

# **ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL ENVEJECIMIENTO EN LA FUERZA MUSCULAR Y EN EL EQUILIBRIO**

OIHANE BARRENA AIZCORBE

Master universitario en investigación en ciencias de la salud

Directoras: Ana Insausti y Mirian Garrues

## RESUMEN

### Palabras clave:

Ageing, functional test, strength, power and dynamic balance.

Envejecimiento, test funcionales, fuerza, potencia y equilibrio dinámico.

### Objetivos:

-Identificar cambios en la fuerza (máxima isométrica y explosiva) y en el equilibrio dinámico de las extremidades inferiores en las articulaciones de (caderas, rodilla y tobillo) entre los jóvenes y las personas mayores.

-Determinar la relación existente la disminución de la fuerza a nivel de las extremidades inferiores y del equilibrio asociados a la edad.

### Material y métodos:

Se ha realizado un estudio descriptivo transversal para determinar la fuerza máxima isométrica y explosiva de las extremidades inferiores y el equilibrio tanto en personas jóvenes como en personas mayores. Se incluyeron 29 personas en el estudio: 16 jóvenes (8 mujeres y 8 hombres) y 13 mayores (7 hombre y 6 mujeres).

Se valoró la fuerza isométrica máxima con un dinamómetro manual (microfoot3-Hoogan Health ®), la fuerza explosiva se determinó con el test “sit to stand”, y el equilibrio dinámico con los test “8 foot up and go” y “caminar en tandem 10 pasos”.

### Resultados:

Se encontraron diferencias significativas en la fuerza explosiva (tiempo en el test “sit to stand”), en la fuerza isométrica máxima de las extremidades inferiores y en los tests de equilibrio dinámico con relación a la edad.

En el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M) se encontró una relación inversa significativa entre la edad y los valores de fuerza de la extremidad inferior, los test de equilibrio agilidad así como, entre los valores de fuerza de la extremidad inferior y los tiempos obtenidos en los test de equilibrio dinámico (8 foot up and go y tiempo en 10 pasos).

**Conclusiones:**

La fuerza (isométrica máxima y explosiva), y el equilibrio dinámico, disminuyen en el proceso de envejecimiento.

Existe una relación entre los valores de fuerza y equilibrio, son dependientes el uno del otro, por lo que al disminuir la fuerza con el aumento de edad, disminuye también el equilibrio; y viceversa.

## GLOSARIO

ABD	Abducción
ADD	Adducción
CT10P	Caminar en tándem 10 pasos
DOM	Dominante
EEII	Extremidades inferiores
EPESE	Poblaciones establecidas para estudios epidemiológicos de la 3ª edad
EXT	Extensión
FLEX	Flexión
FLEX DOR	Flexión dorsal
GJ	Grupos jóvenes
GM	Grupo mayores
IMC	Índice de masa corporal
OCHOPMAX	Ocho pasos (máximo)
RE	Rotación externa
RI	Rotación interna
STS	“Sit to stand”
SENLEVMAX	Sentarse y levantarse (máximo)
TANT	Tandem
8FUG	“8 foot up and go”

## INTRODUCCIÓN

### **I. Envejecimiento y deterioro de la capacidad física y funcional:**

El envejecimiento de la población en todo el mundo ha sido considerado recientemente, uno de los fenómenos demográficos más importantes. Está causado por la clara disminución en las tasas de natalidad y mortalidad y el aumento de la esperanza de vida, y es reflejo del progreso socio-económico de los países.

Está estimado que la población mundial de más de 60 años de edad, pasará de aproximadamente 770 millones de personas en 2010 a mil millones en 2020. Es especialmente importante el incremento en número de las personas más edad (mayores de 80 años).

El proceso de envejecimiento tendrá consecuencias importantes en términos de salud, ya que, aunque se sabe que el envejecimiento no está necesariamente asociado con las enfermedades, el efecto acumulativo de las múltiples exposiciones, y las condiciones psicológicas, físicas y sociales, que son frecuentemente desfavorables, aumentan el riesgo de problemas de salud en personas mayores. Por esta razón, el proceso de envejecimiento es conocido por los costes en sanidad que genera. (Lee 2003)

El envejecimiento de la población en España, de manera similar a la población europea, será un importante reto social en el siglo XXI. En la sociedad actual, las personas mayores de 65 años son un grupo de interés político, económico, social y sanitario.

La esperanza de vida durante las últimas décadas ha sufrido un cambio vertiginoso, y en la actualidad una persona de 65 años puede vivir entre 15 y 20 años más. Esto supone, que, en un futuro próximo, un porcentaje elevado de nuestra sociedad serán personas mayores activas, o ancianos con enfermedades crónicas, que dependerán de otras personas para realizar sus tareas de la vida diaria, y vivirán con dependencia funcional.

Además se cree que la atención que necesitarán estas personas, aumentará de tal modo que podrían llegar a colapsar los presupuestos sanitarios y sociales de los próximos años.

Por ello, las tendencias sanitarias actuales se plantean reducir la morbilidad y hacer frente a la discapacidad funcional, prolongar la calidad de vida y reforzar la independencia funcional. (Garúes 2005)

Conforme avanza la edad, tiene lugar un deterioro estructural y funcional, de los sistemas fisiológicos, incluso en ausencia de enfermedad. Estos cambios afectan a una amplia gama de tejidos, órganos, sistemas y funciones, que en conjunto pueden afectar en el desarrollo de las actividades de la vida diaria y a la preservación de la independencia funcional.

Los cambios en la composición corporal, asociados al proceso fisiológico del envejecimiento, tienen efectos importantes en la salud y función física de los adultos mayores. Algunos ejemplos son: la acumulación de grasa corporal, la pérdida de masa muscular (sarcopenia) y el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Además del riesgo de desarrollar enfermedades vasculares, aumenta la posibilidad de padecer enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes tipo 2 y muchos tipos de cáncer que aumentan con la edad. Las poblaciones de mayor edad también presentan mayor prevalencia de enfermedades reumáticas degenerativas, como la osteoporosis y la artritis. Por todo esto, la edad se considera un factor de riesgo primario para la aparición y el desarrollo de las enfermedades crónicas degenerativas (Wojtek y col 2009).

Otras características asociadas al envejecimiento son: pérdida progresiva de capacidad visual y auditiva, aparición de demencias seniles (enfermedad de Alzheimer), pérdida de capacidad inmunitaria, pérdida en la asociación de ideas...lo que no hace si no empeorar el propio estado de salud del anciano.

El proceso de envejecimiento implica cambios funcionales y estructurales que interactúan entre sí, incluyendo los procesos del envejecimiento primario y los efectos del envejecimiento secundario (como resultado de enfermedades crónicas y estilos de vida) y los factores genéticos

A partir de la década de los 30 años empieza el deterioro funcional y estructural de los principales órganos y sistemas del cuerpo humano. El deterioro se acentúa aún más a partir de la década de los 60 años de edad; incluso en ausencia de enfermedad.

Una de las características del envejecimiento está relacionada con la disminución de la capacidad física o funcional, es decir, con la capacidad para desplazarse, relacionarse con el exterior y en definitiva adaptarse a las exigencias del entorno. La disminución de la fuerza muscular parece ser uno de los factores más determinantes que pueden provocar que una persona mayor esté incapacitada para levantarse de una silla, desplazarse y subir escaleras. Sin embargo, el deterioro de la aptitud física también afecta al equilibrio, la resistencia cardiovascular y la flexibilidad. Las personas mayores tienen menor capacidad para mantenerse en posición de equilibrio y evitar caídas, tienen mayor dificultad para realizar una actividad durante un periodo de tiempo prolongado y disminuye la movilidad articular general que le permite realizar tareas de la vida diaria como peinarse, pasar un cinturón por las trabillas del pantalón o ponerse el calzado (Izquierdo y col 1999, Tinetti y col 1990)

## **II. Efectos del envejecimiento en la fuerza y en el equilibrio**

La salud física, se define como la capacidad física para desarrollar actividades de la vida diaria de forma segura e independiente sin que aparezca fatiga. Entre los componentes más relevantes se encuentran:

- 1) La fuerza muscular (de las extremidades superiores e inferiores)
- 2) La resistencia aeróbica
- 3) La flexibilidad (de las extremidades superiores e inferiores)
- 4) La agilidad y equilibrio dinámico
- 5) La índice de masa corporal (IMC).

Las investigaciones ponen de manifiesto que preservar la salud física con relación a la fuerza y equilibrio es importante para mantener la movilidad funcional en las personas mayores así como para prevenir caídas y el deterioro funcional que acompaña el proceso de envejecimiento.

### *2.1. Efectos del envejecimiento en la fuerza*

Se define como fuerza a la capacidad que tiene el músculo para producir tensión al contraerse a una velocidad o en un tiempo determinado. (Knuttgén y Kraemer 1987, Häkkinen 1994, Gonzalez-Badillo y Gorostiaga 1995).

Esta tensión puede producirse durante acciones musculares: isométricas (en las que externamente no se aprecia ningún movimiento de carga aparente), concéntricas (la carga se moviliza en dirección contraria a la fuerza de gravedad) y excéntricas (movimiento de la carga a favor de la fuerza de gravedad).

La fuerza explosiva es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Dicha fuerza se cuantifica con ejercicios dinámicos que involucran diferentes grupos musculares, como son: la media sentadilla, la presa de piernas, la flexión de codo...). (González-Badillo y Ribas 2002).

Indudablemente, la valoración manual de la fuerza es un procedimiento altamente utilizado como método clínico para determinar la fuerza. Este tipo de valoración no requiere el uso de ningún tipo de equipo, puede ser aplicado de forma fácil, rápida y en diferentes situaciones. La extensión de este método y las ventajas de la valoración muscular manual contradicen con la subjetividad y la falta de sensibilidad de este método limitando su valor.

La subjetividad de la valoración manual reside en la falta de sensibilidad, particularmente en grados altos. Hace más de 50 años, Beasley demostró que una diferencia de fuerza del 20-25% no es discriminado por evaluadores que utilizan la valoración manual. Así mismo encontró que a niños que disponían del 50% de fuerza con respecto a la normalidad se les consideraba que disponían valores normales de fuerza menospreciando la falta de fuerza que disponían. Posterior al estudio de Beasley otros investigadores (Aitkens y col 1989 y Bohannon 2001) han documentado la falta de sensibilidad y la limitación de este método. Por este motivo parece importante la inclinación hacia el uso métodos de valoración cuantitativos.



La valoración cuantitativa de la fuerza implica ofrecer el resultado de la valoración en valor numérico real. Para que estas valoraciones sean prácticas deben ser rápidas y deben poder aplicarse a diversas situaciones o condiciones. En este sentido hay tres métodos de determinación de la fuerza máxima que quedan excluidos para el presente estudio por la falta de practicidad. Estos son la dinamometría isotónica, isométrica e isocinética. La falta de practicidad de estos métodos de valoración se asocia a la dificultad o imposibilidad de transporte de los aparatos y/o pesos. Por este motivo se presta a la valoración objetiva otros métodos: la dinamometría manual y los tests funcionales de fuerza.

La dinamometría manual “Hand-held dynamometry” involucra el uso de un dinamómetro sujeto por el evaluador y que se le aplica al evaluado en una región corporal. Existen diferentes modelos de dinamómetros que provienen de diferentes casas comerciales. Los dinamómetros que emplean células de carga son más caros que los que utilizan muelles pero posiblemente son mucho más precisos y preservan mejor en el tiempo su capacidad para medir (Bohannon y Andrews 1989).

Existen diferentes tests funcionales de fuerza sin embargo uno de los más empleados en población mayor es de sentarse y levantarse de silla “sit-to-stand test” también denominado “chair-stand test” El desarrollo de este test requiere una silla (preferiblemente sin reposamanos) de altura estándar. Preferiblemente la silla debe tener una superficie de respaldo firme y sin acolchados. Esta se sitúa en el test apoyada sobre la pared para estabilizarla. El individuo testado debe sentarse y levantarse de la silla lo más rápido posible sin hacer uso de las extremidades superiores; la instrucción que se le da al sujeto testado es que coloque los brazos cruzados sobre el pecho (Figura 4) Guralnik JM y col 1994.

El desarrollo de este test puede cuantificarse en base al número de repeticiones desarrolladas en un tiempo previamente establecido (10, 30 o 60sg) (Bohannon y col 1995 Jones CJ 1999) o el tiempo requerido para completar la acción de sentarse y levantarse de una silla 5 o 10 veces en el menor tiempo posible (Guralnik JM y col 1994, Csuka y col 1985, Netz y col 1997). En este estudio se determinó el tiempo empleado en sentarse u levantarse de la silla 5 veces.

El test de sentarse y levantarse se ha demostrado que posee validez discriminativa. Relaciona con la fuerza de los extensores de la rodilla (Bohannon y col 1995 Jones CJ 1999) y con la prensa de piernas (Rikli y Jones 1999). Este tipo de test pone de manifiesto que las personas que obtienen los valores más bajos (los tiempos más elevados o el menor número de repeticiones) son las personas de más edad, los que tienen menos hábitos de actividad física o los que requieren mayor asistencia en el desarrollo de actividades de la vida diaria (Guralnik y col 1994, Jones y col 1999, Netz y col 1997).

La fuerza, a partir de los 50 años disminuye entre un 15 y 20% por década. Esta disminución tiene consecuencias devastadoras en la capacidad para desarrollar actividades de la vida diaria en las que se ven involucradas las extremidades inferiores (por ejemplo, subir escaleras, caminar distancias prolongadas, levantarse de una silla o del servicio). Una disminución de la fuerza en las personas mayores se asocia a una disminución en la capacidad para desarrollar estas tareas diarias en las que se ven involucradas las extremidades inferiores. En este sentido, se puede afirmar que la disminución de la fuerza puede predecir el desarrollo de discapacidad en los próximos años.

Estudios realizados con personas de diferentes edades ponen de manifiesto que desde la cuarta hasta la sexta década de la vida hay un deterioro en el sistema neuromuscular que se refleja en una limitación de la capacidad para producir potencia muscular (un 30% de disminución por década de los 40 a los 60 años). Esta disminución de la potencia muscular es mayor que la de la capacidad para desarrollar la máxima tensión muscular de forma rápida (fuerza explosiva) (un 20-25% de disminución por década de los 40 a los 60 años) y aún mayor que la disminución que experimenta la fuerza máxima muscular (de un 10-15% por década). (Garrués 2005)

Preservar la fuerza muscular con el aumento de edad es también importante por el papel que juega en la prevención de caídas y en las consecuencias que éstas tienen asociadas (lesiones). La debilidad en la musculatura de las extremidades inferiores y presentar problemas de equilibrio son factores importantes que contribuyen al riesgo de caídas, con todas las implicaciones que eso conlleva. Aquellas personas con debilidad en las piernas tienen 4,9 veces más posibilidades de caer que aquellos con una fuerza normal de la extremidad inferior.

### *2.1. Efectos del envejecimiento en el equilibrio.*

El equilibrio es el proceso de mantenimiento de la posición del centro de gravedad del cuerpo verticalmente sobre la base de apoyo, y se basa en la interacción rápida y continua entre los sistemas visuales, vestibular y somatosensorial y las acciones de ejecución neuromusculares, suaves y coordinadas. (Hrysomallis 2011, Bird 2009). Con el aumento de edad existe un deterioro de todos estos sistemas que favorecen la aparición de caídas.

Estos cambios dan lugar a alteraciones en los movimientos que impiden un control del equilibrio postural. El origen de este problema reside en alteraciones neuromusculares y en los receptores sensoriales (Bird 2009).

Para poder cuantificar el equilibrio se han desarrollado múltiples test para determinar el equilibrio estático la estancia bipodal (Romberg) (ojos abiertos y cerrados) y Romberg progresivo (pies en paralelo, semitandem, tandem y estancia monopodal), multicomponent test of sensory interaction in balance, y dinámico; up and go, el “8 foot up and go”, sentarse y levantarse de una silla 5-10 veces, caminar en tandem, el “start excursión balance test”, estancias en superficies inestables, para el equilibrio dinámico así como el functional reach o multidirectional reach. (Hrysomallis 2011, Bird 2009, Hernandez y Rose 2008, Hurvitz y col 2000).

En cuanto a su utilidad no se encontraron diferencias significativas en los resultados obtenidos entre los test dinámicos y estáticos. (Arnold y col 2009)

## **HIPÓTESIS**

- La fuerza, tanto la explosiva como la máxima, y el equilibrio, estático y dinámico, se ven afectados por el proceso de envejecimiento, por lo que habrá una disminución significativa en estos parámetros, en un grupo de personas mayores, frente a un grupo de jóvenes.

- Existe una relación entre las variables de equilibrio y fuerza para toda la musculatura de los miembros inferiores que juega un papel importante en preservación del equilibrio.

## **OBJETIVOS**

- Identificar cambios en la fuerza (máxima isométrica y explosiva) y en el equilibrio dinámico de las extremidades inferiores (caderas, rodilla y tobillo) entre los jóvenes y las personas mayores.

- Determinar la relación existente las variaciones en los test de fuerza y equilibrio a nivel de las extremidades inferiores asociados a la edad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

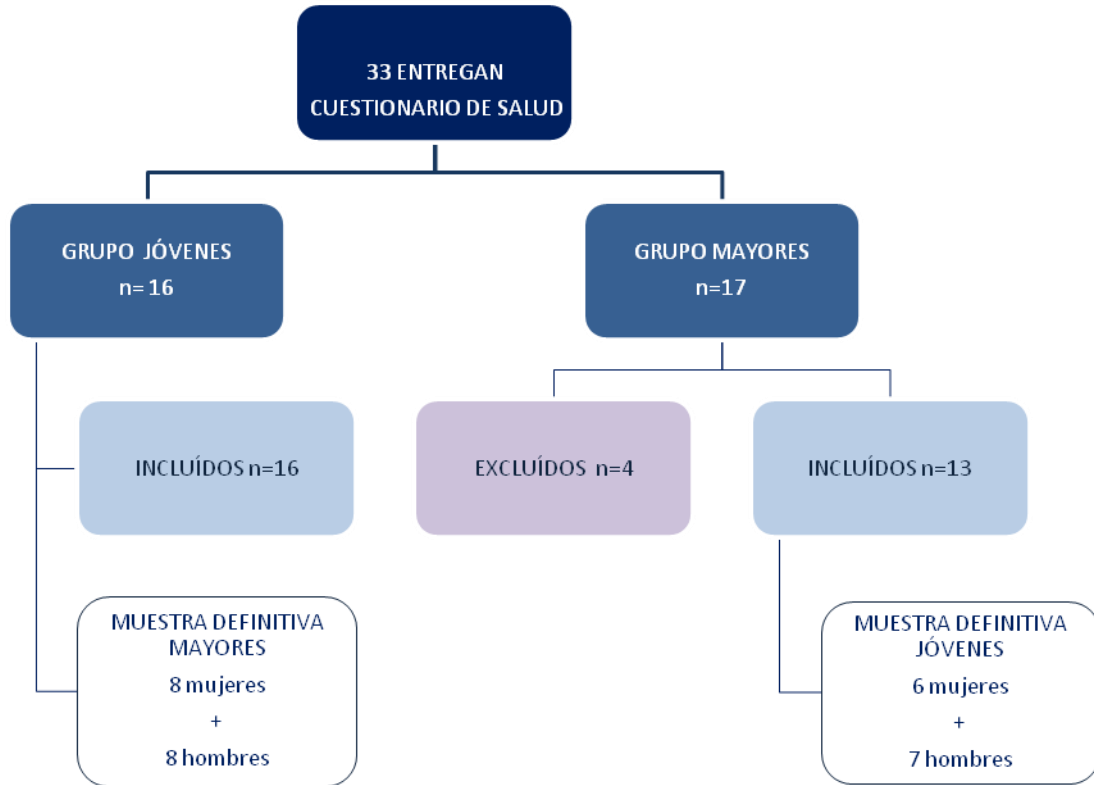
### **Población de estudio:**

Formaron parte del estudio un total de 33 estudiantes voluntarios del Campus de Tudela de la Universidad pública de Navarra.

Estos voluntarios se dividieron en dos grupos: grupo de jóvenes (GJ) y grupo de mayores (GM). El GJ estuvo formado por 16 alumnos de fisioterapia de entre 18 y 24 años, de los cuales 8 eran hombres y 8 mujeres. El GM lo constituyeron 17: 8 hombres y 9 mujeres, con edades comprendidas entre los 62 y 83 años de edad.

Las características de inclusión en el estudio fueron: la edad, ausencia de cualquier alteración que pudiese influir en los parámetros de estudio (trastornos auditivos, visuales...presencia de prótesis en la EEII, enfermedades neurológicas, cardiovasculares). Estas se determinaron mediante un cuestionario de salud que se les entregó a los voluntarios para que lo cumplimentasen.

**DISTRIBUCIÓN DE LOS PARTICIPANTES:**



### **Diseño del estudio:**

Se ha realizado un estudio descriptivo transversal para determinar la fuerza máxima isométrica (de cadera, rodilla y tobillo), la fuerza explosiva de las extremidades inferiores y test de equilibrio dinámico en personas jóvenes y mayores.

El estudio se desarrolló en la Universidad Pública de Navarra en el Campus de Tudela con estudiantes de 1er curso de fisioterapia y del aula de la experiencia.

Se realizaron sesiones informativas en las que se les comunicó del objeto del estudio y las características de los participantes. Los interesados fueron citados a una reunión en las que se les hacía entrega del cuestionario de salud y del consentimiento informado (Anexos 1 y 2). Posteriormente se les citaba de forma personal para el desarrollo de las valoraciones. Se les indicaba la duración total de la prueba y se informaba que debían llevar ropa y calzado cómodo, dormir adecuadamente la noche previa, evitar comidas copiosas y el consumo de alcohol y tabaco previo a las valoraciones así como evitar realizar ejercicio físico en los dos días previos a la valoración.

Las valoraciones se llevaron a cabo entre febrero y abril de 2011 desde las 10:00 hasta las 14:00 horas.

El grupo encargado de controlar y pasar las pruebas estuvo formado por 3 evaluadores que respectivamente valoraban:

- 1) Los test de equilibrio agilidad
- 2) La fuerza de la extremidad inferior
- 3) Ayuda en los test de fuerza y equilibrio, realiza las valoraciones antropométricas y analiza los cuestionarios de salud.



## **Materiales y métodos de valoración.**

A continuación se describen las mediciones realizadas a los participantes, en el orden en el que se llevaron a cabo. La duración total de las pruebas era de 45 minutos aproximadamente.

### **1. Antropometría :**

Conforme fueron llegando, se midió y peso a los participantes, con estos datos se calculó su IMC. Se recogieron los consentimientos informados y se revisó con ellos los cuestionarios de salud.

También se midió la longitud de su extremidad inferior, desde el trocanter mayor del fémur hasta el maleolo externo del peroné.

### **2. Fuerza isométrica:**

La medición de la fuerza isométrica máxima de la extremidad inferior se determinó con la ayuda de un dinamómetro manual (Microfoot-3 Hoggan Health), en la extremidad dominante y no dominante para los movimientos de las articulaciones de la cadera (flexión, extensión abducción aducción, rotación externa e interna), rodilla (flexión, extensión) y tobillo (flexión dorsal).

Durante el desarrollo de todas las valoraciones de fuerza de la extremidad se indicando al sujeto testado que alcanzase el desarrollo de la máxima fuerza en 1 o 2 seg y que posteriormente continuase manteniéndola durante máximo 3 o 4 sg más. En todos los testes la valoración se desarrolló eliminando o evitando el efecto de la fuerza de gravedad.

Todas las valoraciones de fuerza isométrica máxima se desarrollaron con el paciente en la camilla. El fisioterapeuta indicaba el movimiento a realizar para cada medición y a la orden de: “ya” el participante debía realizar una contracción isométrica, de fuerza máxima, en el menor tiempo posible, y mantenerla unos segundos. (Arnold y col 2010, Bohannon 1997)

Se realizaban 3 repeticiones de cada movimiento, con cuyos resultados se calculó la media, que fue el dato que se utilizó en el estudio. Esta prueba tuvo una duración aproximada de 20-25 minutos.

A continuación se describirán cada una de las valoraciones:

### MOVIMIENTO DE FLEXIÓN DE CADERA



Posición del paciente: tumbado en la camilla en decúbito supino.

Colocación del dinamómetro: por encima de la rodilla, en la cara anterior del muslo.

Músculo/s implicados: psoas-iliaco, sartorio y tensor de la fascia lata.

**Imagen 1A:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior izquierda en decúbito supino, para el movimiento de flexión de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

### MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN DE CADERA



Posición del paciente: tumbado en la camilla en decúbito prono.

Colocación del dinamómetro: por encima del hueso poplíteo, en la cara posterior del muslo.

Músculo/s implicados: Isquiotibiales y glúteo mayor.

**Imagen 1b:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior derecha en decúbito prono, para el movimiento de extensión de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

## MOVIMIENTO DE ABDUCCIÓN DE CADERA



**Imagen 1C:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior derecha en decúbito lateral, para el movimiento de abducción de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: tumbado en la camilla en decúbito lateral.

Colocación del dinamómetro: por encima de la articulación de la rodilla, en la cara externa del muslo.

Músculo/s implicados: glúteo menor, glúteo mediano, piramidal y tensor de la fascia lata.

## MOVIMIENTO DE ADDUCCIÓN DE CADERA



**Imagen 1D:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior izquierda en decúbito contra lateral, para el movimiento de adducción de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: tumbado en la camilla en posición de decúbito contra lateral.

Colocación del dinamómetro: por encima de la articulación de la rodilla, en la cara interna del muslo.

Músculo/s implicados: adductores, recto interno del cuadriceps y pectíneo.

## MOVIMIENTO DE ROTACIÓN INTERNA DE CADERA



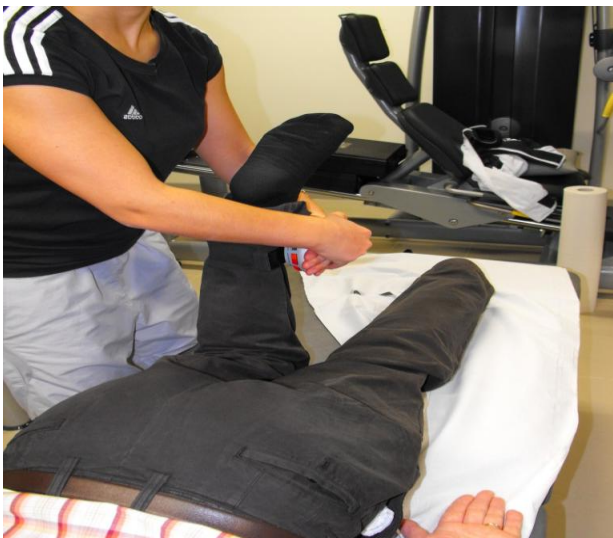
**Imagen 1E:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior derecha en decúbito prono, para el movimiento de rotación interna de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: tumbado en la camilla en decúbito prono, con la rodilla flexionada a 90°.

Colocación del dinamómetro: por encima del maleolo externo del peroné.

Músculo/s implicados: tensor de la fascia lata.

## MOVIMIENTO DE ROTACIÓN EXTERNA DE CADERA



**Imagen 1F:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior derecha en decúbito prono, para el movimiento de rotación externa de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: tumbado en la camilla en decúbito prono, con la rodilla flexionada 90°.

Colocación del dinamómetro: por encima del maleolo interno de la tibia.

Músculo/s implicados: satorio y obturador.

### **MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN DE RODILLA**



**Imagen 2A:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior izquierda en sedestación, para el movimiento de extensión de rodilla, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: sentado en la camilla con las rodillas flexionadas.

Colocación del dinamómetro: por encima de la articulación del tobillo, en la cara anterior de la tibia.

Músculo implicado: cuádriceps.

### **MOVIMIENTO DE FLEXIÓN DE RODILLA**



**Imagen 2B:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior izquierda en sedestación, para el movimiento de flexión de cadera, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: sentado en la camilla con las piernas flexionadas.

Colocación del dinamómetro: por encima del tendón de aquiles.

Músculo/s implicados: sartorio, recto interno del cuádriceps, tensor de la fascia lata, gemelos, coleo y delgado plantar.

## MOVIMIENTO DE FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO



**Imagen 3A:** Valoración de la fuerza isométrica de la extremidad inferior izquierda en decúbito supino, para el movimiento de flexión dorsal de tobillo, con ayuda de un dinamómetro manual.

Posición del paciente: sentado, con las piernas extendidas, apoyadas en la camilla.

Colocación del dinamómetro: en el dorso del pie.

Músculo/s implicados: tibial anterior y 3º peroneo.

### 3. Fuerza explosiva:

La fuerza explosiva de la extremidad inferior se determinó con el test de sentarse y levantarse de una silla 5 veces en el menor tiempo posible “sit to stand” (STS) test incluido en la batería EPESE (Ceria-Ulep y col 2010) en el que se cuantifica el tiempo empleado. (Imagen 4)

Al explicarles la prueba se les dio la instrucción de colocarse las manos cruzadas sobre el pecho, para así evitar posibles ayudas con las manos. Además debían realizar el movimiento completo, llegando a levantarse totalmente de la silla. (Bohannon y col 2010)

Cada participante realizó 3 repeticiones, de entre las cuales se escogió el mejor resultado.



**Imagen 4.** Test “STS” para valorar la fuerza explosiva de la extremidad inferior.

#### **4. Equilibrio:**

El equilibrio el dinámico se determinó con los test: “8 foot up and go” (8FUG) y “caminar en tandem 10 pasos” (CT10P), en ambos tests se cuantificó el mejor de los tiempos en tres intentos.

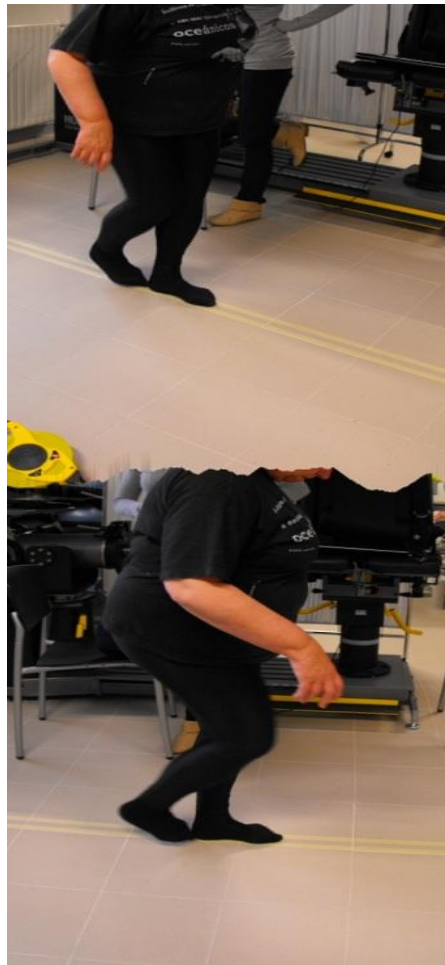
El test “8 foot up and go” determina el tiempo que tarda el paciente en desarrollar las siguientes actividades. El sujeto parte desde posición de sedestación en una silla (sin reposamanos). La señal verbal del evaluador inicia control del tiempo (sg,msg). El evaluado debe: levantarse de la silla, recorrer una distancia de 2,42 metros, dar la vuelta alrededor de un pivote, recorrer la misma distancia de vuelta y sentarse nuevamente en la silla lo más rápido posible. El cierre del tiempo se establece cuando el sujeto evaluado toma contacto nuevamente con la silla sentándose (Imagen 3B) (Kuptniratsaikul y col 2011). La prueba se repitió 3 veces y se tomo como referencia el mejor resultado obtenido.



**Imagen 5.** Test “8FUG” para valorar el equilibrio dinámico.

Por último se realizó el test: “CT10P”. (Imagen 6) El objetivo de este test era caminar diez pasos seguidos (colocando un pie a continuación del otro) sobre una línea recta marcada en el suelo, en el menor tiempo posible, sin perder la estabilidad, ni apoyar un pie fuera de la línea. (Shin Y Demura 2009)

El test se repitió 3 veces y se escogió el mejor de los tiempos.



**Imagen 3C.** “Caminar en tandem 10 pasos”.



**Análisis estadístico:**

Dados los objetivos del estudio se plantearon como principales métodos de análisis:

1) La determinación de las diferencias asociadas a la edad en cada una de las variables de fuerza y equilibrio analizadas con relación a la edad. Para ello se empleo una t-test Student para muestras independientes.

2) La relación existente entre las variables de fuerza y equilibrio con relación a la edad y para los dos grupos de edad se realizó con la correlación de Pearson.

Las diferencias estadísticas se establecieron con  $p < 0,05$  y se empleo el programa estadístico SPSS versión 18.

## RESULTADOS

De los 29 voluntarios que participaron en el estudio, no todos completaron la totalidad de las pruebas, ya que hubo una persona, del GM, que fue incapaz de realizar uno de los test: CT10P, por lo que se le excluyó en los resultados de esta prueba en concreto.

Las características físicas de ambos grupos de edad se resumen en la Tabla 1.

	EDAD	n	Media	DE.	T-tes p
<b>Edad (años)</b>	Jóvenes	16	20,44	2,22	0,00
	Mayores	13	67,00	7,16	
<b>TALLA (m)</b>	Jóvenes	16	1,71	,08	0,040
	Mayores	13	1,64	,09	
<b>PESO (kg)</b>	Jóvenes	16	62,92	9,15	0,108
	Mayores	13	70,67	15,66	
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Jóvenes	16	21,45	1,45	0,000
	Mayores	13	26,11	4,25	
<b>LEEH (cm)</b>	Jóvenes	16	87,72	4,63	0,002
	Mayores	12	81,78	4,11	
<b>Capacidad funcional</b>	Jóvenes	15	23,47	1,25	0,043
	Mayores	13	22,38	1,45	

**Tabla 1: Características Físicas y hábitos de práctica**

### Fuerza muscular:

Se encontraron diferencias significativas en la fuerza máxima isométrica con relación a la edad en todas las variables de fuerza tanto en valores absolutos (figuras 1-3, Tabla 2A, 2B y 2C) como relativos al peso corporal (Tabla 3A, 3B y 3C). En todos los casos los valores fueron superiores en el GJ.

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL ENVEJECIMIENTO EN LA FUERZA MUSCULAR Y EN EL EQUILIBRIO

Articulación	Acción	EDAD	n	Media (kg)	± DE	T-tes p
CADERA	FLEX dom	Jóvenes	16	30,36	6,59	,000
		Mayores	13	17,50	6,84	
	FLEX no dom	Jóvenes	16	29,57	5,76	,000
		Mayores	13	16,68	6,64	
	EXT dom	Jóvenes	16	29,19	6,22	,000
		Mayores	13	13,20	4,79	
	EXT no dom	Jóvenes	16	28,04	5,85	,000
		Mayores	13	13,14	4,41	
	ABD dom	Jóvenes	16	24,36	5,35	,000
		Mayores	13	11,43	3,85	
	ABD no dom	Jóvenes	16	21,94	5,63	,000
		Mayores	13	10,78	3,44	
	ADD dom	Jóvenes	16	21,51	6,26	,000
		Mayores	13	9,40	3,26	
	ADD no dom	Jóvenes	16	20,91	5,79	,000
		Mayores	13	9,53	3,46	
	RE dom	Jóvenes	16	13,04	3,74	,007
		Mayores	13	9,35	2,92	
	RE no dom	Jóvenes	16	12,88	4,44	,018
		Mayores	13	9,16	3,22	
RI dom	Jóvenes	16	11,65	2,61	,000	
	Mayores	13	6,97	2,19		
RI no dom	Jóvenes	16	9,86	3,18	,006	
	Mayores	13	6,63	2,48		

**Tabla 2 A:** Fuerza máxima en valores absolutos (kg) de la articulación de cadera, en las acciones de Flexión (FLEX) Extensión (EXT) Abducción (ABD) Aducción (ADD), Rotación externa (RE) y Rotación interna (RI) de la extremidad dominante (dom) y no dominante (no dom).

Articulación	Acción	EDAD	n	Media (kg)	± DE	T-tes p
<b>RODILLA</b>	EXT dom	Jóvenes	16	22,05	6,60	,000
		Mayores	13	10,75	4,14	
	EXT no dom	Jóvenes	16	21,07	5,32	,000
		Mayores	13	10,31	4,33	
	FLEX dom	Jóvenes	16	26,10	7,66	,000
		Mayores	13	16,73	3,54	
	FLEX no dom	Jóvenes	16	24,36	7,07	,000
		Mayores	13	14,72	4,23	

**Tabla 2 B:** Fuerza máxima en valores absolutos (kg) de la articulación de rodilla, en las acciones de Flexión (FLEX) Extensión (EXT) de la extremidad dominante (dom) y no dominante (no dom).

Articulación	Acción	EDAD	n	Media (kg)	± DE	T-tes p
<b>TOBILLO</b>	FLEX DOR dom	Jóvenes	16	19,21	5,61	,000
		Mayores	13	10,48	3,11	
	FLEX DOR no dom	Jóvenes	16	18,18	5,57	,000
		Mayores	13	9,96	2,86	

**Tabla 2 C:** Fuerza máxima en valores absolutos (kg) de la articulación de tobillo, en la acción de Flexión dorsal (FLEX DOR) de la extremidad dominante (dom) y no dominante (no dom).

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL ENVEJECIMIENTO EN LA FUERZA MUSCULAR Y EN EL EQUILIBRIO

Articulación	Acción	EDAD	N	Media (kg/kg)	± DE	T-tes p
CADERA	FLEX dom	Jóvenes	16	,48	,095	,000
		Mayores	13	,25	,092	
	FLEX no dom	Jóvenes	16	,47	,089	,000
		Mayores	13	,24	,084	
	EXT dom	Jóvenes	16	,47	,101	,000
		Mayores	13	,19	,074	
	EXT no dom	Jóvenes	16	,45	,095	,000
		Mayores	13	,19	,071	
	ABD dom	Jóvenes	16	,39	,082	,000
		Mayores	13	,17	,057	
	ABD no dom	Jóvenes	16	,35	,075	,000
		Mayores	13	,16	,055	
	ADD dom	Jóvenes	16	,34	,100	,000
		Mayores	13	,14	,046	
	ADD no dom	Jóvenes	16	,34	,096	,000
		Mayores	13	,14	,049	
	RE dom	Jóvenes	16	,21	,057	,000
		Mayores	13	,13	,032	
	RE no dom	Jóvenes	16	,20	,055	,000
		Mayores	13	,13	,032	
RI dom	Jóvenes	16	,19	,031	,000	
	Mayores	13	,10	,032		
RI no dom	Jóvenes	16	,16	,051	,000	
	Mayores	13	,09	,033		

**Tabla 3A:** Fuerza máxima en valores relativos (kg resistidos/kg peso corporal) de la articulación de cadera en las acciones de Flexión (FLEX) Extensión (EXT) Abducción (ABD) Aducción (ADD), Rotación externa (RE) y Rotación interna (RI) de la extremidad dominante (dom) y no dominante (no dom)

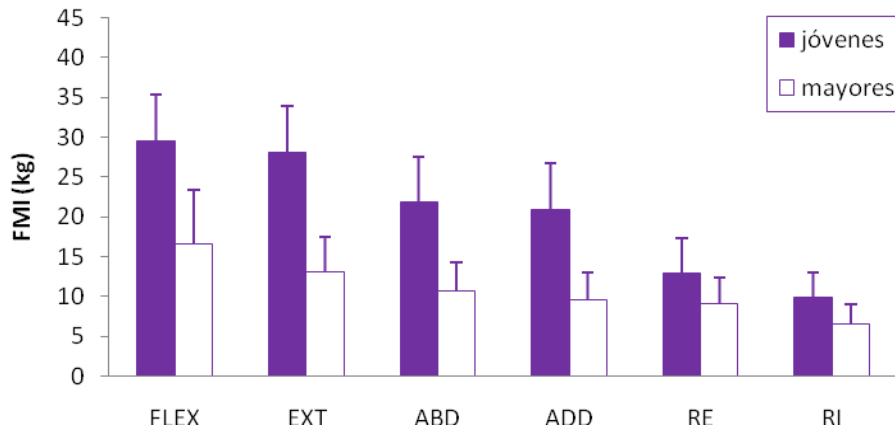
Articulación	Acción	EDAD	N	Media (kg/kg)	± DE	T-tes <i>p</i>
<b>RODILLA</b>	EXT dom	Jóvenes	16	,35	,089	,000
		Mayores	13	,15	,055	
	EXT no dom	Jóvenes	16	,34	,086	,000
		Mayores	13	,15	,063	
	FLEX dom	Jóvenes	16	,42	,121	,000
		Mayores	13	,24	,055	
	FLEX no dom	Jóvenes	16	,39	,114	,000
		Mayores	13	,21	,057	

**Tabla 3B:** Fuerza máxima en valores relativos (kg resistidos/kg peso corporal) de la articulación de rodilla en las acciones de Flexión (FLEX) y Extensión (EXT) de la extremidad dominante (dom) y no dominante (no dom)

Articulación	Acción	EDAD	N	Media (kg/kg)	± DE	T-tes <i>p</i>
<b>TOBILLO</b>	FLEX DOR dom	Jóvenes	16	,28	,084	,000
		Mayores	13	,14	,040	
	FLEX DOR no dom	Jóvenes	16	,27	,093	,000
		Mayores	13	,14	,043	

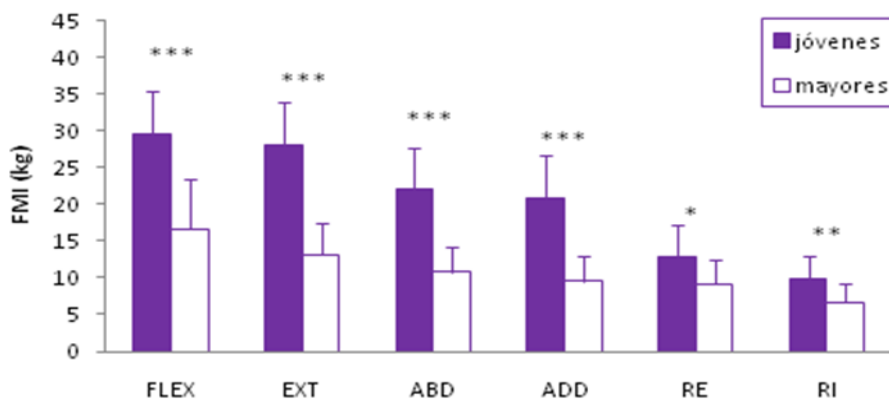
**Tabla 3C:** Fuerza máxima en valores relativos (kg resistidos/kg peso corporal) de la articulación de tobillo en la acción de Flexión dorsal (FLEX DOR) de la extremidad dominante (dom) y no dominante (no dom)

### Balance muscular de la Cadera (extremidad dominante)



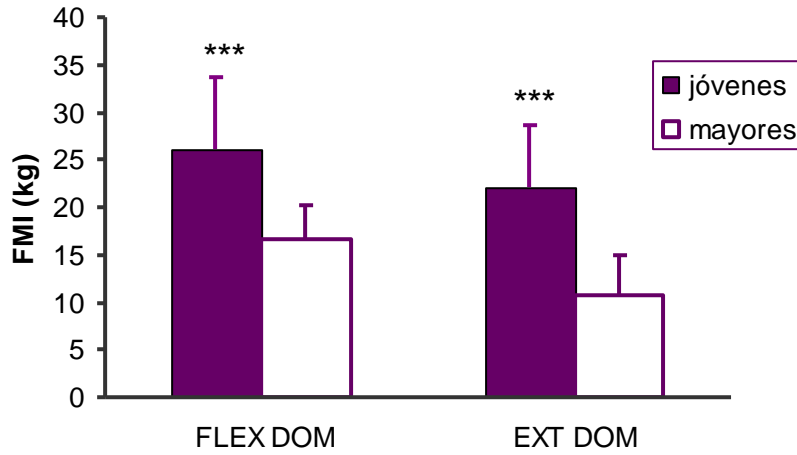
**Figura 1.A** Balance muscular en valores absolutos (kg) de las articulación de cadera en las acciones de Flexión (FLEX) Extensión (EXT) Abducción (ABD) Aducción (ADD), Rotación externa (RE) y Rotación interna (RI) de la extremidad dominante. \* = $p < 0,05$  \*\* $p < 0,01$  y \*\*\* $p < 0,001$

### Balance muscular de la Cadera (extremidad no dominante)



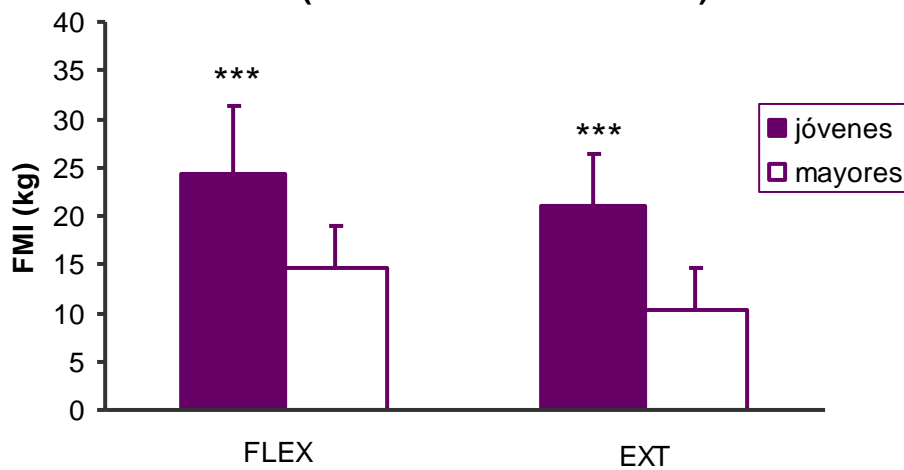
**Figura 1B.** Balance muscular en valores absolutos (kg) de las articulación de cadera en las acciones de Flexión (FLEX) Extensión (EXT) Abducción (ABD) Aducción (ADD), Rotación externa (RE) y Rotación interna (RI) de la extremidad no dominante

### Balance muscular de la rodilla (extremidad dominante)



**Figura 2A.** Balance muscular en valores absolutos (kg) de la articulación de rodilla en las acciones de Flexión (FLEX) y Extensión (EXT), de la extremidad dominante.

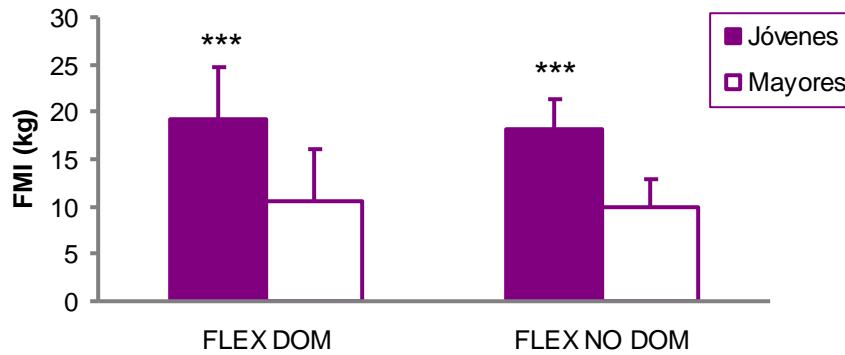
### Balance muscular de la rodilla (extremidad no dominante)



**Figura 2B.** Balance muscular en valores absolutos (kg) de la articulación de rodilla en las acciones de Flexión (FLEX) y Extensión (EXT), de la extremidad no dominante.



**Balance muscular del tobillo  
(ambas extremidades)**



**Figura 3.** Balance muscular en valores absolutos (kg) de la articulación de tobillo en la acción de Flexión dorsal (FLEX) de las extremidades dominante y no dominante.

**Equilibrio y fuerza explosiva**

Se encontraron diferencias significativas en los tiempos empleados en los test de equilibrio y fuerza explosiva siendo los valores superiores en el GM.

	EDAD	n	Media (sg)	±DE.	T-tes p
Tiempo en Tandem 10 pasos	Jóvenes	16	4,16	0,59	,001
	Mayores	11	6,26	2,04	
8 foot up and go	Jóvenes	16	2,90	0,27	,000
	Mayores	12	4,18	0,49	
Time to stand	Jóvenes	16	5,41	1,19	,029
	Mayores	12	6,62	1,59	

**Tabla 4** Diferencias con relación a la edad en los valores obtenidos en diferentes test de equilibrio dinámico

**Relación entre las características físicas los valores de fuerza de equilibrio:**

Se encontró una relación negativa significativa ( $p < 0,00$ ) entre la variable independiente edad y las variables de fuerza de cadera ( $r$  entre  $-0,509$  y  $-0,826$ ; *Tabla 5A*), rodilla ( $r$  entre  $-0,634$  y  $-0,752$ ; *Tabla 5B*), tobillo ( $r = -0,658$  y  $-0,673$ ; *Tabla 5C*), y el equilibrio ( $r$  entre  $-0,486$  y  $-0,889$ ; *Tabla 5D*) en grupo conjunto (J+M). Esta relación no fue significativa para el grupo independiente de jóvenes o mayores, respectivamente.

Correlaciones Edad- Fuerza de Cadera entre grupos				
Variable	Grupo de edad	J+M EDAD	J EDAD	M EDAD
FLEX dom	r	-,722	,198	-,287
	p	,000	,462	,342
	n	29	16	13
FLEX no dom	r	-,713	,364	-,237
	p	,000	,166	,436
	n	29	16	13
EXT dom	r	-,826	,329	-,289
	p	,000	,213	,339
	n	29	16	13
EXT no dom	r	-,808	,308	-,289
	p	,000	,246	,339
	n	29	16	13
ABD dom	r	-,805	,214	-,298
	p	,000	,425	,322
	n	29	16	13
ABD no dom	r	-,752	,055	-,229
	p	,000	,840	,452
	n	29	16	13
ADD dom	r	-,757	,417	-,091
	p	,000	,108	,766
	n	29	16	13
ADD no dom	r	-,779	,225	-,322
	p	,000	,403	,283
	n	29	16	13
RE dom	r	-,517	,136	-,538
	p	,004	,616	,058
	n	29	16	13
RE no dom	r	-,470	,002	-,447
	p	,010	,994	,126
	n	29	16	13
RI dom	r	-,704	,246	-,502
	p	,000	,358	,081
	n	29	16	13
RI no dom	r	-,509	,415	-,539
	p	,005	,110	,057
	n	29	16	13

**Tabla 5.A.** Relación entre las variables de fuerza de cadera y edad para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M) el grupo independiente de jóvenes (J) y Mayores (M)

**Correlaciones Edad- Fuerza de Rodilla entre grupos**

Variable	Grupo de edad	J+M	J	M
		EDAD	EDAD	EDAD
FLEX dom	r	-,747	,080	-,441
	p	,000	,768	,131
	n	29	16	13
FLEX no dom	r	-,752	,152	-,377
	p	,000	,575	,204
	n	29	16	13
EXT dom	r	-,634	,069	-,683
	p	,000	,799	,010
	n	29	16	13
EXT no dom	r	-,676	,113	-,678
	p	,000	,677	,011
	n	29	16	13

**Tabla 5.B.** Relación entre las variables de fuerza de rodilla y edad para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M) el grupo independiente de jóvenes (J) y Mayores (M)

**Correlaciones Edad- Fuerza de Tobillo entre grupos**

Variable	Grupo de edad	J+M	J	M
		EDAD	EDAD	EDAD
FLEX dorsal dom	r	-,658	-,001	,071
	p	,000	,996	,819
	n	29	16	13
FLEX dorsal no dom	r	-,673	-,044	-,205
	p	,000	,872	,501
	n	29	16	13

**Tabla 5.C.** Relación entre las variables de fuerza de tobillo y edad para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M) el grupo independiente de jóvenes (J) y Mayores (M)

Correlaciones Edad- Equilibrio entre grupos				
Variable	Grupo de edad	J+M EDAD	J EDAD	M EDAD
Tiempo en Tandem 10 pasos	r	,636	,279	,258
	p	,000	,295	,443
	n	27	16	11
8 foot up and go	r	,889	,266	,437
	p	,000	,320	,156
	n	28	16	12
Tiempo en sentarse y levantarse 5 veces	r	,486	,239	,551
	p	,009	,374	,063
	n	28	16	12

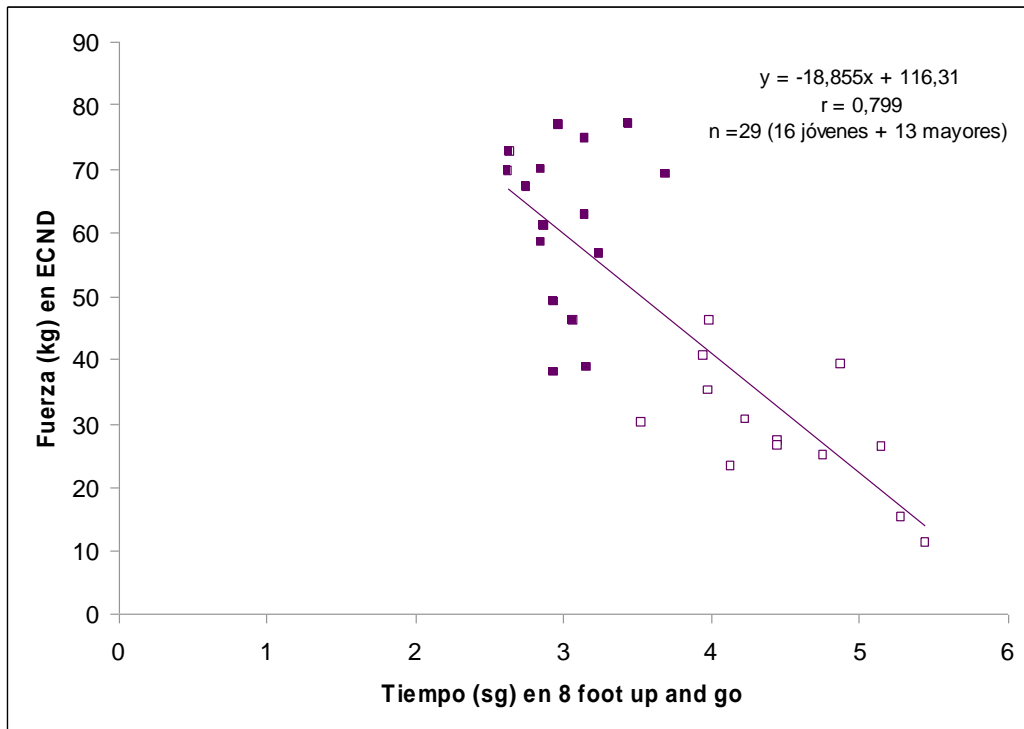
**Tabla 5.D.** Relación entre las variables equilibrio y fuerza explosiva y la edad para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M) el grupo independiente de jóvenes (J) y Mayores (M)

En el grupo conjunto (J+M) se encontró una relación inversamente significativa ( $P < 0,05$ - $P < 0,00$ ) entre las variables de fuerza de la articulación de cadera (Tabla 6A) rodilla (Tabla 6B) y tobillo (Tabla 6C) y las de equilibrio y fuerza explosiva (tabla 6D, Figura 4). La relación más elevada se encontró con el test “8 foot up and go” (*r* entre -0,509 y -0,744 para la articulación de cadera, *r* entre -0,505 y -0,699; y tobillo *r* entre = -0,545 y -0,619).

**Correlaciones Edad- Fuerza de Cadera entre J+M**

Variable		Tiempo en Tandem 10 pasos	8 foot up and go	Tiempo en sentarse y levantarse 5 veces
FLEX dom	r	-,343	-,712	-,360
	p	,059	,000	,046
	n	31	31	31
FLEX no dom	r	-,418	-,694	-,295
	p	,019	,000	,107
	n	31	31	31
EXT dom	r	-,451	-,744	-,374
	p	,011	,000	,038
	n	31	31	31
EXT no dom	r	-,450	-,743	-,363
	p	,011	,000	,045
	n	31	31	31
ABD dom	r	-,424	-,713	-,331
	p	,017	,000	,069
	n	31	31	31
ABD no dom	r	-,433	-,707	-,271
	p	,015	,000	,140
	n	31	31	31
ADD dom	r	-,420	-,704	-,368
	p	,019	,000	,042
	n	31	31	31
ADD no dom	r	-,243	-,473	-,285
	p	,187	,007	,120
	n	31	31	31
RE dom	r	-,341	-,515	-,303
	p	,060	,003	,098
	n	31	31	31
RE no dom	r	-,437	-,708	-,413
	p	,014	,000	,021
	n	31	31	31
RI dom	r	-,343	-,712	-,360
	p	,059	,000	,046
	n	31	31	31
RI no dom	r	-,418	-,694	-,295
	p	,019	,000	,107
	n	31	31	31

**Tabla 6A:** Relación entre las variables de fuerza de cadera, fuerza explosiva y equilibrio para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M)



**Figura 4:** Relación entre el tiempo empleado en el “8 foot up and go” y la fuerza máxima isométrica unilateral de extensión de cadera de la extremidad no dominante (kg).

**Correlaciones Edad- Fuerza de Rodilla entre J+M**

Variable		Tiempo en Tandem 10 pasos	8 foot up and go	Tiempo en sentarse y levantarse 5 veces
FLEX dom	r	-,440	-,699	-,296
	p	,013	,000	,106
	n	31	31	31
FLEX no dom	r	-,493	-,657	-,375
	p	,005	,000	,038
	n	31	31	31
EXT dom	r	-,212	-,558	-,248
	p	,252	,001	,179
	n	31	31	31
EXT no dom	r	-,220	-,505	-,229
	p	,235	,004	,216
	n	31	31	31

**Tabla 6B:** Relación entre las variables de fuerza de rodilla, fuerza explosiva y equilibrio para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M)

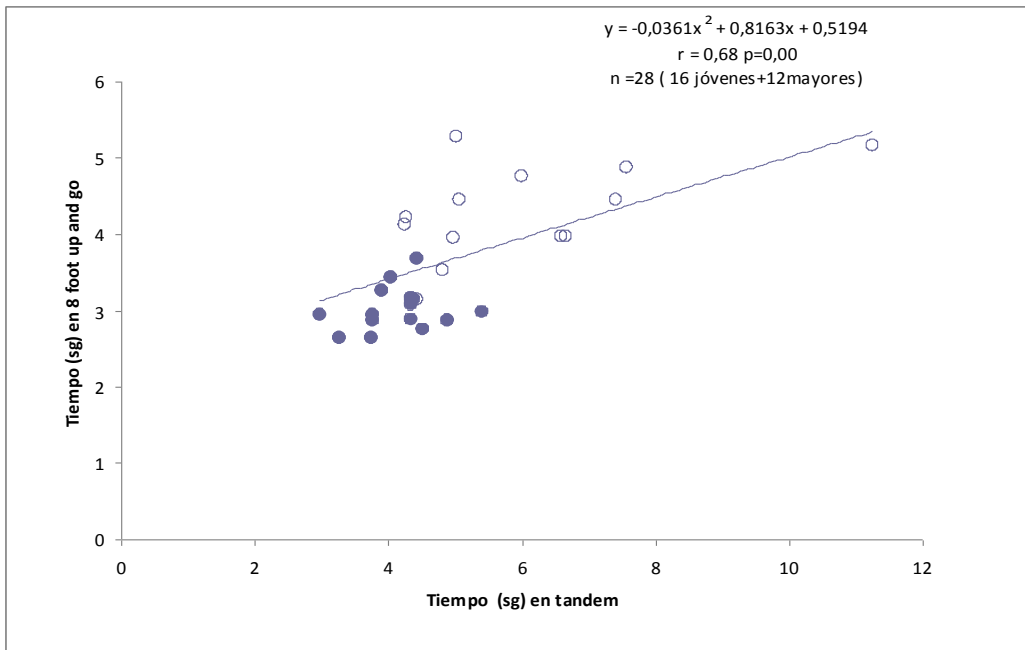
Correlaciones Edad- Fuerza de Tobillo entre grupos				
Variable		Tiempo en Tandem 10 pasos	8 foot up and go	Tiempo en sentarse y levantarse 5 veces
FLEX dorsal dom	r	-,273	-,545	-,212
	p	,138	,002	,251
	n	31	31	31
FLEX dorsal no dom	r	-,322	-,619	-,311
	p	,077	,000	,089
	n	31	31	31

**Tabla 6C:** Relación entre las variables de fuerza de tobillo, fuerza explosiva y equilibrio para el grupo conjunto de jóvenes y mayores (J+M)

La relación en el grupo J+M fue directamente positiva y significativa ( $P < 0,01$ - $P < 0,00$ ; *Tabla 7*) entre las variables de equilibrio y fuerza explosiva (tiempo en sentarse y levantarse, 8 foot up and go y empleado en dar 10 pasos en tándem); siendo la relación más alta y significativa con el test “8 foot up and go” ( $r = 0,681$  y  $0,678$ ; *respectivamente con el test tiempo en sentarse y levantarse de una silla y con el tiempo en tándem*) y la más baja en test de fuerza explosiva ( $r = 0,525$ ; *con el test tiempo en sentarse y levantarse*)

Correlaciones entre las variables de equilibrio en el grupo conjunto J+M				
Variable		Tiempo en Tandem 10 pasos	8 foot up and go	Tiempo en sentarse y levantarse 5 veces
Tiempo en Tandem 10 pasos	r		,678	,525
	p		,000	,003
	n		30	30
8 foot up and go	r	,678		,681
	p	,000		,000
	n	30		31
Tiempo en sentarse y levantarse 5 veces	r	,525	,681	
	p	,003	,000	
	n	30	31	

**Tabla 7:** Relación entre las variables de equilibrio y fuerza explosiva en el grupo conjunto (J+M)



**Figura 5:** Correlación entre el tiempo empleado en los test “8 foot up and go” y “caminar en tándem 10 pasos”.



## DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue examinar los efectos del envejecimiento en la fuerza de las extremidades y en el equilibrio dinámico. El resultado del análisis pone de manifiesto que, con el aumento de edad, la fuerza general de la extremidad inferior disminuye significativamente ( $P < 0,05$ ) y que el tiempo empleado en desarrollar diferentes test funcionales de equilibrio y fuerza explosiva aumenta ( $P < 0,05$ ). Además se encontró una relación inversa significativa entre la fuerza y la edad y otra directa entre la edad y el tiempo empleado en diferentes test de equilibrio dinámico.

Diferentes estudios también han confirmado que, con el aumento de edad, existe una disminución de la fuerza máxima de las extremidades inferiores. Esta disminución de la fuerza máxima con el aumento de edad se ha determinado en acción dinámica con dinamómetros isocinéticos en la articulación de la cadera ( Cahalan TD y col 1988), y en el tobillo y rodilla (Cahalan y col 1989), isotónica en acciones en las que intervienen múltiples articulaciones de forma simultánea como por ejemplo en el ejercicio de prensa de piernas (Morelan y col 2004) o en la media sentadilla (Izquierdo y col 1999; 2001) e isométrica de cadera (Dean y col 2004) y rodilla (Izquierdo y col 1999). Los estudios que han empleado la dinamometría manual para determinar la fuerza muscular de las extremidades inferiores muestran resultados similares a los encontrados en el presente estudio (Bohannon 1997, 1998; 2001 Bohannon y col; Spink y col 2010; Kelln y col 2008).

En este estudio, la disminución de la fuerza en función de la acción muscular y ,ordenada de la mayor a la menor disminución, fue de 55% en los ADD de cadera; 54%, extensores de la cadera; 52% en los ADD de la cadera; 51% en los extensores de la rodilla; 45% en la flexión dorsal; 43% en la flexión de la cadera; 37%, en la flexión de rodilla y 36% en la RI de la cadera y 29% en la RI de la cadera. Estudios previos ponen de manifiesto que la disminución de fuerza de las extremidades inferiores podría ser diferente en función del grupo muscular (Garrués M, 2005; Izquierdo y col 1999) posiblemente asociado a su uso y participación.

Los estudios que han utilizado la dinamometría manual confirman una disminución diferente entre grupos musculares con relación a la edad. Bohannon y col encontraron una disminución de un 39% en la extensión de rodilla, de un 20% en la dorsiflexión y de un 22 y 16% respectivamente para la flexión y abducción de cadera entre jóvenes en la década de los 20 y mayores en la década de los 60 años de edad.

Al analizar los resultados obtenidos en los test de equilibrio y fuerza de la extremidad inferior se halló una gran correlación entre dichas variables, de lo que se podría suponer una relación de causalidad entre la disminución de la fuerza y la disminución del equilibrio.

Esta asociación entre las dos variables aparece también en otros estudios, que utilizan diferentes test de equilibrio (Mayson y col 2008), sin embargo existe controversia ya que otros estudios niegan esta relación (Ringsberg y col 1999), asociando los mejores resultado obtenidos en la fuerza, a un aumento del rendimiento de la marcha, lo que podría influir en los resultados de algunos test de equilibrio, como el "8FUG". A pesar de todo este estudio si encuentra una única relación entre fuerza y equilibrio: en el caso del movimiento de extensión de rodilla.

Esta posible relación entre fuerza y equilibrio sugiere que un entrenamiento de fuerza para la extremidad inferior podría resultar muy beneficioso en personas con problemas de equilibrio, como se ha demostrado en diferentes estudios (Kamide y col 2009). E incluso un mejor equilibrio en las personas físicamente más activas, pudiendo llegar a disminuir el riesgo de caídas, tan dañinas en las personas mayores (Morrison y col 2010).

Debido a la poca congruencia en los resultados de los diferentes estudios, sería necesario realizar otro tipo de estudios, prospectivos, para poder establecer criterios de causalidad con mayor precisión.

El equilibrio dinámico y la fuerza explosiva determinados con test funcionales también disminuyeron con el aumento de edad. Estudios previos ponen de manifiesto que con el aumento de edad disminuye la capacidad funcional de la fuerza explosiva (Butler y col 2009; Andrews y col 2009; Guralnik y col 1994 y 1997b 1998; Tiedemann y col 2008) y equilibrio (Rikli y Jones 1999; Jones y col 1999; Rose D y col 2006; Nordin y col 2008).

Además se ha encontrado una relación entre las variables dependientes (de fuerza y equilibrio) y la variable independiente edad. Estudios previos (Bohannon 1997a y 1997b; Izquierdo y col 1999; Dean y col 2004, Andrews y col 2009) encontraron esta misma relación. Concretamente Bohannon 1997b encontró una relación significativa entre la edad y la velocidad de marcha rápida. Sin embargo el grado de relación obtenido en el presente estudio es superior. Es posible que los test funcionales de fuerza explosiva y equilibrio empleados en el presente estudio discriminen la capacidad con relación a la edad.

El hecho de que la relación entre la edad y la fuerza o equilibrio no se presente para los grupos independientes se ha presentado de forma similar en la literatura; Bohannon y col 1996 en un estudio desarrollado con tres grupos de edad mayor (50-59-60-69 y 70-79 años) encontró una relación significativa  $P < 0.05$  con grado de relación débil ( $r$  entre 0-.159 -0.321). Es posible que la homogeneidad de los grupos de edad del presente estudio grupo determine la falta de relación cuando la relación se determina para el grupo independiente de jóvenes o mayores.

En actividades en las que se ve involucrada la extremidad inferior (levantarse de una silla, realizar una actividad rápida o en diferentes test de equilibrio) la fuerza de la extremidad inferior podría explicar la capacidad para desarrollarlas. En la acción de sentarse y levantarse de una silla intervienen los extensores de la cadera, los extensores de la rodilla los flexores plantares. En este sentido resulta de interés la relación encontrada entre la fuerza de la extremidad inferior con el test de equilibrio agilidad y con la acción de sentarse y levantarse de una silla. El resultado encontrado está de acuerdo con los obtenidos en estudios previos que han hallado una relación significativa entre la fuerza de los extensores de la rodilla y el test de sentarse y levantarse de una silla en una población con edades comprendidas entre los 29 y 97 años de edad (Eriksrud y Bohannon en 2003).

Como principal limitación del estudio encontramos un tamaño de muestra muy pequeño. Sin embargo en estudios previos similares encontramos un número de participantes equiparable o incluso menor al nuestro (Arnold y col 2009 y Kuptniratsaikul y col 2011). Debido al limitado número de participantes no se pudo tener en cuenta la variable del género para analizar las posibles diferencias, ya que las subdivisiones dejaban

grupos muy pequeños. Esto podría haber sido muy interesante ya que, en la recogida de datos, se apreciaban unos resultados inferiores en el grupo de las mujeres, sobre todo en las mayores. Como ejemplo, hay estudios que demuestran una fuerza menor en las mujeres que en los hombres en el movimiento de abducción de cadera (Kamide y col 2009)

Otra crítica son los posibles errores cometidos en las mediciones, ya que para medir la fuerza de la extremidad inferior se utilizó un dinamómetro manual, cuyos resultados dependen de la fuerza del evaluador, e incluso de la posición en la que se evalúa al paciente. Por esto podrían existir diferencias inter-evaluador e intra-evaluador, sin embargo, revisando la literatura encontramos que no existen tales diferencias (Cathy y col 2010).

Otro factor, que pudiendo haber influido en los resultados no fue controlado, fue el tipo de calzado usado por los participantes, ya que aunque se les pidió que acudiesen con calzado cómodo, hubo quienes tuvieron problemas en las pruebas de equilibrio por resbalar a causa del calzado.

## **Conclusiones**

La fuerza máxima (de todas las acciones musculares de cadera, rodilla y tobillo) determinada con dinamometría manual disminuye con el aumento de edad en personas mayores que residen en comunidad.

La disminución de la fuerza difiere con relación al tipo de acción muscular posiblemente asociado a su uso y participación en actividades de la vida diaria

El aumento de edad se asocia a una disminución funcional del equilibrio (8 foot up and go, caminar en tándem 10 pasos) y de la fuerza explosiva (sentarse y levantarse de una silla) determinada con tests funcionales.

Existe una relación significativa entre la disminución de la capacidad funcional y la fuerza asociada a la edad.

Se encontró una relación entre los test funcionales de fuerza y equilibrio siendo el test que alcanza mayor grado de relación con el resto de las variables el 8 foot up and go.

## ANEXO 1

### **Información escrita aportada.**

#### **Objeto de estudio:**

La aplicación de este tratamiento permite conocer los efectos de diferentes tipos de entrenamiento (fuerza y/o equilibrio) en la disminución del número de caídas y en la mejora de fuerza y equilibrio en personas mayores de 60 años Diabéticas Tipo II (No insulino dependientes) con más de quince años de evolución de enfermedad.

#### **Procedimiento:**

Se realizarán las siguientes valoraciones: cuestionarios de salud y actividad física de enfermedades agudas y crónicas, medicaciones y uso de ayudas. Se realizará un examen físico que incluye la valoración de la composición corporal, de los pies y calzado. Valoraciones clínicas de la marcha y equilibrio dinámico y de la fuerza muscular así como del estado funcional. Todas las valoraciones las realizarán profesionales competentes y especialistas en la materia.

Las valoraciones se realizarán al inicio del estudio, y concluida la fase de entrenamiento en diferentes momentos: inmediatamente después, y a los ocho meses.

Realizará una aplicación de trabajo supervisada, controlada e individualizada durante doce semanas, dos veces por semana. Las sesiones tendrán una duración máxima de una hora. En estas sesiones se incluirán ejercicios de carácter moderado o ligero para el desarrollo del equilibrio y/o la fuerza.

En este espacio de tiempo se compromete a no modificar su estilo de vida anterior y/o a desarrollar únicamente las actividades que se le indiquen. Registrará y responderá telefónicamente las preguntas del diario de caídas durante un año.

#### **Riesgos potenciales:**

Durante la aplicación del trabajo es posible que tenga molestias e incomodidades propias de la práctica de ejercicio (comúnmente conocidas como agujetas).

## **Beneficios**

- Este estudio le permite obtener mejoras en la salud física (fuerza muscular, equilibrio) y reducir el número de caídas propias de las personas mayores de 60 años.
- Así mismo el ejercicio físico regular puede:
  - Disminuir los niveles de glucosa en sangre y la presión sanguínea.
  - Disminuir los niveles de colesterol malo y aumentar los del colesterol bueno.
  - Mejorar la capacidad de su organismo para utilizar la insulina.
  - Disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardíacas y de infarto.
  - Mantener sus huesos y músculos fuertes y las articulaciones más flexibles.
  - Disminuir el riesgo de caídas.
  - Ayudar en la disminución de la grasa corporal.
  - Permitir sentirse más enérgico y vital y
  - Disminuir el nivel de estrés.

## **Confidencialidad Datos personales**

El uso de los resultados obtenidos únicamente será para el desarrollo de docencia, investigación y publicación científica.

**CONSENTIMIENTO:**

Don/ña \_\_\_\_\_  
mayor de edad, con DNI nº \_\_\_\_\_.

**HACE CONSTAR QUE:**

- 1) He sido informado/a de forma escrita y verbal del objeto del estudio, el procedimiento, riesgos potenciales así como beneficios.
- 2) Comprendo el objeto del estudio, el procedimiento, riesgos potenciales así como beneficios y consiento ser intervenido.
- 3) Entiendo que tengo el derecho de abandonar el estudio en cualquier momento una vez iniciado, sin que ello le pueda perjudicar en otros tratamientos.
- 4) Declaro facilitar los datos solicitados de manera legal y verdadera que pudieran afectar al tratamiento que se me va a realizar.
- 5) Decido dar mi conformidad libre, voluntaria y consciente para participar en el estudio sin que haya persuasión, manipulación ni coerción.
- 6) Firmo el consentimiento de que se me aplique el tratamiento que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible

Firmado:

En \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

*Este proyecto respeta los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki (Asamblea Médica Mundial), en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y la biomedicina, en la Declaración Universal de la UNESCO sobre el genoma humano y los derechos humanos, y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.*

*Se desarrolla con ajuste a la, Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica.*



## ANEXO 2

N° @ \_\_\_\_\_ EXPERIENCIA TRANS 1

### DATOS PERSONALES

Fecha \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Lugar \_\_\_\_\_

Nombre y Apellidos \_\_\_\_\_

Dirección Calle/Plaza/Avenida \_\_\_\_\_

Portal/Casa \_\_\_\_\_ Piso \_\_\_\_\_ Letra \_\_\_\_\_ CP \_\_\_\_\_

Teléfono de casa \_\_\_\_\_ Móvil \_\_\_\_\_ Género H  M

Fecha de nacimiento \_\_\_\_\_

Familiar o personas de contacto \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_ Móvil \_\_\_\_\_

### CUESTIONARIO DE SALUD Y ACTIVIDAD FÍSICA

1. Ha sido usted diagnosticado/a de alguna de las siguientes condiciones o enfermedades

Enfermedad	Detectado (Año aproximado)
<input type="checkbox"/> Infarto de miocardio	_____
<input type="checkbox"/> Isquemia transitoria	_____
<input type="checkbox"/> Angina de pecho	_____
<input type="checkbox"/> Hipertensión arterial no controlada	_____
<input type="checkbox"/> Accidente cerebro vascular	_____
<input type="checkbox"/> Enfermedad vascular periférica	_____
<input type="checkbox"/> Diabetes	_____
<input type="checkbox"/> Neuropatía (problemas de sensibilidad)	_____
<input type="checkbox"/> Enfermedad respiratoria	_____
<input type="checkbox"/> Parkinson	_____
<input type="checkbox"/> Esclerosis múltiple	_____
<input type="checkbox"/> Síndrome polio post-polio	_____
<input type="checkbox"/> Epilepsia o convulsiones	_____
<input type="checkbox"/> Otras condiciones neurológicas	_____
<input type="checkbox"/> Osteoporosis	_____
<input type="checkbox"/> Artritis reumatoidea	_____
<input type="checkbox"/> Otras condiciones artríticas	_____
<input type="checkbox"/> Problemas de visión o percepción visual	_____
<input type="checkbox"/> Problemas de oído o infecciones repetidas de oído _____	_____
<input type="checkbox"/> Problemas cerebelares (ataxia)	_____
<input type="checkbox"/> Otros problemas de movimiento	_____
<input type="checkbox"/> Dependencias (alcohol y/o drogas)	_____
<input type="checkbox"/> Depresión o ansiedad	_____
<input type="checkbox"/> Fractura en los 3 últimos meses	de _____

2. Usted ¿siente o sufre alguno de los siguientes síntomas en sus piernas sin que previamente haya habido un golpe o traumatismo?

Sensación de estar dormidas \_\_\_\_ Artritis \_\_\_\_  
 Hormigueo \_\_\_\_ Hinchazón/Inflamación \_\_\_\_

3. ¿Tiene usted alguna enfermedad o condición que le obligue a visitar al medico o especialista de forma regular?

- NO
- SI descríbala/s \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

1. ¿Requiere gafas?

- SI Realizo revisión en el último año o no ha percibido perdidas SI  NO
- NO

2. ¿Requiere ayudas auditivas?

- SI Realizo revisión en el último año o no ha percibido perdidas SI  NO
- 
- NO

3. ¿Requiere ayuda para caminar?

- SI
- NO
- A veces  
 Tipo \_\_\_\_\_

4. Realice un listado del tipo de medicaciones que toma

Medicación	Enfermedad	Dosis

5. Ha requerido cuidados, asistencia médica u hospitalizaciones en los tres últimos años

- NO
- SI. Explique cuando y porqué ocurrió

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

6. Ha tenido alguna situación o sufrido alguna lesión que haya afectado a su equilibrio, (por ejemplo vértigo) o la habilidad para caminar sin asistencia

- NO  
 SI. Explique cuando y porqué ocurrió

---



---

7. ¿Cuántas veces se ha caído en el último año? \_\_\_\_ veces

a. ¿Requirió tratamiento médico?

- NO  
 SI.

b. Indique la fecha aproximada de la caída, el tratamiento médico requerido, y el motivo por que cayó (p.ej superficie resbaladiza, bajando escaleras) explique cuando y porqué ocurrió

Fecha aproximada	Tratamiento requerido	Lugar y motivo de la caída

8. ¿Tiene miedo a caer? (*marque con un círculo*)

- |    |         |          |          |           |
|----|---------|----------|----------|-----------|
| 1  | 2       | 3        | 4        | 5         |
| no | un poco | Moderado | bastante | extremado |

9. ¿Cómo considera que es su salud? (*marque con un círculo*)

- |           |           |       |         |      |
|-----------|-----------|-------|---------|------|
| 1         | 2         | 3     | 4       | 5    |
| excelente | muy buena | Buena | regular | mala |

10. En las 4 últimas semanas, ¿hasta que punto los problemas de salud le han limitado en actividades de la vida diaria? (p.ej. caminar, realizar las tareas del hogar) (*marque con un círculo*)

- |           |             |               |          |                |
|-----------|-------------|---------------|----------|----------------|
| 1         | 2           | 3             | 4        | 5              |
| casi nada | ligeramente | moderadamente | bastante | extremadamente |

11. En las 4 últimas semanas, ¿qué grado de dolor físico ha padecido cuando realizaba las actividades normales de la vida diaria? (*marque con un círculo*)

1	2	3	4	5
ninguno	muy poco	Moderado	bastante	muy fuerte

12. En general durante las 4 últimas semanas ¿que grado de depresión ha experimentado?

1	2	3	4	5
nada	muy poca	Moderada	bastante	muy fuerte

13. En general como calificaría su calidad de vida

1	2	3	4	5
muy baja	baja	Moderada	alta	muy alta

14. Indique a continuación su capacidad para realizar las siguientes actividades.

	Puedo hacerlo	Puedo hacerlo con dificultad o ayuda	No puedo hacerlo
a. Asumir e cuidado de sus necesidades personales, como vestirse	2	1	0
b. Bañarse, utilizando la ducha o un contenedor de agua	2	1	0
c. Subir y bajar una planta por las escaleras.	2	1	0
d. Caminar en el exterior una o dos manzanas	2	1	0
e. Realizar tareas ligeras de la casa: cocinar, quitar el polvo, lavar los platos, barrer.	2	1	0
f. Hacer la compra de comida o ropa	2	1	0
g. Caminar 800m	2	1	0
h. Caminar 1600m	2	1	0
i. Elevar y trasportar 4,5kg	2	1	0
j. Elevar y trasportar 11 kg	2	1	0
k. Realizar las tareas pesadas de la casa. Cepillar el suelo, pasar el aspirador rastrillar las hojas del suelo si tiene jardín	2	1	0
l. Realizar actividades intensas mover objetos pesados, andar en bicicleta, bailar, ejercicio fatigante	2	1	0

**TOTAL**

	22-24: Alta capacidad funcional 16-21: Moderada capacidad funcional <16: Baja capacidad funcional
--	---

15. En general, ¿requiere ayuda en casa o asistencia de enfermeras, asistentes, para sobrellevar las actividades de la vida diaria?

- NO
- SI. Indique el motivo  
Problemas de salud
  - Dolor crónico\_\_\_\_
  - Falta de fuerza o resistencia\_\_\_\_
  - Falta de flexibilidad o equilibrio\_\_\_\_
  - Otras \_\_\_\_\_

16. En una semana normal, ¿Cuántas veces sale de casa para realizar actividades sociales (visitar amigos/as, familiares), ir a misa, comprar, pasear, trabajar...?

- Menos de una/semana
- 1-2 veces/semana
- 3-4 veces/semana
- casi todos los días

17. Participa en actividades físicas que implican un aumento de la frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca-(pulso)

- NO
- SI Indique cuantas veces a la semana (*marque con un círculo*)

1            2            3            4            5            6            7

18. Cuando sale a pasear (si lo realiza) ¿Cual de las siguientes condiciones describe el paseo?

- Suave (marcha fácil, 30 min o más 1600m)
- Normal (20-30 min 1600m)
- Fuerte (15-20 min 1600m)
- No suelo ir a caminar de forma habitual

19. ¿Ha requerido de ayuda para completar este cuestionario?

- Nada o casi nada
- He requerido ayuda
  - o Motivo de la ayuda \_\_\_\_\_

## BIBLIOGRAFIA

1. Aitkens S, Lord J, Bernauer E, Fowler WM, Lieberman JS, Berck P. Relationship of manual muscle testing to objective strength measurements. *Muscle Nerve*. 1989;12:173-177
2. Arnold, B. L., S. de la motte, S. linens and S. E. ross. Ankle instability is associated with balance impairments: A meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 41, no. 5, pp. 1048–1062, 2009.
3. Arnold C., Kathryn D. Warkentin, Philip D. Chilibeck, and Charlene R.A. Magnus. The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2010. National Strength and Conditioning Association. 24(3)/815–824
4. Beasley WC. Influence of method on estimates of normal knee extensor force among normal and postpolio children. *Phys Ther Rev*. 1956;36:21-41.
5. Bird M., Keith Hill, Madeleine Ball, and Andrew D. Williams. Effects of Resistance- and Flexibility-Exercise Interventions on Balance and Related Measures in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 2009, 17, 444-454.
6. Blain H, Carriere I, Sourial N, Berard C, Favier F, Colvez A, Bergman H. Balance and walking speed predict subsequent 8-year mortality independently of current and intermediate events in well-functioning women aged 75 years and older. *J Nutr Health Aging*. 2010 Aug;14(7):595-600.
7. Bohannon RW. Alternatives for measuring knee extension strength of the elderly at home. *Clin Rehabil*. 1998;12:434-440.
8. Bohannon R.W. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants *Age and Ageing* 26: 15-19 1997.

9. Bohannon RW. Measuring knee extensor muscle strength. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001;80:13-18.
10. Bohannon, RW Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* Volume 78, Issue 1 , Pages 26-32, January 1997
11. Bohannon RW. Single Limb Stance Times A Descriptive Meta-Analysis of Data From Individuals at Least 60 Years of Age. *Topics in Geriatric Rehabilitation.* Vol. 22, No. 1, pp. 70–77
12. Bohannon RW. Test-Retest Reliability of Hand-Held Dynamometry During a Single Session of Strength Assessment *Physical Therapy* Volume 66 / Number 2, February 1986; 206-08
13. Bohannon RW, Andrews AW. Accuracy of spring and strain gauge hand-held dynamometers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1989;10:323-325
14. Bohannon RW y Andrews Williams Interrated reliability of hand hel dynamometry *Physical therapy* 67. 6 931-933, 1987
15. Bohannon RW, Smith J, Hull D, Palmeri D, Barnhard R. Deficits in lower extremity muscle and gait performance among renal transplant candidates. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76:547-551.
16. Bohannon, Deborah J. Bubela, Susan R. Magasi, YingChih Wang and Richard C. Gershon. Sit to stand test: Performance and determinants across the age-span. *Isokinetics and Exercise Science* 18 (2010) 235–240
17. Butler A y col Age and gender differences in seven tests of functional mobility *J of Neuroengineering and Rehabilitation* 6, 31, 2009.
18. Cahalan, TD, Johnson, ME, Liu, S, and Chao, EY. Quantitative measurements of hip strength in different age groups. *Clin Orthop Rel Res* 246: 136–145, 1989.

19. Candow, DG and Chilibeck, PD. Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 148–156, 2005.
20. Ceria-Ulep C.D, Grove J, Chen R, Masaki K.H, Rodriguez B.L, Donlon T.A, Jack Guralnik, Bradley J, Willcox D., Willcox C, Nigg C and Curb J.D. Physical Aspects of Healthy Aging: Assessments of Three Measures of Balance for Studies in Middle-Aged and Older Adults. *Curr Gerontol Geriatr Res.* 2010; 2010: 849761.
21. Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med.* 1985;78:77-81.
22. Dean JC, KuoAD, and Neil B.A Related Changes in Maximal Hip Strength and Movement Speed. *Journal of Gerontology: Med Sci* 2004, Vol. 59A, No. 3, 286–292
23. Garrués Irisarri, Mirian Aranzazu. Envejecimiento y entrenamiento de fuerza: Adaptaciones neuromusculares y hormonales. Tesis Doctoral Universidad Pública de Navarra 5 Febrero de 2005.
24. González-Badillo JJ, y Gorostiaga EE. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo, 1995.
25. González-Badillo JJ y Rivas J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Editado por INDE Publicaciones. Barcelona 2002
26. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol.* 1994;49:M85-M94.
27. Häkkinen K. Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining and immobilization. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine,* 1994.



28. Hernandez D, Rose DJ. Predicting which older adults will or will not fall using the Fullerton Advanced Balance Scale. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89: 2309-15.
29. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med* 2011: 41 (3): 221-232.
30. Hurvitz EA, Richardson JK, Wemer RA, Ruhl AM, Dixon MR. Unipedal stance testing as an indicator of fall risk among older outpatients. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 587-91.
31. Izquierdo M, Aguado X, González R, López JL, and Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol* 79:260-267, 1999.
32. Izquierdo M, Ibáñez J, Gorostiaga M, Garrués M, Zúñiga A, Antón A, Larrión JL y Häkkinen K. Maximal strength and power characteristics in isometric and Dynamic actions of upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand*, 167: 57-68, 1999. (Índice de impacto 1.660)
33. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibáñez J, Garrués M, Antón A, Zúñiga A, Larrión JL, Gorostiaga EM. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *J Appl Physiol*, 90: 1497-1507, 2001. (Índice de impacto 2.581)
34. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chair stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sci*. 1999;70:113-119.
35. Kamide N, Shiba Y. and Shibata H. “Effects on Balance, Falls, and Bone Mineral Density of a Home-based Exercise Program without Home Visits in Community-Dwelling Elderly Women: a Randomized Controlled Trial”. *Journal of Physiological Anthropology*. Vol. 28; 115-122 (2009).
36. Karinkanta, S, Heinonen, A, Sievanen, H, Uusi-Rasi, K, and Kannus, P. Factors predicting dynamic balance and quality of life in home-dwelling elderly women. *Gerontology* 51: 116–121, 2005.

37. Kell y BM col 2008 Hand- Held Dynamometry: Reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *J Sports Rehab* 17 160-170,2008
38. Knuttgen HG and Kraemer WJ. Terminology and measurement in exercise performance. *J Appl Sports Sci Res* 1:1-10, 1987.
39. Lee R. The Demographic Transition, Three Centuries of Fundamental Change. *Journal Econ Perspect.* 2003; 17:167–190.
40. Lu YM, Lin JH, Hsiao SF, Liu MF, Chen SM, Lue YJ. The relative and absolute reliability of leg muscle strength testing by a handheld dynamometer. *J Strength Cond Res.* 2011 Apr;25(4):1065-71.
41. Mayson DJ, Kiely DK, LaRose SI, Bean JF. Leg strength or velocity of movement: which is more influential on the balance of mobility limited elders? *Am J Phys Med Rehabil.* 2008 Dec; 87(12):969-76.
42. Moreland, JD, Richardson, JA, Goldsmith, CH, and Clase, CM. Muscle weakness and falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 52: 1121–1129, 2004.
43. Morrison S, Colberg SR, Mariano M, Parson HK, Vinik AI. Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2010 Apr; 33(4):748-50. Epub 2010 Jan 22.
44. Netz Y, Argov E. Assessment of functional fitness among independent older adults: a preliminary report. *Percept Mot Skills.* 1997;84:1059-1074.
45. O'Shea, SD, Taylor, NF, and Paratz, JD. Measuring muscle strength for people with chronic obstructive pulmonary disease: retest reliability of hand-held dynamometry. *Arch Phys Med Rehabil* 88: 32–36, 2007.
46. Ottenbacher, KJ, Branch, LG, Ray, L, Gonzales, VA, Peek, MK, and Hinman, MR. The reliability of upper- and lower-extremity strength testing in a community survey of older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 83: 1423–1427, 2002.

47. Phillips, BA, Lo, SK, and Mastaglia, FL. Muscle force measured using “break” testing with a hand-held myometer in normal subjects aged 20 to 69 years. *Arch Phys Med Rehabil* 81: 653–661, 2000.
48. Rice, CL, Cunningham, DA, Paterson, DH, and Rechnitzer, PA. Strength in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil* 70: 391–397, 1989.
49. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Activity*. 1999;7:129-161.
50. Ringsberg, K, Gerdhem, P, Johansson, J, and Obrant, KJ. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing* 28: 289–293, 1999.
51. Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, Hill KD, Lord SR, Menz HB. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011 Jan;92(1):68-75. (Extraer este artículo)
52. Spink MJ, Fotoohabadi MR<sup>a</sup>, Menz HB Foot and Ankle Strength Assessment Using Hand-Held Dynamometry: Reliability and Age-Related Differences *Gerontology* 2010;56:525-532.
53. Sohee Shin and Shinich Demura. Relationship between the Step Test with Stipulated Tempos and Gait Ability in the Elderly. *J Physiol Anthropol* 28(2): 49–54, 2009
54. Speers RA, Ashton-Miller JA, SchuItz AB, Alexander NB. Age differences in abilities to perform tandem stand and walk tasks of graded difficulty. *Gait Posture* 1998;7:207-13.
55. Tiedmann A y col The comparative ability of eight functional mobility test for predicting falls in community-dwelling older people *Age and Ageing* 37:430-435, 2008

56. Tinetti ME, Richman D, and Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol: Psycho Sci* 45:P239-P243, 1990.
57. Vilai Kuptniratsaikul, Rungnirand Praditsuwan, Prasert Assantachai, Teerada Ployetch, Suthipol Udompunterak, and Julaporn Pooliam. Effectiveness of simple balancing training program in elderly patients with history of frequent falls. *Clin Interv Aging*. 2011; 6: 111–117.
58. Wojtek J. Chodzko-Zajko, David N. Proctor, Maria A. Fiatarone Singh, Christopher T. Minson, Claudio R. Nigg, George J. Salem, and James S. Skinner. Exercise and Physical Activity for Older Adults. *American College of Sports Medicine* 2009;0195-9131/09/4107-1510/0