic. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, S120–S126. [[CrossRef](#)]

Publisher’s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).





Article

Influence of the Use of Wii Games on Physical Frailty Components in Institutionalized Older Adults

Jerónimo J. González-Bernal ¹, Maha Jahouh ^{1,*}, Josefa González-Santos ^{1,*}, Juan Mielgo-Ayuso ^{1,*}
Diego Fernández-Lázaro ^{2,3} and Raúl Soto-Cámara ¹

¹ Department of Health Sciences, University of Burgos, 09001 Burgos, Spain; jejavier@ubu.es (J.J.G.-B.); rscamara@ubu.es (R.S.-C.)

² Department of Biochemistry, Molecular Biology and Physiology, Faculty of Health Sciences, Campus of Soria, University of Valladolid, 42003 Soria, Spain; diego.fernandez.lazaro@uva.es

³ Neurobiology Research Group, Faculty of Medicine, University of Valladolid, 47005 Valladolid, Spain

* Correspondence: mjx0002@alu.ubu.es (M.J.); mjgonzalez@ubu.es (J.G.-S.); jfmielgo@ubu.es (J.M.-A.)

Abstract: Aging is a multifactorial physiological phenomenon in which cellular and molecular changes occur. These changes lead to poor locomotion, poor balance, and an increased falling risk. This study aimed to determine the impact and effectiveness of the use of the Wii[®] game console on improving walking speed and balance, as well as its influence on frailty levels and falling risk, in older adults. A longitudinal study was designed with a pretest/post-test structure. The study population comprised people over 75 years of age who lived in a nursing home or attended a day care center ($n = 80$; 45 women; 84.2 ± 8.7 years). Forty of them were included in the Wii group (20 rehabilitation sessions during 8 consecutive weeks), and the other 40 were in the control group. Falling risk and frailty were evaluated using the Downton scale and Fried scale; balance and walking speed were assessed with the Berg Balance scale and the Gait Speed Test, respectively, as well as the Short Physical Performance Battery (SPPB). The results showed that there was no significant association between Frailty Phenotype and study groups in baseline. However, there was significant association between Frailty Phenotype and study groups at the end of study. Moreover, a significantly higher and negative percentage change (Δ) in the Wii group with respect to the control group on the in falling risk ($-20.05 \pm 35.14\%$ vs. $7.92 \pm 24.53\%$) and in walking speed ($-6.42 \pm 8.83\%$ vs. $-0.12 \pm 4.51\%$) during study, while there was a higher and positive significant percent change in static balance ($6.07 \pm 5.74\%$ vs. $2.13 \pm 4.64\%$) and on the SPPB ($20.28 \pm 20.05\%$ vs. $0.71 \pm 7.99\%$) after 8 weeks of study. The main conclusion of this study was that the use of the Wii[®] video console for 8 weeks positively influenced walking speed, falling risk, static balance, and frailty levels in older adults. Through a rehabilitation program with the Wii[®] game console in the older adults, frailty levels are reduced, accompanied by a reduction in falling risk and an increase in static balance and walking speed.

Keywords: frailty; walking speed; falling risk; balance; Wii; older people; Spain

1. Introduction

Life expectancy has increased in recent years, which translates into a progressive and remarkable aging of the population. Throughout this process, people undergo a series of cellular and molecular changes [1], which increase the risk of suffering from diseases, a decrease in the quality of life, and the appearance of factors that can cause greater frailty [2]. One of the most relevant aspects to identify alterations in functionality during the aging process is to detect frailty in the older persons. Among these factors are the so-called geriatric syndromes [3], falls being one of the most frequent. This problem is increasing worldwide, and it is estimated that 1 in 3 older adults living in the community suffer one or more falls in a year [4]. In addition, in older people, alterations to multiple physiological systems (dysfunction of the musculoskeletal system, neurological control



Citation: González-Bernal, J.J.; Jahouh, M.; González-Santos, J.; Mielgo-Ayuso, J.; Fernández-Lázaro, D.; Soto-Cámara, R. Influence of the Use of Wii Games on Physical Frailty Components in Institutionalized Older Adults. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2723. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052723>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 11 February 2021

Accepted: 2 March 2021

Published: 8 March 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

and energy metabolism) cause them to present differential physical characteristics, such as poor locomotion or difficulty in complex coordination, all of which are the consequence of poor balance [5]. Impaired postural control is one of the main causes of falls, as this population experiences a decreased ability to maintain and restore balance during physical activities [6]. In this sense, interventions based on physical exercise and balance training strategies are 50% more effective in preventing falls, probably because they promote better static balance, greater mobility, and shorter reaction time [7].

It is noteworthy that, when one of these systems begins to fail or deteriorate, it will not always directly affect balance. However, certain daily activities will be impacted, which present a certain degree of complexity. According to the results of a study carried out in people over 65 years of age, 15% of individuals presented alterations in walking speed, increasing to 35% at 75 years, and it was around 50% in those over 85 years [8]. Impaired walking ability and speed in the older adults can be complicated by falls, which is a predictor of functional impairment, increases morbidity, and contributes to admissions to long-stay nursing homes [9]. For all these reasons, alterations to balance and decomposition in walking speed constitute the most important geriatric syndromes, which lead to falls [3,9]. This close association between poor balance, walking speed, and increased falls suggests the need for activity-based programs that specifically and systematically focus on improving multiple dimensions of the balance system, especially in older adults [10]. In this sense, nonimmersive virtual reality can be used as a promoter of physical activity. Virtual reality promotes interaction between the user and the virtual scene through the performance of body movements captured by specific sensors [11]. The Nintendo Wii® is an example of a video console that uses this type of virtual reality, and this has allowed for the development of new possibilities in systematizing exercise and movement [12].

Several recent investigations have used Wii® games to determine their possible benefits in rehabilitation processes and proprioceptive neuromuscular training, and impact of this type of physical activity on physiological parameters has also been investigated [13–16]. Along these lines, Nilsagard et al. [17] showed that playing Wii Fit® games twice a week for 6 weeks moderately improved gait and confidence in balance in people with walking problems, such as those with multiple sclerosis. On the other hand, Vieira et al. [16] observed a significant improvement in balance and gait (assessed by the Mini Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) and Functional Gait Assessment scales, respectively) in a group of 15 independent frail and prefrail older adults after 14 training sessions, lasting 50 min each, twice a week. On the other hand, Toulotte et al. [18] also found moderate to strong positive effects on static balance, though not dynamic, in a study with 36 noninstitutionalized older adults who played Wii® games for one hour per week for 8 weeks. However, to the authors' knowledge, whether Wii® games improve frailty physical components in a group such as institutionalized older people has not been sufficiently answered. The older adults group has a special relevance, because up to 50% of them will fall at least once a year as a result of frailty [19], which leads to a decrease in functionality [20]. In this backdrop, taking into account that, in most developed countries, the number of people over 75 years has increased considerably (e.g., Spain [21]) and adverse physiological changes occur during the aging process, which interact with each other and could trigger nonfunctional aging (a consequence of frailty), a precise intervention is necessary to mitigate and/or slow down the levels of frailty in the older adults. Therefore, the objective of this study was to examine the effectiveness of using the Wii® game console for 8 weeks on walking speed and balance, as well as its influence on frailty levels and falling risk, in institutionalized older people.

1. Materials and Methods

1.1. Participants

A longitudinal study design was employed. The study population comprised 80 people (45 women) over 75 years of age (84.2 ± 8.7 years) who were institutionalized or who attended the "Mixed Nursing Home for the Elderly Burgos I—Cortes" day care center (Burgos, Spain). Participants were selected through nonprobabilistic convenience sampling,

accessing the available cases from the population, and a pretest/post-test structure was used. The study was carried out in a natural context, in which attempts were made to control the influence of confounding factors as much as possible.

The inclusion criteria were as follows: being older than 75 years, obtaining a score equal to or greater than 10 in the Lobo Mini-Cognitive Examination (MEC), being institutionalized in the nursing home or going daily to the day center, and being able to stand up with physical support. Subjects who permanently used technical aids (such as wheelchairs), those with a diagnosis of cardiovascular disease, those with hearing and/or visual limitations that prevented them from using the Nintendo Wii® video console, those with severely disorganized behaviors, and those with any type of medical contraindication were excluded.

Participants were randomized to the control group (Control; $n = 40$; 23 women; 83.25 8.78 years) or to the experimental group (Wii; $n = 40$; 22 women; 85.05 8.63 years) by an independent investigator using the block randomization method. In this way, the same number of people in the Wii group as in the control group was ensured. During the course of the research, all participants continued to receive their conventional treatments and therapies provided by the nursing home, such as physical therapy, occupational therapy, and gymnastics sessions. Additionally, the participants of the Wii group received rehabilitation through virtual reality.

1.2. Experimental Protocol

Once the participants were selected, different meetings were held with them to present the procedure. In the first meeting, the project, its objective, and the interventions were explained, and participants signed the informed consent form, knowing they were voluntarily accepting to participate in the study. In successive meetings, they were instructed in the world of video games and virtual reality, giving explanations and different demonstrations in order to internalize the use of it.

The intervention consisted of 20 rehabilitation sessions, developed over 8 consecutive weeks, and comprised different activities using the Nintendo Wii Fit® platform. The sessions were distributed so that all participants received two sessions in one week and three sessions in the next, rotating each week cyclically until completing all 20 sessions. Each session lasted 40 min. In the sessions, users worked on different concepts such as balance, gait, stability, aerobic exercises, or stretching of the muscles. In addition, it was intended that users maintained attentional processes in the different activities carried out. At the beginning of the session a therapist explained what the activity consisted of; thereby, as the sessions progressed participants would interact with the game, dispensing with verbal support. Time was allotted at the end of the sessions so participants could discuss their experiences and the impressions they had of the game.

The sessions were held in the assembly hall of the nursing home where there was a television, appropriate material for the Wii® video console, and a chair. Each session followed the same order and was divided into four phases: (I) the two games to be played in that session and their rules were explained to the participants. (II) An aerobic-type game such as "Hula Hoop" was played. In this game, the users were asked to make smooth, wide-radius circles with the hips, simulating the movement of the hula hoop. In addition, the participants were encouraged to raise their arms to shoulder height in order to implicitly increase balance. In this activity, the objectives were to begin the process of interacting with the interface, to focus their attentional processes on the game (since the hula hoop would fall to the ground if they did not pay attention), and to stretch the muscles they would need to use in the next game. (III) A following game was played, specifically to work on balance, such as "Fishing below zero." In this game, the participants were asked to move from left to right to tilt an ice sheet, and, in this way, the penguin could eat fish. The more fish the penguin ate, the better the score, and better control of static and dynamic balance was achieved. (IV) To end the session, the participants had to choose

game that they wanted to try or play for a period of 5 min. In this last phase, videogames were expected to recover their playful component.

The study was conducted according to the principles of the Declaration of Helsinki and Law 3/2018 of December 5, Protection of Personal Data and Guarantee of Digital Rights, and approved by the Institutional Review Board of the University of Burgos (Protocol code 29/2019, March, 2019).

1.3. Main Outcomes – Instruments

All participants underwent an initial assessment at the time of inclusion in the study (T1) and another one 8 weeks later coinciding with the completion of the intervention in the Wii group (T2). This period was decided based on previous research where a Wii console was used by older adults [16–18]. The person who made the different assessment visits and the researcher who analyzed the data statistically were blinded with respect to the group to which the participants belonged. In addition, clear instructions were provided to the participants of not revealing the group to which they have been assigned. Their state was evaluated using different instruments and questionnaires.

- **Static Balance:** Static balance was evaluated using the Berg equilibrium scale. This instrument assesses the functional limitations related to the practice of Android Virtual that requires static balance [10]. It is composed of 14 items that represent daily activities the population faces in their lives [22]. Some of them are scored according to the quality of execution, while others are evaluated according to the time required to complete the task [23].
- The evaluator applied the items and briefly demonstrated each one or read the instructions aloud [22]. During the test, the user's performance on each task was evaluated with a score between 0 and 4, where 0 was the lowest level of function and 4 the highest, noting additional comments if necessary. Although a score of 0 to 20 was classified as "high falling risk," "moderate falling risk" from 21 to 41, and "slight falling risk" from 41 to 56; considering this last score as a normal value, this study analyzed static balance by total score. Thus, the higher the score, the better their balance. This is a useful instrument in the older adults and in individuals referred to rehabilitation who present deficits in balance, regardless of age. This tool provides information on the most difficult balancing tasks to perform, facilitates the identification of suitable users for an intervention, and identifies people with the highest falling risk [24]. It is also beneficial for the design of interventions, follow-up, and evaluation of their efficacy. This tool is validated in Spain, with a reliability of 0.98, and is considered one of the best tests for assessing balance at present [23].
- **Walking Speed:** To measure walking speed, the "Gait Speed" test was used. To do this, the person walked six or eight meters in a straight line, which required a global walking length of about 10 m, considering the start and end of the walk, with respect to the marked measurement points. The time used to travel that distance "at normal, comfortable speed" was timed and considered the normal value. In primary care, it is usually performed at 3–4 m due to space limitations. It is advised to repeat this process four times and consider the best time [25]. The cutoff points most commonly used to determine the risk threshold are usually between 1 and 0.8 m/sec.
- **Falling Risk:** The Downton fall risk was used to assess falling risk [26]. The Downton fall risk index includes 11 risk items, which are scored one point each. Scores were summed to a total index score, ranging 0–11. Although a score of 3 or more indicates a high risk of falling; this study used the total score, where a higher score indicated greater risk of falling (11 was the highest) [23].
- **Physical performance:** In the same line, the Short Physical Performance Battery (SPPB or Guralnik test) was used. It consisted of performing three tests: balance (in three positions: feet together, semitandem, and tandem), walk (about 2.4 to 4 m), and get up and sit in a chair five times. It is important to follow the sequence of the tests, since, if the patient starts by standing up and sitting down, he/she can become fatigued.

- Frailty Phenotype: The Frailty Phenotype was determined by Fried Frailty Scale [28]. This scale examines different factors: (a) unintentional weight loss >4.5 kg or >5% in the last year; (b) self-perception of exhaustion; and (c) weakness quantified by means of maximum digital grip strength with a dynamometer adjusted for sex and body mass index (BMI). To assess weakness, the patient was seated, preferably with the dominant hand and the elbow at 90°. The highest value of 3 measurements (separated by one minute) was considered. The cutoff values to determinate weakness for men were BMI 24 kg/m², grip strength 29 kg; BMI 24.1–26 kg/m², grip strength 30 kg; BMI 26.1–28 kg/m², grip strength 30 kg; and BMI > 28 kg/m², grip strength 32 kg. For women, the cutoff values were BMI 23 kg/m², grip strength 17 kg; BMI 23.1–26 kg/m², grip strength 17.3 kg; BMI 26.1–29 kg/m², grip strength 18 kg; and BMI > 29 kg/m², grip strength 21 kg; (d) Slow gait speed, based on the time required for walking 15 ft (4.57 m) at a normal step. Walk time 7 s for men 173 cm in height or women 159 cm in height or walk time 6 s for men whose height was > 173 cm or women whose height was > 159 cm was considered as slowness; (e) Low activity level, energy expenditure of physical activity per week <383 kcal for men, which corresponds to a minimum of 2.30 h of physical activity per week, or <270 kcal for women, which is equivalent to a minimum of 2 h of activity per week. The presence of 1 or 2 previous characteristics is considered a state of prefrailty, and frailty, by the presence of 3 or more [28,29].

Other data were also collected from participants, such as grip strength, evaluated by dynamometry, or anthropometric parameters, including weight (kg), waist circumference (cm), arm circumference (cm), and leg circumference (cm). Measurements were taken following the standards established by the World Health Organization (WHO).

1.4. Statistical Analysis

The data were indicated as mean standard deviation of the mean (SD). It calculated the percentage change of each variables between study periods as Δ (%): $((T2 - T1) / T1 \times 100)$. Statistical analysis was completed by SPSS version 25 software (IBM-Inc., Chicago, IL, USA). Moreover, the graph was made by GraphPad Prism 6 software (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, USA). Statistical significance was determined at p -value < 0.05.

A two-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) test was performed to explore the interaction effects (time treatment group: $t \times G$) between both groups (control and Wii) along the study for falling risk, frailty, static balance, and walking speed. As age, sex, and abdominal obesity are factors influencing these variables, we included them as possible confounding factors in the different analyses [30,31]. Likewise, the 95% confident interval (95% CI) and statistical power were calculated.

Differences between study periods (from T1 to T2) in each group (control and Wii) were determined by the paired Student's t -test or the Wilcoxon signed rank test, after determinate the normality using the Kolmogorov-Smirnov test. Differences in Δ (%) and other tests at each study period were contrasted between treatment groups by the independent sample Student's t -test or Mann-Whitney U test with treatment group as a fixed factor.

Effect sizes were determined by Ferguson criteria (partial eta squared ($\eta^2 p$)), where there is no effect if $0 < \eta^2 p < 0.05$; minimal effect if $0.05 < \eta^2 p < 0.26$; moderate effect if $0.26 < \eta^2 p < 0.64$; and strong effect if $\eta^2 p \geq 0.64$ [32].

Finally, a chi-square test of independence was performed to examine the relation between frailty phenotype and the intervention group in each study period (T1 and T2).

2. Results

Table 1 shows the anthropometric data obtained in the sample. When analyzing the relationship between anthropometric values of both groups in the same study period, no statistically significant differences were observed ($p > 0.05$). On the other hand, a statistically significant decrease in waist circumference was obtained in the Wii group after the follow-up time ($p < 0.05$). There were no statistically significant differences between groups over time (all p ($t \times G$) > 0.05).

Table 1. Statistical analysis of the anthropometric parameters.

Study Period	Control (<i>n</i> = 40; 23 Women)	95% CI	Wii (<i>n</i> = 40; 22 Women)	95% CI	<i>p</i> -Value (<i>t</i> × <i>G</i>)	η^2 <i>p</i>	Statistical Power
Body Mass (kg)							
T1	76.35 ± 13.54	72.15–80.55	74.60 ± 13.01	70.57–78.63	0.366	0.011	0.154
T2	76.18 ± 12.48	72.31–80.05	75.10 ± 12.57	71.20–79.00			
Waist Circumference (cm)							
T1	96.73 ± 14.47	92.25–101.21	96.97 ± 14.74	91.40–101.54	0.597	0.004	0.111
T2	96.45 ± 14.16	92.06–100.84	96.63 ± 14.51 [*]	92.13–101.13			
Arm Circumference (cm)							
T1	31.18 ± 37.99	19.41–42.95	31.25 ± 37.99	19.48–43.02	0.172	0.024	0.322
T2	31.31 ± 37.78	16.60–43.02	31.88 ± 38.69	19.89–43.83			
Leg Circumference (cm)							
T1	49.86 ± 11.34	46.35–53.37	49.65 ± 12.37	45.82–53.48	0.551	0.005	0.062
T2	49.80 ± 11.13	46.35–53.25	49.51 ± 12.00	45.79–53.23			

Data expressed as mean ± SD; Data adjusted for sex and age. *p*-Value (*t* × *G*): Group-by-time interaction (*p* < 0.05); Two-factor repeated-measures ANOVA. *: Significant differences between periods within the same study group by dependent Student's *t*-test (*p* < 0.05); pretest (T1) and post-test (T2).

A chi-square test of independence showed that there was no significant association between Frailty Phenotype and study group in T1, $X^2(1, n = 80) = 2.739, p = 0.098$ (Table 2). However, there was significant association between Frailty Phenotype and study group in T2, $X^2(1, n = 80) = 4.267, p = 0.039$.

Table 2. Frailty phenotype distribution in pretest (T1) and post-test (T2) in control and Wii groups.

Frailty Phenotype	Sample	T1		T2	
		Control	Wii	Control	Wii
Prefrailty	<i>n</i> (%)	30 (56.6%)	23 (43.4%)	26 (43.3%)	34 (56.7%)
Frailty	<i>n</i> (%)	10 (37.0%)	17 (63.0%)	14 (70.0%)	6 (30.0%)
	<i>p</i>	0.098		0.039	

p: Significant differences by chi-square test of independence.

Table 3 summarizes the data for static balance, walking speed, and falling risk. When the results obtained in the physical and functional tests in the intragroup ANOVA were compared, significant differences were obtained in the risk of falling and the speed of walking in the intervention group, and in the control group, there was a statistically significant increase in the risk of falling and in equilibrium (*p* < 0.05). On the other hand, no statistically significant differences were observed in the intergroup comparison in the pretest (*p* > 0.05) in any of the variables measured; however, the intervention group had a higher score on the SPPB scale in the final score. When the interrelation between the treatment group and the time (*t* × *G*) of the physical test scores was obtained, statistically significant differences were obtained in the risk of falling, gait speed, static balance, and SPPB (*p* (*t* × *G*) < 0.001).

Table 3. Statistical analysis of physical and functional tests.

Study Period	Control (n = 40; 23 Women)	95% CI	Wii (n = 40; 22 Women)	95% CI	p-Value (txG)	$\eta^2 p$	Statistical Power
Right Grip Strength (kg)							
T1	14.09 ± 6.36	12.12–16.06	13.71 ± 6.18	11.79–15.63	0.650	0.003	0.073
T2	14.54 ± 6.42	12.55–16.53	14.44 ± 6.22	12.51–16.37			
Left Grip Strength (kg)							
T1	12.96 ± 5.58	11.23–14.69	12.85 ± 5.80	11.05–14.65	0.196	0.023	0.251
T2	13.29 ± 5.67 *	11.53–15.05	13.52 ± 5.85 *	11.71–15.33			
Falling Risk (Total Score)							
T1	3.58 ± 2.09	2.93–4.23	3.75 ± 2.07	3.11–4.39	<0.001	0.248	0.998
T2	3.80 ± 2.17 *	3.13–4.47	2.98 ± 1.76 *	2.43–3.53			
Walking Speed (sec)							
T1	20.35 ± 7.40	18.06–22.64	21.24 ± 7.41	18.94–23.54	<0.001	0.198	0.986
T2	20.33 ± 7.45	18.02–22.64	19.96 ± 7.26 *	17.71–22.21			
Static Balance (Total Score)							
T1	38.45 ± 11.85	34.78–42.12	39.03 ± 10.67	35.72–42.34	<0.001	0.186	0.979
T2	39.18 ± 12.04 *	35.45–42.91	41.08 ± 10.52 *	37.82–44.34			
Short Physical Performance Battery (Total Score)							
T1	6.20 ± 2.23	5.51–6.89	6.33 ± 1.66	5.82–6.84	<0.001	0.208	0.990
T2	6.23 ± 2.24	5.54–6.92	7.70 ± 2.62 * ^{&}	6.89–8.51			

Results are showed as mean ± SD. Results were adjusted for age, sex, and waist circumference. $p(t \times G)$: Group-by-Time interaction ($p < 0.05$) calculated by repeated-measures ANOVA. *: Significant differences between study periods in the same group calculated by dependent Student's t -test ($p < 0.05$). [&]: Significant differences between groups in the same study period calculated by independent Student's t -test ($p < 0.05$).

Statistically significant differences were observed in the percentage change of analyzed variables during the study, depending on the group. Specifically, when compared to the control group, the percentage change was higher and negative in the Wii group on falling risk ($-20.05 \pm 35.14\%$ vs. $7.92 \pm 24.53\%$) and in walking speed ($-6.42 \pm 8.83\%$ vs. $-0.12 \pm 4.51\%$), while it was higher and positive in static balance ($6.07 \pm 5.74\%$ vs. $2.13 \pm 4.64\%$) and on the SPPB ($20.28 \pm 20.05\%$ vs. $0.71 \pm 7.99\%$) (Figure 1).

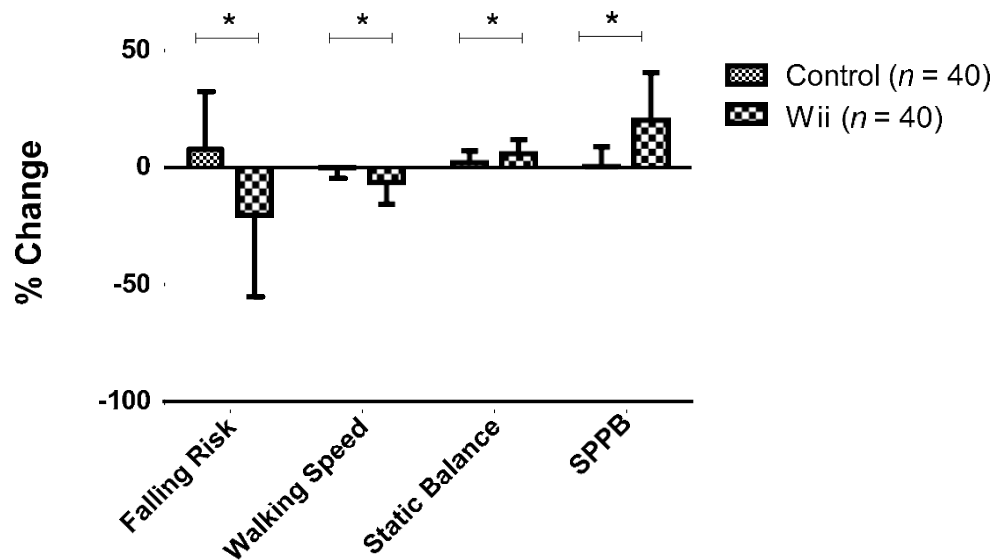


Figure 1. Percentage change for the studied variables in both groups. Data are expressed as mean ± SD. * Significant differences between groups ($p < 0.001$). SPPB = Short Physical Performance Battery.

3. Discussion

This study proposed to determine the effectiveness of using Wii Fit® for 8 weeks on walking speed and balance, as well as its influence on frailty level and falling risk, in older people. In addition, we assessed the relationships between frailty and speed, balance, and falling risk. The main result of the study showed that use of Wii Fit® improved walking speed and static balance, and it reduced falling risk and frailty levels.

From medical reports and experience, most people of this age group are frail in their health [5]. Moreover, falls are one of the most disabling geriatric syndromes, which is the result of poor balance and a decrease in walking speed, all of which are a consequence of the appearance of frailty [33]. In this sense, one study analyzed the prevalence of the frailty syndrome and walking speed in the Spanish older population, and frailty was ruled out when the walking speed was greater than 0.9 m/s [34,35]. In this study, 42.6% of the participants had a walking speed lower than 0.8 m/s, 56.4% of which were 75 years or older. This group had a higher risk of frailty (32.1%). On the other hand, in a recent cross-sectional study in 2019, the prevalence of frailty was estimated, and the factors associated with it, such as balance in older patients with type 2 diabetes mellitus, were identified. The prevalence of frailty syndrome was 14.6%, and the monopodal balance test indicated shorter times with the appearance of frailty ($r = 0.306, p < 0.001$) [35].

Although structural changes that occur throughout aging are the consequence of physiological factors and multifactorial processes, lifestyle plays a particularly relevant role in determining falling risk and walking speed. Specifically, the WHO advocates nutrition and physical activity as factors that greatly influence frailty levels in older people [36]. Numerous studies have shown that physical activity through specific training or rehabilitation programs, like resistance or suspension training programs, promotes increases in phase angle and handgrip strength in older women [37–39]. Moreover, other physical activity programs (translated into the use of the Wii® game console) have presented to be capable of reversing, at least partially, physical alterations, such as balance and walking speed in older people [32–34].

Nonimmersive virtual reality is being used to promote body movements that are captured by specific physical activity indicators while the user interacts with the virtual scene [11]. Moreover, no studies have reported a negative impact of Wii Fit® training on any measure of balance ability, and most have indicated at least some quantitative or anecdotal evidence of improvement. The therapeutic effect of using the Wii Fit® platform in people over 75 years is on the rise, although the use of virtual reality is not very common in this group, being more frequent in children or adolescents [40]. Therefore, it becomes more difficult to establish comparisons between other variables and samples.

In this line, Cicek et al. [41] compared a physical activity program consisting of a bicycle ergometer and treadmill with an exercise program using the “Nintendo Wii Fit Plus.” The results indicated a significant improvement in the balance test and Timed Up and Go Test (falling risk scale) and improved 10-m walk test in a group of nursing home residents after using the Nintendo Wii Fit Plus® for 30 min twice a week for 8 weeks. Therefore, the authors concluded that both programs demonstrated significant improvement in all parameters, and the video-based program (Wii® game console) was more effective than physical activity, especially in mobility and balance parameters. Likewise, Manlapaz et al. [42] reviewed 16 studies, where the effectiveness of Nintendo Wii Fit™ gaming system protocols for improving balance in healthy older adults (71 and 85 years) was presented. The results obtained from 491 participants (69% females) demonstrated that Wii Fit® exercise games could be a potential alternative to improve balance if technical and safety procedures are provided. At the clinical level, the effective dosage is an important component in any type of intervention, and exergaming should not be an exception. In addition, the authors stated that the exergaming parameters required further research before firm recommendations could be made. Therefore, our results could guide recommendations that an 8-week, controlled Wii® game console intervention could be effective in mitigating the levels of balance and walking speed in the older adults.

On the other hand, to the authors' knowledge, there is no research that investigates the therapeutic effect of the Wii Fit[®] video console on frailty and its relationship to falling, walking speed, and SPBB. However, physical performance factors have been strongly associated with decreased frailty, suggesting that improvements in physical performance play an important role in preventing or reducing frailty [43]. Along these lines, a slow walking speed (<0.8 m/s) has been found to be a simple indicator to diagnose frailty in the primary care setting [34]. These data are in line with those displayed in the present study. This could occur, because improving walking speed and balance by using the Wii Fit[®] would positively affect maintenance of the neuroendocrine and autonomic nervous systems and brain morphology, thus contributing to the prevention of frailty in the older adults [44].

3.1. Limitations, Strengths, and Future Lines of Research

The findings of this study must be considered within the context of its limitations. The small sample size and selection using a nonrandomized convenience sampling procedure may lead to the results not being representative of the rest of the population. Likewise, the existence of a small number of studies on this subject makes it difficult to contrast the results obtained. It should be noted that the study presents a series of limitations that would affect the representativeness of the sample and, therefore, the results and conclusions obtained.

It is necessary to propose studies with a larger sample, and at random, to strengthen the hypotheses raised. On the other hand, it is necessary to specify the physiological changes, at the neural level, and of muscular components that are generated as a consequence of the intervention carried out and, if it is possible, to establish comparisons with the physiological changes produced by traditional balance exercises. Therefore, new research is necessary to increase to study and reaffirm the possible relationship between falling risk and balance, and walking speed and balance, among older adults with sarcopenia (according to their age), and to analyze their influence on strength and functional capacity.

3.2. Practical Applications

This study presents use of the Nintendo Wii Fit[™] game console for 8 weeks (a total of 20 sessions) in older adults as stable therapy in order to improve the physical components related to frailty. In addition, research details the feasibility of other low-cost treatments and opens the possibility of implementing a new innovative rehabilitation method that is accessible, even for services with limited resources. In this way, due to its therapeutic capacity, the Nintendo Wii Fit[™] game console is presented as an alternative to conventional therapies, capable of promoting changes in the person, favoring adherence to treatment, and achieving the objectives set within residential centers.

4. Conclusions

The main conclusion of this study is that a Wii Fit[®] console intervention for 8 weeks improved walking speed, static balance, and reduced falling risk and frailty levels in institutionalized older adults. Likewise, current research showed a positive relationship between frailty level changes during the intervention with falling risk and walking speed, and a negative relationship with the Short Physical Performance Battery. Thus, through a rehabilitation program with a Wii Fit[®] game console, frailty levels were reduced, accompanied by a decrease in falling risk, an increase in static balance, and an increase in walking speed.

Author Contributions: Conceptualization, J.J.G.-B., M.J., and J.G.-S.; methodology, M.J. and J.G.-S.; software, J.J.G.-B., J.M.-A., and R.S.-C.; formal analysis, J.J.G.-B., J.M.-A., D.F.-L., and R.S.-C.; investigation, M.J. and J.G.-S.; data curation, J.J.G.-B., J.M.-A., D.F.-L., and R.S.-C.; writing – original draft preparation, M.J., J.M.-A., and R.S.-C.; writing – review and editing, J.J.G.-B., M.J., J.M.-A., and R.S.-C.; visualization, J.J.G.-B., M.-J., J.G.-S., J.M.-A., D.F.-L., and R.S.-C.; supervision, J.J.G.-B., M.J. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was performed following of the Declaration of Helsinki guidelines and was approved by the Institutional Review Board University of Burgos (protocol code 29/2019 – March, 2019).

Informed Consent Statement: All subjects signed informed consent previous to the start of the study.

Data Availability Statement: Data sharing is not applicable to this article.

Conflicts of Interest: The authors indicate that they have no conflict of interest.

References

1. Machón, M.; Vergara, I.; Dorronsoro, M.; Larrañaga, N.; Vrotsou, K.; Larrañaga, I. Current situation of the Research on Living Conditions and Health Status of Elderly People in Spain. *Enferm. Clin.* **2016**, *26*, 15–22. [[CrossRef](#)]
2. Da Silva, A. Intervención no Farmacológica en Enfermos con Apatía en la Demencia. Ph.D. Thesis, University of Burgos, Burgos, Spain, 2015.
3. Rendón, M.C.; Rodríguez, M.A. Valoración Clínica Geriátrica Integral en Medicina Familiar. *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.* **2011**, *49*, 171–177. [[CrossRef](#)]
4. López, R.; Mancilla, E.; Villalobos, A.; Herrera, P. *Manual de Prevención de Caídas en el Adulto Mayor*, 1st ed.; Ministerio de Salud de Chile: Santiago, Chile, 2010; pp. 13–17.
5. Sánchez, L.M.; González, U.; González, A.; Bacallao, J. Calidad de Vida Psíquica y Estado de Salud Física en el Adulto Mayor. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* **2014**, *13*, 337–342.
6. Van Diest, M.; Stegenga, J.; Wörtche, H.J.; Verkerke, G.J.; Postem, K.; Lamothe, C.J. Exergames for Unsupervised Balance Training at Home: A Pilot Study in Healthy Older Adults. *Gait Posture* **2015**, *44*, 161–167. [[CrossRef](#)]
7. Garcia, J.; Schoene, D.; Lord, S.; Delbaere, K.; Valenzuela, T.; Navarro, A. Bespoke Kinect Stepping Exergame for Improving Physical and Cognitive Function in Older People: A Pilot Study. *Games Health J.* **2016**, *5*, 382–388. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Formiga, F. Las Caídas, un Síndrome Geriátrico por Excelencia. *Rev. Esp. Geriatr. Gerontol.* **2009**, *44*, 299–300. [[CrossRef](#)]
9. Cerda, L. Manejo del Trastorno de Marcha del Adulto Mayor. *Rev. Med. Clin. Las Condes* **2014**, *25*, 265–275. [[CrossRef](#)]
10. Debra, J. *Equilibrio y Movilidad con Personas Mayores*, 2nd ed.; Editorial Paidotribo: Badalona, Spain, 2014.
11. Contreras, K.; Cubillos, R.; Hernández, O.; Reveco, C.; Santis, N. Rehabilitación Virtual en la Intervención de Terapia Ocupacional. *Rev. Chil. Terap. Ocup.* **2014**, *14*, 197–209. [[CrossRef](#)]
12. Cohen, G.; Firth, K.; Biddle, S.; Lloy, M.J.; Simmens, S. The First Therapeutic Game Specifically Designed and Evaluated for Alzheimer’s Disease. *Am. J. Alzheimer’s Dis. Other Dement.* **2008**, *23*, 540–551. [[CrossRef](#)]
13. Shih, C.H. A Standing Location Detector Enabling People with Developmental Disabilities to Control Environmental Stimulation through Simple Physical Activities with Nintendo Wii Balance Boards. *Res. Dev. Disabil.* **2011**, *3*, 699–704. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. White, K.; Schofield, G.; Kilding, A.E. Energy Expended by Boys Playing Active Video games. *J. Sci. Med. Sport* **2011**, *4*, 130–134. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Lange, B.; Flynn, S.; Proffitt, R.; Chang, C.Y.; Rizzo, A.Z. Development of an Interactive Game-Based Rehabilitation Tool for Dynamic Balance Training. *Top. Stroke Rehabil.* **2010**, *17*, 345–352. [[CrossRef](#)]
16. Vieira, G.; Simoes, M.D.; Mori, L.; Ribeiro, J.M.; Pereira, L.A.; Varise, E.M.; Carvas, N.J.; Lange, B.; Jacob Filho, W.; Pompeu, J.E. Feasibility, Safety, Acceptability, and Functional Outcomes of Playing Nintendo Wii Fit Plus™ for Frail Older Adults: A Randomized Feasibility Clinical Trial. *Maturitas* **2018**, *118*, 20–28. [[CrossRef](#)]
17. Nilsagard, Y.E.; Forsberg, A.S.; Von Koch, L. Balance Exercise for Persons with Multiple Sclerosis Using Wii Games: A Randomised, Controlled Multi-centre Study. *Mult. Scler.* **2013**, *19*, 209–216. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Toulotte, C.; Toursel, C.; Olivier, N. Wii Fit® Training vs. Adapted Physical Activities: Which One is The Most Appropriate to Improve the Balance of Independent Senior Subjects? A randomized Controlled Study. *Clin. Rehabil.* **2012**, *26*, 827–835. [[CrossRef](#)]
19. Andresen, E.M.; Wolinsky, R.; Miller, P.; Wilson, M.M.; Malmstrom, T.; Miller, D. Cross-sectional and Longi-

- tudinal Risk Factors for Falls, Fear of Falling, and Falls Efficacy in a Cohort of Middle-aged African Americans. *Gerontologist* **2006**, *46*, 49–57. [CrossRef]
20. Lavedán, A.; Jürschik, P.; Botigué, T.; Nuin, C.; Viladrosa, M. Prevalencia y Factores Asociados a Caídas en Adultos Mayores que Viven en la Comunidad. *Atención Primaria* **2015**, *47*, 367–375. [CrossRef] [PubMed]
21. Instituto Nacional de Estadística (INE). Encuesta Personas Mayores. 2019. Available online: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=1488> (accessed on 22 January 2021).
22. Berg, K.; Wood-Dauphinée, S.; Williams, J.I.; Gayton, D. Measuring Balance in the Elderly: Preliminary Development of an Instrument. *Physiother. Can.* **1989**, *41*, 304–311. [CrossRef]
23. Shumway-Cook, A.; Baldwin, M.; Polissar, N.L.; Gruber, W. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults. *Phys. Ther.* **1997**, *77*, 812–819. [CrossRef] [PubMed]
24. Phelan, E.; Mahoney, J.; Voit, J.; Stevens, J. Assessment and Management of Fall Risk in Primary Care Settings. *Med. Clin. N. Am.* **2015**, *99*, 281–293. [CrossRef] [PubMed]
25. Consejo Interterritorial del SNS. *Documento de Consenso sobre Prevención de Fragilidad y Caídas en la Persona mayor. Estrategia de Promoción de la Salud y Prevención en el SNS*, 1st ed.; Ministerio de Sanidad y Consumo: Madrid, Spain, 2014.
26. Downton, J.H. *Falls in the Elderly*, 1st ed.; Edward Arnold: London, UK, 1993.
27. Vasunilashorn, S.; Coppin, A.K.; Patel, K.V.; Lauretani, F.; Ferrucci, L.; Bandinelli, S.; Guralnik, J.M. Use of the Short Physical Performance Battery Score to predict loss of ability to walk 400 meters: Analysis from the InCHIANTI study. *J. Gerontol. Ser. A Biomed. Sci. Med. Sci.* **2009**, *64*, 223–229. [CrossRef]
28. Fried, L.; Tangen, C.; Walston, J.; Newman, A.; Hirsch, C.; Gottdiener, J.; Seeman, T.; Tracy, R.; Kop, W.J.; Burke, G.; et al. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* **2001**, *56*, 146–156. [CrossRef]
29. Huded, C.; Huded, J.M.; Friedman, J.L. Frailty Status and Outcomes after Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Am. J. Cardiol.* **2016**, *117*, 1966–1971. [CrossRef] [PubMed]
30. Hubbard, R.E.; Lang, I.A.; Llewellyn, D.J.; Rockwood, K. Frailty, body mass index, and abdominal obesity in older people. *J. Gerontol. Ser. A Biomed. Sci. Med. Sci.* **2010**, *65*, 377–381. [CrossRef]
31. Gordon, E.H.; Peel, N.M.; Samanta, M.; Theou, O.; Howlett, S.E.; Hubbard, R.E. Sex differences in frailty: A systematic review and meta-analysis. *Exp. Gerontol.* **2017**, *89*, 30–40. [CrossRef]
32. Ferguson, C.J. An Effect Size Primer: A Guide for Clinicians and Researchers. *Prof. Psychol. Res. Pract.* **2009**, *40*, 532–538. [CrossRef]
33. Manchester, D.; Woollacott, M.; Zederdauer-Hylton, N.; Marin, O. Visual, Vestibular and Somatosensory Contributions to Balance Control in the Older adult. *J. Am. Geriatr. Soc.* **1989**, *44*, 118–127. [CrossRef]
34. Castell, M.V.; Sánchez, M.; Julián, R.; Queipo, R.; Martín, S.; Otero, A. Frailty Prevalence and Slow Walking Speed in Persons Age 65 and Older: Implications for Primary Care. *BMC Fam. Pract.* **2013**, *14*, 86. [CrossRef] [PubMed]
35. Casals, C.; Casals, J.L.; Suárez, E.; Aguilar, M.P.; Estébanez, F.M.; Vázquez, M.A. Frailty in Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus and its Relation with Glucemic Control, Lipid Profile, Blood Pressure, Balance, Disability Grade and Nutritional Status. *Nutr. Hosp.* **2019**, *35*, 820–826. [CrossRef]
36. Hamer, M.; Ingle, L.; Carroll, S.; Stamatakis, E. Physical Activity and Cardiovascular Mortality Risk: Possible Protective Mechanisms? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2011**, *44*, 84–88. [CrossRef]
37. Campa, F.; Silva, A.M.; Toselli, S. Changes in Phase Angle and Handgrip Strength Induced by Suspension Training in Older Women. *Int. J. Sports Med.* **2018**, *39*, 442–449. [CrossRef]
38. Dos Santos, L.; Ribeiro, A.S.; Nunes, J.P.; Tomeleri, C.M.; Nabuco, H.; Nascimento, M.A.; Sugihara Junior, P.; Fernandes, R.R.; Campa, F.; Toselli, S.; et al. Effects of Pyramid Resistance-Training System with Different Repetition Zones on Cardiovascular Risk Factors in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 6115. [CrossRef]
39. Dos Santos, L.; Ribeiro, A.S.; Gobbo, L.A.; Nunes, J.P.; Cunha, P.M.; Campa, F.; Toselli, S.; Schoenfeld, B.J.; Sardinha, L.B.; Cyrino, E.S. Effects of Resistance Training with Different Pyramid Systems on Bioimpedance Vector Patterns, Body Composition, and Cellular Health in Older Women: A Randomized Controlled Trial. *Sustainability* **2020**, *12*, 6658. [CrossRef]
40. Yagüe, M.P.; Yagüe, M.M.; Lekuona, A.; Sanz, M.C. Los Videojuegos en el Tratamiento Fisioterápico de la Parálisis Cerebral. *Fisioterapia* **2016**, *38*, 295–302. [CrossRef]
41. Cinek, A.; Razak, A.; Tarakci, E. Interactive Video Game-Based Approaches Improve Mobility and Mood in Older Adults: A Nonrandomized, Controlled Trial. *J. Bodyw. Mov. Ther.* **2020**, *24*, 252–259. [CrossRef]
42. Manlapaz, D.; Jayakarany, P.; Chapple, C.; Sole, G. A Narrative Synthesis of Nintendo Wii Fit Gaming Protocol in Addressing Balance among Healthy Older Adults: What System Works? *Games Health J.* **2017**, *6*, 65–74. [CrossRef] [PubMed]

43. Jeoung, B.J.; Lee, Y.C.H. A Study of Relationship between Frailty and Physical Performance in Elderly Women. *J. Exerc. Rehabil.* **2015**, *11*, 215–219. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Narazaki, K.; Matsuo, E.; Honda, T.; Nofuji, Y.; Yonemoto, K.; Kumagai, S. Physical Fitness Measures as Potential Markers of Low Cognitive Function in Japanese Community-Dwelling Older Adults without Apparent Cognitive Problems. *J. Sports Sci. Med.* **2014**, *13*, 590–596. [[PubMed](#)]

Article

Impact of an Intervention with Wii Video Games on the Autonomy of Activities of Daily Living and Psychological-Cognitive Components in the Institutionalized Elderly

Maha Jahouh ¹, Jerónimo J. González-Bernal ^{1,*}, Josefa González-Santos ^{1,*}, Diego Fernández-Lázaro ², Raúl Soto-Cámara ^{1,*} and Juan Mielgo-Ayuso ¹



¹ Department of Health Sciences, University of Burgos, 09001 Burgos, Spain; mjx0002@alu.ubu.es (M.J.); jfmielgo@ubu.es (J.M.-A.)

² Department of Biochemistry, Molecular Biology and Physiology, Faculty of Health Sciences, Campus of Soria, University of Valladolid, 42003 Soria, Spain; diego.fernandez.lazaro@uva.es

³ Neurobiology Research Group, Faculty of Medicine, University of Valladolid, 47005 Valladolid, Spain

* Correspondence: jejavier@ubu.es (J.J.G.-B.); mjgonzalez@ubu.es (J.G.-S.); rscamara@ubu.es (R.S.-C.)

Abstract: As people age, the risk of disease increases and deterioration becomes more noticeable. These changes can increase the risk of cognitive impairment, with negative consequences for the quality of life and the ability to perform activities of daily living (ADLs) in older people, which translate into greater dependence and loss of wellness. This study aimed to determine the impact and effectiveness of the use of the Wii[®] game console (Nintendo Company Limited, Kyoto, Japan) on improving performance of basic and instrumental ADLs, as well as its relationship with cognitive impairment levels and mood in institutionalized older people. A longitudinal study was designed, whose study population consisted of people over 75 years of age who lived in a nursing-home or attended a day care center ($n = 80$; 45 women). Cognitive status was assessed using Lobo's Mini-Cognitive Examination (MCE) and Global Deterioration Scale (FAST-GDS), while the psychological assessment used the Dementia Apathy Interview and Rating (DAIR), Yesavage scale for Geriatric Depression (EGD-15), and Goldberg Anxiety and Depression Scale (EADG). Differences from T1 to T2 in the control group (control; $n = 40$; 23 women; 83.25 ± 8.78 years; 76.35 ± 13.54 kg) and in the experimental group (Wii; $n = 40$; 22 women; 85.05 ± 8.63 years; 74.60 ± 13.01 kg) were evaluated using a paired Student's *t*-test or Wilcoxon's signed rank test, and a two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) test. Differences in Δ (%) and other tests at T1 and T2 were compared using the independent *t*-test or Mann-Whitney U test, with the treatment category as a fixed factor. The results showed that the Wii[®] video console had a positive influence for older people, increasing cognitive status and levels of ADLs, and psychological status. In addition, a positive correlation between performance of ADLs and cognitive status was observed, as well as a negative correlation with the psychological status. Through a rehabilitation program with a Wii[®] game console in the elderly, depression, anxiety and apathy levels were reduced, accompanied by an increase in memory and attention, as well as in performance of basic and instrumental ADLs.

Keywords: memory; attention; apathy; depression; anxiety; Wii; elderly; Spain

1. Introduction

The world's population is aging rapidly. As people age, the risk of disease and dependent status increases. These changes can increase the risk of cognitive impairment, with negative consequences for quality of life and the ability to perform activities of daily living (ADLs) among older people, which translates into greater dependence and loss of wellness [1–3]. Tasks such as feeding, grooming, and bathing are considered basic ADLs, while instrumental ADLs include complex, goal-directed, and community-focused voluntary behavior



Citation: Jahouh, M.; González-Bernal, J.J.; González-Santos, J.; Fernández-Lázaro, D.; Soto-Cámara, R.; Mielgo-Ayuso, J. Impact of an Intervention with Wii Video Games on the Autonomy of Activities of Daily Living and Psychological-Cognitive Components in the Institutionalized Elderly. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 1570. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041570>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou
Received: 31 December 2020
Accepted: 3 February 2021
Published: 7 February 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral

with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

such as ability to handle finances, problem solving, responsibility for own medications, and housekeeping [4]. Cognitive impairment and dependence in ADLs are related to an increase in mortality, even when the effects of sociodemographic or socioeconomic variables, or health conditioning factors, are controlled [5]. Furthermore, there is an interrelation between cognitive impairment and alteration of ADL performance [6,7].

Currently, new technologies are undergoing significant development. Their implementation in everyday life has become more common. A clear example of such new technologies is the use of electronic games, which are an effective resource for the improvement of cognitive skills such as attention and memory, concentration, intelligence, and creativity and, of course, problem solving [8,9].

The new generation of video games, also called exergames, require a dynamic interaction of the player through movements in order to activate the characteristics of the game. This has aroused interest in their impact in various environments, and their physical and cognitive benefits [10–12]. An emerging line of research on exergames, a combination of exercise with electronic games, is the study of psychological variables, especially in their maintenance [11], since a decrease in cognitive functioning is closely related to increasing age and the appearance of depressive processes, which in turn are related to degenerative diseases, such as those related to dementias [11,13].

Some recent research has used the games of the Wii® video console to determine their possible benefits in different groups in rehabilitation processes and proprioceptive neuromuscular training, as well as the impact of this type of physical activity on ADLs and quality of life [14,15]. Simsek et al. found that a rehabilitation program using the Nintendo Wii® is as effective as the Bobath method in recovering the functions of daily life and quality of life in patients following an acute stroke [16]. Furthermore, Uysal et al. observed an improvement in ADL scores and balance in children with spastic hemiplegic cerebral palsy [17]. In addition, Moon et al. showed improvements in balance, gait, and ADLs in a group of Parkinson's patients after balance training with a Wii Fit® balance board [18].

However, few studies have assessed the use of the Wii Fit® video console on the cognitive and psychological state, and on the performance of basic and instrumental ADLs, in older people. In this sense, Monteiro et al. showed a moderate improvement in semantic memory and executive functioning in institutionalized older people after a single session with the Wii Fit® game console [19]. On the other hand, Santamaria et al. obtained improvements in dynamic balance and attention in older adults after 15 sessions with the Wii Fit® game console [20]. Likewise, Chesler et al., after an intervention with Wii Fit®, observed a decrease in depression levels and apathy [21]. However, to the best knowledge of the authors, no studies have related the effect of the use of the Wii Fit® on the performance of basic and instrumental ADLs and cognitive and psychological status in a group such as the institutionalized elderly. In this group, it is estimated that between 21% and 27% of European people have cognitive impairment [22,23], and between 32% and 54% have problems performing ADLs, which can affect their physical/motor performance [7,24].

Alteration in the performance of ADLs is a consequence of the aging process. This process interacts with others and could trigger more dependent aging as a consequence of cognitive impairment. Therefore, a precise intervention is considered necessary to improve ADL performance in the institutionalized elderly, as well as various cognitive components [25,26]. Therefore, the objective of this study was to determine the impact and effectiveness of the use of the Wii® game console on improving basic and instrumental ADLs, as well as its relationship with cognitive and psychological levels, in institutionalized older people.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design: Participants

A longitudinal study with an experimental group and control group was performed. Eighty elderly people (45 women), who were institutionalized or who attended the day care center in the "Mixed Nursing Home for the Elderly Burgos I – Cortes" (Burgos, Spain), were the study population. In order to control the influence of as many variables as possible, this study was carried out in a natural context.

Being older than 75 years, being institutionalized in the nursing-home or attending the day center on a daily basis, being able to stand up with physical support, and obtaining a score equal to or greater than 10 in the Lobo's Mini-Cognitive Examination (MCE) were the inclusion criteria. The cut-off points for a score equal to or greater than 10 on the MCE was established since it is necessary that the person, even if they have a moderate deterioration, be able to react to and follow the guidelines of the game, or have the minimum necessary intuition.

Subjects who permanently used technical aids such as wheelchairs, those with a diagnosis of cardiovascular disease, those with hearing and/or visual limitations that prevented them from using the Nintendo Wii® video console, those with severely disorganized behaviors, and those with any type of medical contraindication were excluded. The last three exclusion criteria were decided by a multidisciplinary team, including the residents' doctor and based on the reports of each of member. Consequently, it was decided to exclude people with cardiovascular disease, since some exercises require exertion and prolonged standing and some participants, due to their conditions, could not follow the development of the sessions. On the other hand, the residential center has users with mental illnesses; some were included in the research, but others by decision of the team and medical prescription were excluded when presenting maladaptive behavior, missing sessions, or not committing to the investigation.

After verifying compliance with the established inclusion criteria, participants were selected by non-probabilistic convenience sampling. Based on the voluntary character of the study, it was designed to access the available cases from the population and select the participants from among them.

The study received a favorable report from the Institutional Review Board of the University of Burgos (Protocol code 29/2019; March 2019) and was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki.

2.2. Procedure: Data Collection

Prior to starting the study, meetings were held with possible participants in order to present the procedure. In the first, the project, its objective, and the intervention's exercises, as well as its voluntary nature, were explained. They were invited to participate in the study, and signed the informed consent in the case of acceptance. Later, in successive meetings, they were instructed about the video games and virtual reality, including explanations and practical demonstrations to internalize their use.

Participants were randomized to the control group (control; $n = 40$, 23 women; 83.25 8.78 years) and to the experimental group (Wii; $n = 40$, 22 women; 85.05 8.63 years) by an independent investigator, using the block randomization method to ensure the same number of participants in both groups. All participants underwent an initial assessment at the time of inclusion in the study (T1), and another 8 weeks later (T2), coinciding with the completion of the intervention in the Wii group. The examiner who carried out the assessment, as well as the researcher who analyzed the data statistically, were blinded with respect to the group to which the participants belonged. In addition, clear instructions were provided to the participants to not reveal the group to which they had been assigned during the assessment visits.

The intervention consisted of 20 rehabilitation sessions, developed over eight consecutive weeks, and made up of different activities with the Nintendo Wii Fit® video game console. Regarding the session distribution, all participants received three sessions in one

week and two sessions in the next, rotating each week cyclically until they completed all 20 sessions. These sessions were held in the nursing home, in the assembly hall, as it had a television, a chair, and the appropriate material for the Wii® game console, in addition to good lighting and ventilation, and being free from distractions. The approximate duration of each session was 40–45 min. During the sessions, the participants worked on different cognitive processes, such as memory and attention. In addition, implicitly, it was intended that participants activated their muscle tone and maintained balance during the different activities.

All sessions had four fundamental parts: (1) The games to be played in the session, as well as the necessary rules to execute them correctly, were explained to the participant by the therapist. As the intervention program progressed, the participants were expected to increase their interaction with the game, progressively reducing or eliminating verbal support from the therapist. (2) An aerobic-type game such as “Step” was used as a warm-up exercise. With this activity, the person began to interact with the interface and focused their attentional processes on the game, since, for example, without this attention the participants would not be able to coordinate the right foot, the left foot, or both feet to follow the choreography of the steps. (3) The next game was played specifically to work on attention, concentration, and memory; this game is called “Nodding”. In this game, a goalkeeper throws balls or bears from both the left and right sides. The participant was required to lean to one side or the other to avoid all possible bears and head all possible balls; in other words, the participants had to swing on the same side of the ball or on the opposite side of the bear. The more balls that were headed, and the more bears that were dodged, the more cognitive processes the participant would have activated. (4) To end the session, the participants had to choose a game that they wanted to try or play for a period of 5 min. In this last phase, the video games were expected to recover their playful component. The researchers also gathered feedback on experiences, impressions, and comments on the games from the participants in this phase.

During the intervention period, all participants continued with their conventional nursing home-provided treatments and therapies, such as physical therapy, occupational therapy, and gymnastics sessions. The control group was evaluated under the same parameters and the same time points as the Wii group, with the only difference being that they did not participate in any rehabilitation program involving virtual reality.

2.3. Main Outcomes: Instruments

The cognitive status, the performance of ADLs, and the psychological status of the participants were the main outcomes from the study. Their state was evaluated using the following instruments and questionnaires:

- **Cognitive assessment:** the cognitive status of the participants was evaluated using the MCE. This is an adapted and validated version for the Spanish population of the “Mini-Mental State Examination” [27]. In this study, the 30-point version was used, instead of the 35-point version, since it has been the most widely used internationally and allows comparisons with other investigations. The test-retest reliability is 0.89, while the inter-rater reliability is 0.82. Through 11 items, this test assesses the essential cognitive functions of the participants: orientation, registration, attention and concentration, fixation and short-term memory, language, calculation, memory, nomination, repetition, compression, reading, writing, and drawing [28]. The score obtained ranges from 1 to 30; values lower than 10 indicate severe cognitive damage, values between 11 and 20 moderate cognitive damage, values between 21 and 26 mild cognitive damage, and values higher than 27 normal cognitive status. The Global Deterioration Scale (GDS) was also used, which allows professionals and caregivers to measure and record the cognitive, behavioral, and functional impairment of patients [29]. This scale classifies deterioration into seven stages, where 1 corresponds to the absence of deterioration and 7 to the most severe deterioration. Stage 4 or mild deterioration is characterized by patients who require help with complex tasks such as managing fi-

nances, planning a dinner, and so forth. In stage 5, or moderate deterioration, patients need help to choose adequate clothing. In stage 6, or moderately severe deterioration, patients need help to dress and bathe, and they begin to experience urinary and fecal incontinence. Although the MCE scale is already a sufficient tool, complementing its use with the GDS is useful because this tool provides information on behavioral deterioration and dependent status, and also relates the person's cognitive status with their score on the MCE. Each stage of the GDS is related to a score of the MCE, so if a person improves or worsens, changes on his score in MCE and GDS stage can reflect this [30].

- **Functional assessment:** to assess the basic ADLs, the Katz Index of Independence in Activities of Daily Living was used [31]. This index assesses six basic functions in terms of dependency or independence: bathing, dressing, toileting, transferring, continence, and feeding. Its assessment is based on the direct observation of the patient by health personnel during their stay in a center, and/or by direct questioning with the patient, caregivers, or a family member by health personnel. The ability to perform each of the tasks is valued at 0, while disability is valued at 1. Therefore, the higher the score, the greater the dependency. It is an effective indicator of active life expectancy, since the higher the score, the lower the active life expectancy. It is an indicator poorly sensitive to small changes in ADL performance [32]. To complement the assessment of basic ADLs, the Barthel Index [33] was also used. Both scales were included in the research to determine the AVDS of a patient because, while the Katz scale measures rapid changes (acute context), the Barthel scale is more conducive to the long-term assessment [34]. This index assesses the level of independence of the patient in some basic ADLs, such as feeding, bathing, grooming, dressing, bowel control, bladder control, toilet use, transferring (bed to chair and back), and mobility on level surfaces or stairs. The evaluator assigns different scores and weights according to the patient's ability to perform the different activities. The score obtained ranges from 1 to 100, with intervals of 5 points; values closer to 0 indicate higher levels of dependency, and values closer to 100 more independence [33,35]. The evaluation was carried out by an occupational therapist, accompanied by the auxiliary reference staff and the residential center occupational therapist. In this case, there was no interview with any family members, since the information from two different professionals was sufficient and included the nursing assistant who assists users in ADLs, and the occupational therapist who oversees evaluation and stimulation of the AVDs of the users. The ability to carry out instrumental ADLs was assessed using the Lawton and Brody index [36]. This index assesses eight instrumental activities, such as the ability to use a telephone, shopping, food preparation, housekeeping, laundry, mode of transportation, responsibility for own medications, and ability to handle finances. Those people with an inability to perform one or more activities are considered dependent to different degrees. Each area is scored according to the description that best corresponds with it, assigning a maximum of 1 point and a minimum of 0 points. The maximum dependence would be reflected by a score of 0 points, while a score of 8 points would express the total independence of the patient.
- **Psychological evaluation:** the Dementia Apathy Interview and Rating (DAIR) was used to assess the level of apathy of the participants. This questionnaire, which includes 14 items, was administered to a knowledgeable caregiver who had to indicate how often the patient had suffered the content of the sentence over the past month, using a four point scales: 0 – no or almost never; 1 – sometimes; 2 – very often; 3 – yes or almost always. The total score is obtained by adding the score obtained in each of the completed items and dividing it by the number of completed items. Higher scores on this scale represent greater severity of apathy. The DAIR is a reliable assessment with high internal consistency ($\alpha = 0.89$) [37]. The Yesavage scale for Geriatric Depression (EGD-15) was used to assess the presence of depressive symptoms [38,39]. This scale explores only the cognitive symptoms of a major depressive episode, with a

dichotomous response pattern to facilitate the responses of the person evaluated. There is a short version of 15 items, with an internal consistency that ranges between 0.76 and 0.89. The cut-off points are: 0–5: normal; 6–10: moderate depression; >10: severe depression.

Finally, for the evaluation of anxiety and depression, the Goldberg Anxiety and Depression Scale (EADG) was used. This test consists of two subscales, one for the detection of anxiety and the other for the detection of depression. Both scales have nine questions; the first four are obligatory, while the remaining five are only formulated if any of the earlier questions are answered in the affirmative. The evaluator should ask the patient about the symptoms contained in the scales, referring to the previous 15 days. The person is considered to have anxiety if they answer affirmatively to four or more items, and depression if they give two or more affirmative answers [40].

3 Statistical Analysis

The mean and standard deviation (SD) were used to describe the sample. The change percentage of the variables between T1 and T2 in the tests was calculated as Δ (%): $((T2 - T1) / T1 \times 100)$ for each study group. Differences from T1 to T2 in each group were evaluated by the paired Student's *t*-test or the Wilcoxon signed rank test, based on the compliance of the normality criteria of the data using the Kolmogorov–Smirnov test. Differences in Δ (%) and other tests at T1 and T2 were compared between treatment categories by the independent sample Student's *t*-test or Mann–Whitney *U* test, with the treatment category as a fixed factor. Finally, to determine the correlation of the cognitive status and psychological status with capacity to perform basic and instrumental ADLs, the Pearson linear correlation was used, with the change percentage in these parameters.

A one-way univariate analysis of variance (ANOVA) test was used to determine significant differences in sociodemographic data at baseline. A two-way repeated measures ANOVA test was used to explore the interaction effects (time per treatment group: $t \times G$) between both groups (control and Wii) for cognitive status, capacity to perform basic and instrumental ADLs, and anxiety, depression, and apathy. As age and sex could be factors influencing these variables, it was decided to include them as possible confounding factors in the analysis. Moreover, the statistical power was calculated.

Effect sizes were calculated using partial eta squared ($\eta^2 p$) and interpreted according to the following criteria: If $\eta^2 p < 0.05$, there is no effect; if $0.05 \leq \eta^2 p < 0.26$, the effect is minimal; if $0.26 \leq \eta^2 p < 0.64$, the effect is moderate; and if $\eta^2 p \geq 0.64$, the effect is strong [41]. Statistical analysis was performed with SPSS version 25 software (IBM-Inc, Chicago, IL, USA). GraphPad Prism 6 software (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA, USA) was used to prepare the graph. Statistical significance was established when the *p*-value < 0.05 .

4. Results

Table 1 displays the sociodemographic data at baseline. No significant differences were determined at baseline in age, body mass, or waist, arm and leg circumferences ($p > 0.05$).

The basic and instrumental ADLs of the sample are summarized in Table 2. There were no statistically significant differences between the groups in any of the tests performed at the beginning of the study, while at the end of the study, the Wii group presented higher values than the control group on the Barthel index (66.88 \pm 1.36 versus 79.25 \pm 14.17) and lower values on the Katz index (1.30 \pm 1.20 versus 0.82 \pm 1.19). When analyzing the relationship of the anthropometric values of the same group during the study period, a statistically significant decrease in the Katz index was observed in the Wii group, as well as a statistically significant increase in the Barthel and Lawton and Brody indexes. There were statistically significant differences between groups over time on the Katz index (p ($t \times G$) = 0.028), Barthel index (p ($t \times G$) = 0.025), and Lawton and Brody index (p ($t \times G$) < 0.001).

Table 1. Sociodemographic characteristics of the sample at baseline.

Control (n = 40)	Wii (n = 40)	p	$\eta^2 p$	Statistical Power
Age (Years)				
83.25 ± 8.78	85.05 ± 8.63	0.285	0.015	0.186
Body mass (kg)				
76.35 ± 13.54	74.60 ± 13.01	0.927	0.000	0.051
Waist circumference (cm)				
96.73 ± 14.47	96.97 ± 14.74	0.645	0.003	0.074
Arm circumference (cm)				
31.18 ± 37.99	31.25 ± 37.99	0.579	0.004	0.085
Leg circumference (cm)				
49.86 ± 11.34	49.65 ± 12.37	0.858	0.000	0.032

Data expressed as mean ± SD; Data adjusted for sex and age. p: statistical significance by univariant one-way analysis of variance (ANOVA).

Table 2. Activities of daily living (ADLs) data of the control group and Wii group before and after the intervention.

	Control (n = 40)	Wii (n = 40)	p-Value (t×G)	$\eta^2 p$	Statistical Power
Katz index					
T1	1.23 ± 1.29	0.95 ± 1.37	0.028	0.051	0.303
T2	1.30 ± 1.20	0.82 ± 1.19 * and			
Barthel index					
T1	68.10 ± 20.75	75.30 ± 16.69	0.025	0.064	0.614
T2	68.88 ± 21.36	79.25 ± 14.17 * and			
Lawton and Brody index					
T1	5.88 ± 1.81	5.25 ± 2.44	<0.001	0.161	0.964
T2	5.85 ± 1.81	5.90 ± 1.81 *			

Data expressed as mean ± standard deviation (SD); Data adjusted for sex and age; p-value (t×G): Group-by-time interaction (p < 0.05); Two-factor repeated-measures ANOVA; *: Significant differences between periods within the same study group by dependent Student's t-test; significant differences between groups in the same study period by independent Student's t-test.

Change percentage on ADLs data in both groups during study is represented in Figure 1. Statistically significant differences were observed in the change percentage on the Barthel index and Lawton and Brody index during the study, depending on the group (p < 0.05). Specifically, in the Wii group, the change percentage on the Barthel index and Lawton and Brody index was 6.61 9.26 and 37.92 92.51% , respectively, while in the control group it was ± 2.08 12.03% and ± 0.36 2.26%.

Table 3 shows the data for the cognitive status of the participants. When analyzing the cognitive status of both groups in the same study period, no statistically significant differences were observed. On the other hand, after the follow-up time, a statistically significant increase on the MCE was observed in the Wii group, and on the Fast-GDS in the control group. Furthermore, a statistically significant decrease on the MCE was observed in the control group, and on the Fast-GDS in the Wii group. There were statistically significant differences between groups over time on the MCE (p (t×G) = <0.001) and Fast-GDS (p (t×G) = 0.001).

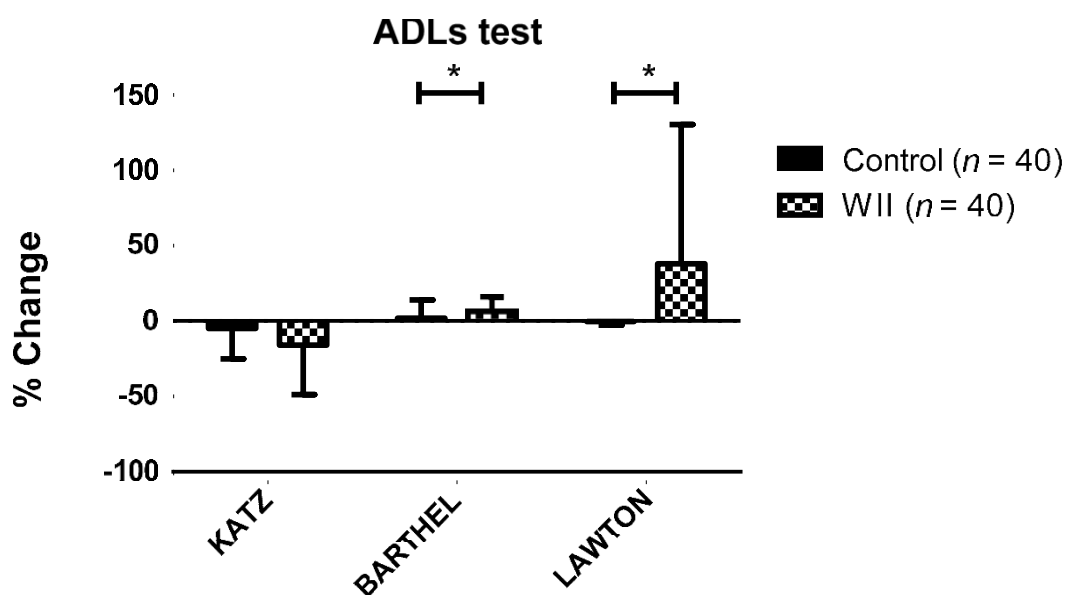


Figure 1. Change percentage during the study in both groups on the ADL test variables. Data are expressed as the mean \pm standard deviation (SD). * Significant differences between groups ($p < 0.001$).

Table 3. Cognitive data of the control group and Wii group before and after the intervention.

	Control (n = 40)	Wii (n = 40)	p-Value (t×G)	$\eta^2 p$	Statistical Power
MCE					
T1	23.10 \pm 5.73	21.28 \pm 5.78	<0.001	0.369	1.000
T2	22.40 \pm 6.00 *	23.32 \pm 5.50 *			
FAST-GDS					
T1	2.82 \pm 1.36	3.20 \pm 1.24	<0.001	0.181	0.982
T2	3.00 \pm 1.43 *	2.97 \pm 1.31 *			

Data expressed as mean \pm SD; Data adjusted for sex and age; p-value (t×G): Group-by-time interaction ($p < 0.05$); MCE: Mini-Cognitive Examination; FAST-GDS: Global Deterioration Scale; Two-factor repeated-measures ANOVA; *: Significant differences between periods within the same study group by dependent Student's *t*-test; Significant differences between groups in the same study period by independent Student's *t*-test.

Figure 2 represents the change percentage in the cognitive variables of both groups. Statistically significant differences were observed in the change percentage on the MCE and Fast-GDS during the study, depending on the group ($p < 0.05$). Specifically, in the Wii group the change percentage on the MCE and Fast-GDS was 11.64 13.94%, and 7.88 17.84%, respectively, while in the control group it was 3.37 6.53% and 6.83 16.05%.

Table 4 summarizes the psychological data of the sample. When the results obtained in the psychological tests by the same study group were compared over time, a statistically significant decrease on the EDG-15, DAIR, and EADG in the Wii group was observed, as well as a statistically significant increase on the EDG-15 and DAIR in the control group. There were no statistically significant differences between the groups in any of the tests performed at the beginning and end of the study. The joint interaction of the treatment group and time (t G) with the results of the psychological data revealed the existence of statistically significant differences in apathy, depression, and anxiety.

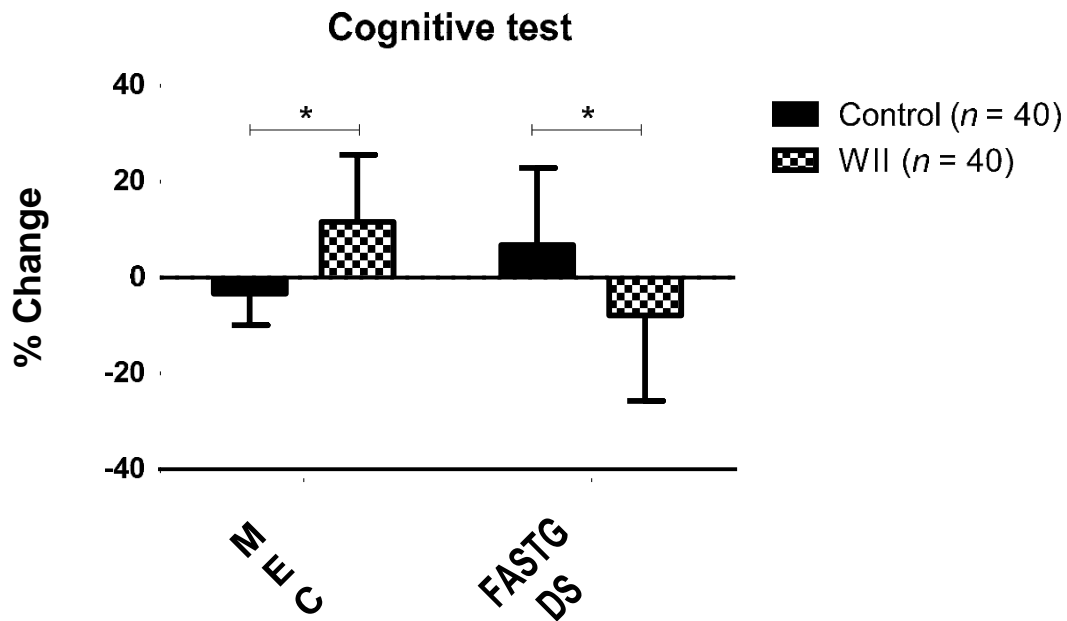


Figure 2. Change percentage during the study in both groups on cognitive variables; data are expressed as the mean \pm standard deviation (SD); * Significant differences between groups ($p < 0.001$).

Table 4. Psychological data of the control group and Wii group before and after the intervention.

	Control (n = 40)	Wii (n = 40)	p-Value (txG)	$\eta^2 p$	Statistical Power
EDG-15					
T1	4.35 \pm 2.80	5.85 \pm 3.50	<0.001	0.335	1.000
T2	5.08 \pm 3.15 *	4.55 \pm 2.84 *			
DAIR					
T1	1.33 \pm 0.26	1.42 \pm 0.27	<0.001	0.180	0.980
T2	1.34 \pm 0.25 *	1.37 \pm 0.27 *			
EADG					
T1	3.47 \pm 2.31	4.07 \pm 2.63	<0.001	0.212	0.0994
T2	3.78 \pm 2.48	3.08 \pm 2.14 *			

Data expressed as mean \pm SD; Data adjusted for sex and age; p-value (txG): Group-by-time interaction ($p < 0.05$); EDG-15: Geriatric Depression Scale; DAIR: Dementia Apathy Interview and Rating; EADG: Goldberg Anxiety and Depression Scale; Two-factor repeated-measures ANOVA; *: Significant differences between periods within the same study group by dependent Student's *t*-test; Significant differences between groups in the same study period by independent Student's *t*-test.

Statistically significant differences were observed in the change percentage of the psychological variables during the study, depending on the group. Specifically, when compared with the control group, the change percentage was higher and negative in the Wii group on the EDG-15 (18.01 27.11% versus 18.28 34.25%), 2.00 19.77%), DAIR (3.12 4.59% versus 1.43 7.25%), and EADG (24.17 26.53% versus 20.75 73.68%) (Figure 3).

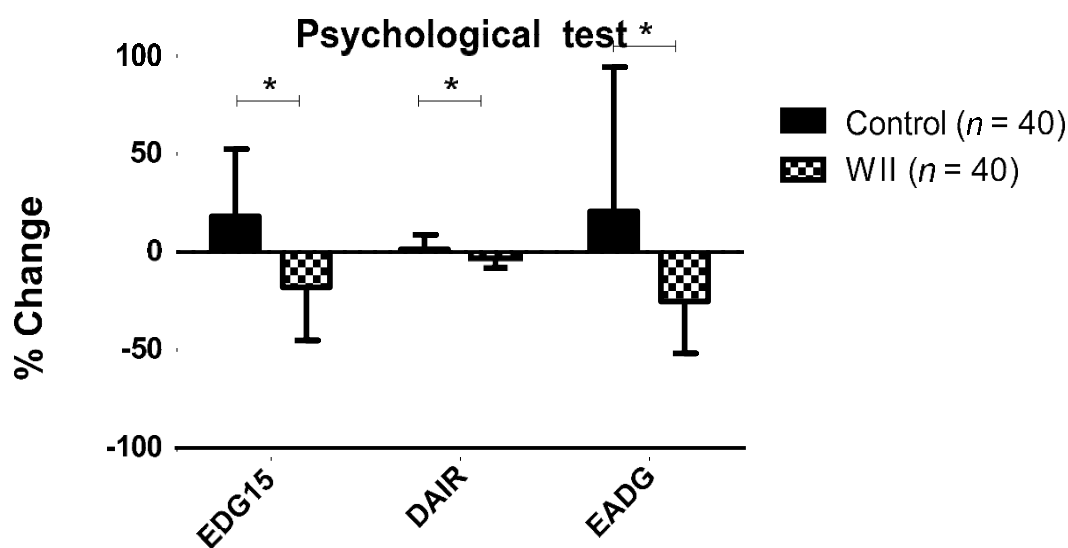


Figure 3. Change percentage during the study in both groups on psychological test variables; data are expressed as the mean \pm standard deviation (SD); * Significant differences between groups ($p < 0.001$).

The correlations between the cognitive status (MCE) and psychological status (EADG), and performance on basic and instrumental ADLs (Lawton and Brody index) are shown in Figure 4. A statistically significant and positive correlation was observed between the Δ MCE and the Δ Barthel index ($r = 0.287$; $p = 0.010$) and the Δ Lawton and Brody index ($r = 0.319$; $p = 0.004$). On the contrary, a statistically significant and negative correlation was obtained between the Δ EADG and the Δ Barthel index ($r = -0.302$; $p = 0.007$) and the Δ Lawton and Brody index ($r = -0.441$; $p < 0.001$).

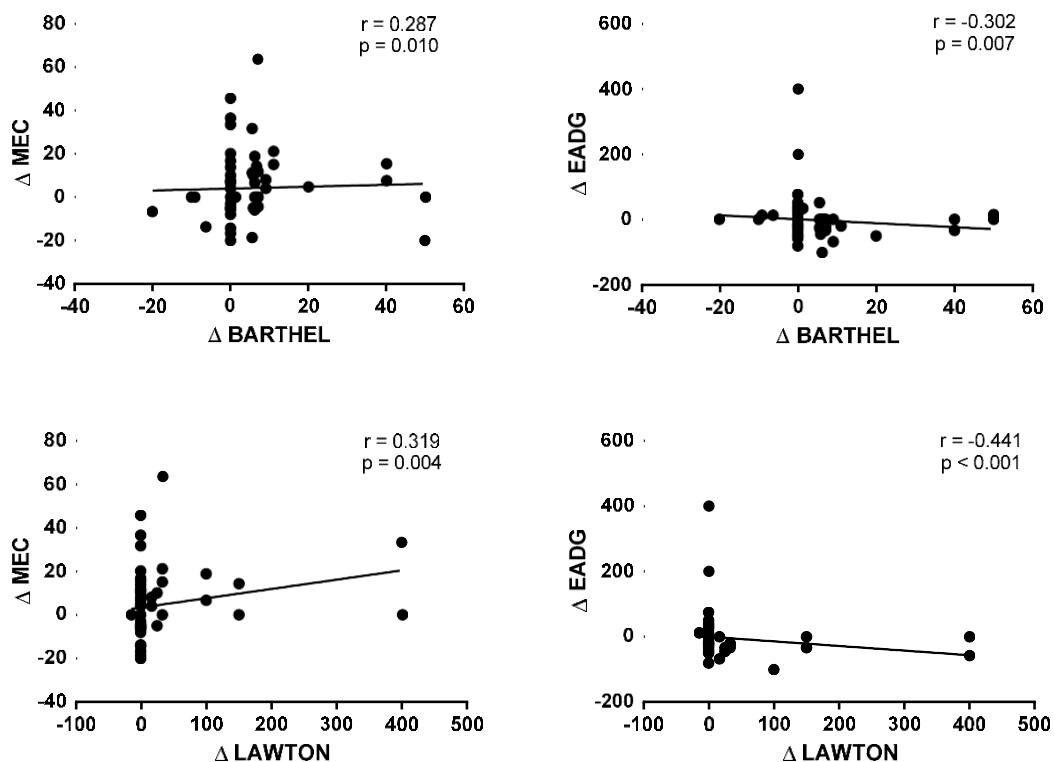


Figure 4. Correlations between the cognitive status and psychological status and performance on basic and instrumental activities of daily living.

3. Discussion

The objective of this study was determined the impact and effectiveness of use of the Wii Fit[®] game console on improving the cognitive and psychological status of the elderly, as well as its influence and relationship with performance on basic and instrumental ADLs. The main findings of this study showed that use of Wii Fit[®] video games improved the cognitive status of the elderly and decreased their depression levels. In addition, a relationship between the cognitive and psychological status and functionality was observed.

Age-related cognitive decline does not affect all cognitive functions equally [42]. As age advances, variability in cognitive performance is related to multiple factors [43]. The reduction in cognitive functions is associated with a poor stimulation of these capacities. The use of exergames can provide an environment that favors the activation of different sensory media [12]. Related to the results of this study, in which an improvement in the cognitive and psychological status of elderly people was observed, several authors have demonstrated an increase in executive functioning, such as information processing speed, reaction time, concentration, attention, and short-term memory, in addition to a decrease depression, anxiety, and apathy levels, in an environment of high stimulation, such as that created by exergames [44–46]. Santamaria et al. obtained significant improvements in attention, although not in concentration, after 15 sessions with the video game “Dance Dance Revolution” in 27 older adults (63.15 5.79 years) [20]. In another study carried out with older adults with chronic schizophrenia, a significant improvement was observed in general cognitive function and on the repetition and memory subscales in a group of participants who received an intervention of 10 sessions with the video game “Bolos”, compared to the control group [47].

Regarding the psychological state, Chesler et al. observed a clear decrease in depression levels and greater social interaction after a 6-week rehabilitation program using Wii Fit[®] games in Australian institutionalized older adults [21]. In contrast, a study carried out with 58 people who lived in a nursing home found statistically significant differences in physical appearance, but not in depression levels, after an exercise program using the Nintendo Wii Fit Plus[®] video console [48]. These results show that the changes are probably due to the use of specific video games since, depending on which one is used, the motivational processes of the participants may increase or not. Along these lines, Jinhui Li et al. observed a positive effect of the use of the Wii Fit[®] game console on depression, supporting its mediating role in positive emotions compared to traditional exercise [49]. In this case, exergames generated higher positive emotions than traditional exercise, further reducing depression below the threshold among older adults.

A growing number of studies are emerging that analyzed how disability influences the performance of basic and instrumental ADLs in institutionalized older people. In addition, capacity training through video games is also on the rise, since, unlike typical physical or motor therapy, video consoles not only have therapeutic benefits, but also have a motivational character which arouses interest and attention among users, favoring adherence to treatment, the achievement of objectives, and improvement of emotional well-being [50]. However, no research has specifically considered the therapeutic effect of the Wii Fit[®] on the cognitive and psychological state of institutionalized elderly, and their influence on the performance of basic and instrumental activities of daily life. However, according to Otero et al., as in the results obtained in this study, performance on ADLs is strongly related to cognitive and psychological health in the elderly. The correct execution of ADLs is impaired by the failure of a cognitive construct domain [51]. The alteration or loss of optimal performance in ADLs can be highly disabling for the person, and it generally leads to dependency and a decreased quality of life [52].

The findings of this study must be considered within the context of its limitations. The small sample size, and selection using a non-randomized convenience sampling procedure, may lead to the results not being representative of the rest of the population. Selecting a larger sample could make the results more representative. Likewise, the small number of studies on this subject makes it difficult to compare the results we obtained. These

limitations may reduce the representativeness of the findings and may have influenced the results of the study.

Even more emphasis should be placed on implementing more powerful randomized control designs with larger sample populations to test the questions of interest. There should also be greater emphasis on determining what specific musculoskeletal and neural adaptations occur in response to Wii Fit® training, and how those changes compare to other commonly used balance training interventions, such as uneven balance boards and yoga.

4. Conclusions

In recent years, society has experienced a growing older population, so promoting quality of life in old age is an immediate challenge for social policies. Making the aging process active requires stimulation, which can be achieved through rehabilitation programs with game consoles such as the Wii Fit®. This device has proven to be effective in institutionalized older people, by increasing their attention and memory levels, decreasing their depression, anxiety, and apathy levels and, therefore, increasing their performance of ADLs, both basic and instrumental. Furthermore, there is a relationship between cognitive and psychological status and performance of basic and instrumental ADLs, so improving the cognitive level and reducing psychological symptoms can promote the optimal performance of ADLs.

Author Contributions: Conceptualization, J.J.G.-B., M.J. and J.G.-S.; methodology, M.J. and J.G.-S.; software, J.J.G.-B., J.M.-A. and R.S.-C.; formal analysis, J.J.G.-B., J.M.-A., D.F.-L. and R.S.-C.; investigation, M.J. and J.G.-S.; data curation, J.J.G.-B., J.M.-A., D.F.-L. and R.S.-C.; writing – original draft preparation, M.J.; J.M.-A. and R.S.-C.; writing – review and editing, J.J.G.-B., M.J., J.M.-A. and R.S.-C.; visualization, J.J.G.-B., M.J.; J.G.-S., J.M.-A., D.F.-L. and R.S.-C.; supervision, J.J.G.-B., M.J. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board University of Burgos (protocol code 29/2019; March, 2019).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Bolandzadeh, N.; Kording, K.; Salowitz, N.; Davis, J.C.; Hsu, L.; Chan, A.; Sharma, D.; Blohm, G.; Liu-Amrose, T. Predicting Cognitive function from clinical measures of physical function and health status in older adults. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0119075. [[CrossRef](#)]
2. Razani, J.; Casas, R.; Wong, J.T.; Lu, P.; Alessi, C.; Josephson, K. Relationship between executive functioning and activities of daily living in patients with relatively mild dementia. *Appl. Neuropsychol.* **2007**, *14*, 208–214. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Agüero-Torres, H.; Thomas, V.S.; Winblad, B.; Fratiglioni, L. The impact of somatic and cognitive disorders on the functional status of the elderly. *J. Clin. Epidemiol.* **2002**, *55*, 1007–1012. [[CrossRef](#)]
4. Paixão, C.; Reichenheim, M.E. A review of functional status evaluation instruments in the elderly. *Cadernos Saude Publica* **2005**, *21*, 7–19. [[CrossRef](#)]
5. Sanchez, M.A.S.; Correa, P.C.R.; Lourenço, R.A. Cross-cultural adaptation of the “functional activities questionnaire – FAQ” for use in Brazil. *Dement. Neuropsychol.* **2011**, *5*, 322–327. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Gühne, U.; Angermeyer, M.C.; Riedel-Heller, S. Is mortality increased in mildly cognitively impaired individuals? *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* **2006**, *21*, 403–410. [[CrossRef](#)]
7. Black, S.A.; Rush, R.D. Cognitive and functional decline in adults aged 75 and older. *J. Am. Geriatr. Soc.* **2002**, *50*, 1978–1986. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Mitchell, A.; Savill-Smith, C. *The Use of Computer and Video Games for Learning: A Review of the Literature*, 3rd ed.; Learning and Skills Development Agency: London, UK, 2004; pp. 1–84.

9. Gee, J.P. *Good Video Games Plus Good Learning*, 1st ed.; Peter Lang Publishing: New York, NY, USA, 2007; pp. 1–194.
10. Ben-Sadoun, G.; Sacco, G.; Manera, V.; Bourgeois, J.; König, A.; Foulon, P.; Fosty, B.; Bremond, F.; D'Arripe-Longueville, F.; Robert, P. Physical and Cognitive stimulation using an exergame in subjects with normal aging, mild and moderate cognitive impairment. *J. Alzheimer's Dis.* **2016**, *53*, 1299–1314. [[CrossRef](#)]
11. Eggenberger, P.; Wolf, M.; Schumann, M.; De Bruin, E.D. Exergame and balance training modulate prefrontal brain activity during walking and enhance executive function in older adults. *Front. Aging Neurosci.* **2016**, *8*, 66. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Hill, N.T.; Mowszowski, L.; Naismith, S.L.; Chadwick, V.L.; Valenzuela, M.; Lampit, A. Computerized cognitive training in older adults with mild cognitive impairment or dementia: A systematic review and meta-analysis. *Am. J. Psychiatry* **2017**, *174*, 329–340. [[CrossRef](#)]
13. Arvanitakis, Z.; Capuano, A.W.; Leurgans, S.E.; Bennett, D.A.; Schneider, J.A. Relation of cerebral vessel disease to Alzheimer's disease dementia and cognitive function in elderly people: A cross-sectional study. *Lancet Neurol.* **2016**, *15*, 934–943. [[CrossRef](#)]
14. Kim, K.; Choi, B.; Lim, W. The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: A pilot randomized controlled trial. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* **2018**, *14*, 276–280. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Donath, L.; Rössler, R.; Faude, O. Effects of virtual reality training (exergaming) compared to alternative exercise training and passive control on standing balance and functional mobility in healthy community-dwelling seniors: A meta-analytical review. *Sports Med.* **2016**, *46*, 1293–1309. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Şimşek, T.T.; Çekok, K. The effects of Nintendo Wii™-based balance and upper extremity training on activities of daily living and quality of life in patients with sub-acute stroke: A randomized controlled study. *Int. J. Neurosci.* **2015**, *126*, 1061–1070. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Uysal, S.A.; Baltaci, G. Effects of Nintendo Wii™ training on occupational performance, balance, and daily living activities in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: A single-blind and randomized trial. *Games Health J.* **2016**, *5*, 311–317. [[CrossRef](#)]
18. Moon, J.; Jung, J.; Cho, H. Effects of balance training using a Wii Fit balance board on balance, gait and activities of daily living in patients with parkinson disease: A pilot randomized controlled trial. *Med. Leg Update* **2020**, *20*, 1799–1803. [[CrossRef](#)]
19. Monteiro, R.; Da Silva, L.; De Tarso, P.; Pinheiro, M.; Rodrigues, E.; Mendes, A.; Lage, M.; Engedal, K. Acute effects of exergames on cognitive function of institutionalized older persons: A single-blinded, randomized and controlled pilot study. *Aging Clin. Exp. Res.* **2017**, 387–394. [[CrossRef](#)]
20. Santamaría, K.G.; Fonseca, A.S.; Moncada Jiménez, J.; Solano Mora, L.C. Balance, attention and concentration improvements following an exergame training program in elderly. *Retos* **2017**, *33*, 102–105. [[CrossRef](#)]
21. Chesler, J.; McLaren, S.; Klein, B.; Watson, S. The effects of playing Nintendo Wii on depression, sense of belonging and social support in Australian aged care residents: A protocol study of a mixed methods intervention trial. *BMC Geriatr.* **2015**, *15*, 106. [[CrossRef](#)]
22. Ritchie, K.; Artero, S.; Touchon, J. Classification criteria for mild cognitive impairment. *Neurology* **2001**, *56*, 37–42. [[CrossRef](#)]
- Millán-Calenti, J.C.; Tubío, J.; Pita-Fernández, S.; González-Abraldes, I.; Lorenzo, T.; Maseda, A. Prevalence of cognitive impairment: Effects of level of education, age, sex and associated factors. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* **2009**, *28*, 455–460. [[CrossRef](#)]
23. Millán-Calenti, J.C.; Tubío, J.; Pita-Fernández, S.; González-Abraldes, I.; Lorenzo, T.; Fernández-Arruty, T.; Maseda, A. Prevalence of functional disability in activities of daily living (ADL), instrumental activities of daily living (IADL) and associated factors, as predictors of morbidity and mortality. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2010**, *50*, 306–310. [[CrossRef](#)]
24. Franco, M. Desempeño ocupacional, bienestar psicológico y sentido de la vida en personas institucionalizadas. Estudio preliminar. *Rev. Psicol. Salud* **2018**, *6*, 87–123. [[CrossRef](#)]
25. Custodia, N.; Herrera, E.; Lira, D.; Montesinos, R.; Linares, J.; Bendezú, L. Mild cognitive impairment: Where does normal ageing end and where dementia begins? *Rev. Fac. Med.* **2012**, *73*, 322–330.
26. Folstein, M.F.; Folstein, S.E.; McHugh, P.R. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J. Psychiatry Res.* **1975**, *12*, 189–198. [[CrossRef](#)]
27. López, J.; Martí, A. Instituto de Medicina Legal de Cataluña, Mini-examen cognoscitivo (MCE). *Rev. Esp. Med. Leg.* **2011**, *37*, 122–127.
28. Reisberg, B.; Ferris, S.; Franssen, E. An ordinal functional assessment tool for Alzheimer's-type dementia. *Psychiatry Serv.* **1985**, *36*, 593–595. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Beobide, I.; Ferro, A.; Miró, B.; Martínez, S.; Genua, M.I. The impact of automation on the safety of drug dispensing in nursing homes. *Farm. Hosp.* **2018**, *42*, 141–146. [[CrossRef](#)]

30. Katz, S.; Ford, A.B.; Moskowitz, R.W.; Jackson, B.A.; Jaffe, M.W. Studies of illness in the age: The index of adl, a standardized measure of biological and psychosocial function. *JAMA* **1963**, *185*, 914–919. [[CrossRef](#)]
31. Silva, G.D.S.F.D.; Bergamaschine, R.; Rosa, M.; Melo, C.; Miranda, R.; Filho, M.B. Avaliação do nível de atividade física de estudantes de graduação das áreas saúde/biológica. *Rev. Bras. Med. Esporte* **2007**, *13*, 39–42. [[CrossRef](#)]
32. Mahoney, F.I.; Barthel, D.W. Functional evaluation: The Barthel Index. *Md. State Med. J.* **1965**, *14*, 61–65. [[PubMed](#)]
33. Hartigan, I. A comparative review of the Katz ADL and the Barthel Index in assessing the activities of daily living of older people. *Int. J. Older People Nurs.* **2007**, *2*, 204–212. [[CrossRef](#)]
34. Mahoney, F.I.; Wood, O.H.; Barthel, D.W. Rehabilitation of chronically ill patients: The Influence of complications on the final Goal. *South. Med. J.* **1958**, *51*, 605–609. [[CrossRef](#)]
35. Lawton, M.P.; Brody, E.M. Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* **1969**, *9*, 179–186. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Strauss, E.; Sperry, S. An informant-based assessment of apathy in Alzheimer disease. *Cogn. Behav. Neurol.* **2002**, *15*, 176–183.
37. Incalzi, R.A.; Cesari, M.; Pedone, C.; Carbonin, P.U. Construct validity of the 15-Item geriatric depression scale in older medical inpatients. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.* **2003**, *16*, 23–28. [[CrossRef](#)]
38. Gómez, C.; Campo, A. Escala de yesavage para depresión geriátrica (GDS-15 y GDS-5): Estudio de la consistencia Interna y estructura factorial. *Univ. Psychol.* **2011**, *10*, 735–743. (In Spanish) [[CrossRef](#)]
39. Goldberg, D.; Bridges, K.; Duncan-Jones, P.; Grayson, D. Detecting anxiety and depression in general medical settings. *BMJ* **1988**, *297*, 897–899. [[CrossRef](#)]
40. Ferguson, C.J. An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. *Prof. Psychol. Res. Pract.* **2009**, *40*, 532–538. [[CrossRef](#)]
41. Harada, C.N.; Love, M.C.; Triebel, K.L. Normal cognitive aging. *Clin. Geriatr. Med.* **2013**, *29*, 737–752. [[CrossRef](#)]
42. Lipnicki, D.M.; Makkar, S.R.; Crawford, J.D.; Thalamuthu, A.; Kochan, N.A.; Lima-Costa, M.F.; Castro-Costa, E.; Ferri, C.P.; Brayne, C.; Stephan, B.; et al. Determinants of cognitive performance and decline in 20 diverse ethno-regional groups: A COSMIC collaboration cohort study. *PLoS Med.* **2019**, *16*, e1002853. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Adcock, M.; Fankhauser, M.; Post, J.; Lutz, K.; Zizlsperger, L.; Luft, A.R.; Guimarães, V.; Schättin, A.; De Bruin, E.D. Effects of an in-home multicomponent exergame training on physical functions, cognition, and brain volume of older adults: A randomized controlled trial. *Front. Med.* **2020**, *6*, 321. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Wiloth, S.; Lemke, N.; Werner, C.; Hauer, K. Validation of a computerized, game-based assessment strategy to measure training effects on motor-cognitive functions in people with dementia. *JMIR Serious Games* **2016**, *4*, e12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Van Santen, J.; Dröes, R.-M.; Holstege, M.; Henkemans, O.B.; Van Rijn, A.; De Vries, R.; Van Straten, A.; Meiland, F. Effects of exergaming in people with dementia: Results of a systematic literature review. *J. Alzheimer's Dis.* **2018**, *63*, 741–760. [[CrossRef](#)]
46. Chan, C.; Ngai, E.; Leung, P.; Wong, S. Effect of the adapted virtual reality cognitive training program among chinese older adults with chronic schizophrenia: A pilot study. *Int. J. Geriatr. Psychiatry* **2009**, *25*, 643–649. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Cicek, A.; Ozdincler, A.R.; Tarakci, E. Interactive video game-based approaches improve mobility and mood in older adults: A nonrandomized, controlled trial. *J. Bodyw. Mov. Ther.* **2020**, *24*, 252–259. [[CrossRef](#)]
48. Li, J.; Theng, Y.-L.; Foo, S.; Xu, X. Exergames vs. traditional exercise: Investigating the influencing mechanism of platform effect on subthreshold depression among older adults. *Aging Ment. Health* **2017**, *22*, 1634–1641. [[CrossRef](#)]
49. Contreras, K.; Cubillos, R.; Hernández, O.; Reveco, C.; Santis, N. Virtual rehabilitation in occupational therapy intervention. *Rev. Child Radiol.* **2014**, *14*, 205.
50. Castellano, J.; Hurtado, M.D.; Contreras, M.I. Mantenimiento de Roles Ocupacionales en el Envejecimiento. In *Cuidados, Aspectos Psicológicos y Actividad Física en Relación con la Salud*, 1st ed.; Pérez-Fuentes, M.C., Molero Jurado, M., Gázquez Linares, J.J., Barragán Martín, A.B., Martos Martínez, A., Pérez Esteban, M.D., Eds.; Asociación Universitaria de Educación y Psicología: Madrid, Spain, 2016; Volume 2, pp. 9–14.
51. Clement-Carbonell, V.; Ferrer-Cascales, R.; Ruiz-Robledillo, N.; Rubio-Aparicio, M.; Portilla-Tamarit, I.; Cabañero-Martínez, M.J. Differences in autonomy and health-related quality of life between resilient and non-resilient individuals with mild cognitive impairment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 2317. [[CrossRef](#)]

