

**RELACION ENTRE POTENCIA MUSCULAR Y MEMORIA EPISÓDICA EN
MUJERES MAYORES DE 60 AÑOS**

DAVID SERGIO CASTILLO RINCON

ANDRES ESTEBAN SAA TRULLO

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGIA

LICENCIATURA EN EDUCACION FISICA Y DEPORTE

CALI-VALLE DEL CAUCA

2019

**RELACION ENTRE POTENCIA MUSCULAR Y MEMORIA EPISÓDICA EN
MUJERES MAYORES DE 60 AÑOS**

DAVID SERGIO CASTILLO RINCON

ANDRES ESTEBAN SAA TRULLO

Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Licenciado En Educación Física Y Deporte

Tutor:

SANTIAGO ADOLFO ARBOLEDA FRANCO

UNIVERSIDAD DEL VALE

INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGIA

LICENCIATURA EN EDUCACION FISICA Y DEPORTE

CALI-VALLE DE CAUCA

2019

Abreviaturas y Símbolos

FNDC	-	Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (Brain Derived Neurotrophic Factor)
DCL	-	Daño Cognitivo Leve
MMSE	-	Mini Mental State Examination
RM.	-	Repetición Máxima
TFCR	-	Test de la Figura Compleja de Rey

Tabla de contenido

Resumen	8
Introducción.....	10
1. Planteamiento del problema.....	11
2. Justificación.....	14
3. Marco Teórico	15
3.1. Envejecimiento, cambios musculares y ejercicio	15
3.1.1. Pérdida de masa muscular y funcionalidad con el Envejecimiento.....	15
3.1.2. Efectos del ejercicio de fuerza sobre la masa muscular y la funcionalidad.....	17
3.2. Envejecimiento y cambios cerebrales	19
3,2,1, Envejecimiento cerebral e independencia	20
3.2.2. Ejercicio y salud cerebral.....	20
3.2.3. Factor neurotrófico derivado del cerebro.....	24
4. Objetivos.....	26
4.1. Objetivo general.....	26
4.2. Objetivos específicos.....	26
5. Metodología.....	27
5.1. Diseño experimental.....	27
5.2. Población.....	27
5.2.1. Reclutamiento de los participantes.....	27

5.2.1. Criterios de inclusión.....	27
5.2.1. Criterios de exclusión.....	27
5.3. Definición de las variables y recolección de la información.	28
5.4. Aspectos éticos.....	28
5.5. Materiales y métodos.....	30
5.5.1. Test psicológicos.....	30
5.5.2. Test físicos.....	35
5.6. Control de sesgos.	41
5.7. Análisis Estadístico.....	42
6. Resultados	44
6.1. Descripción de la muestra	44
6.2. Correlaciones paramétricas.....	48
6.3. Correlaciones no paramétricas.....	49
6.4. Correlaciones no paramétricas recodificadas.....	52
7. Discusión.....	55
8. Conclusiones.....	58
9. Referencias.....	59
10. Anexos.....	69

Lista de tablas

Tabla 1: <i>Caracterización de la población estudiada</i>	34
Tabla 2: <i>Frecuencias nivel de escolaridad</i>	45
Tabla 3: <i>Descriptivos generales de la población estudiada</i>	46
Tabla 4: <i>Descriptivos de variables que no se distribuyeron normal y se transformaron logarítmicamente</i>	47
Tabla 5: <i>Correlaciones de Pearson entre Test de Rey y press de pecho sentado</i>	48
Tabla 6: <i>Correlaciones de Pearson entre Test de Rey y extensión de pierna sentado</i>	48
Tabla 7: <i>Rho de Spearman grupo 1 hasta bachillerato</i>	50
Tabla 8: <i>Rho de Spearman grupo 2 hasta universitarios</i>	51
Tabla 9: <i>tau_b de Kendall recodificado</i>	52
Tabla 10: <i>Rho de Spearman grupo 1 hasta bachillerato</i>	53
Tabla 11: <i>Rho de Spearman grupo 2 hasta universitarios</i>	54

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Puntuación del test de la figura compleja de Rey.....	33
<i>Figura 2.</i> Figura compleja del test de rey para la copia y reproducción.....	35
<i>Figura 3.</i> Ejecución de press de pecho sentado.....	37
<i>Figura 4.</i> Ejecución de extensión de piernas sentado.....	38

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre la potencia muscular de miembros superiores e inferiores y la memoria episódica en mujeres mayores de 60 años.

Se evaluó la potencia muscular de 30 mujeres mayores pertenecientes a un grupo de actividad física, mediante 2 máquinas de musculación: una máquina de extensión de pierna sentado, y otra de press de pecho sentado; se midió en cada una de las máquinas la fuerza muscular máxima mediante el test de una repetición máxima (1RM), simultáneamente se midió la potencia con un transductor de posición lineal de marca T- Force. Seleccionándose la repetición con mejor expresión de potencia en una carga baja y una carga alta, relacionándola con la puntuación obtenida en el test psicológico de la figura compleja de rey que evalúa indirectamente la memoria episódica.

Los resultados muestran que con la metodología empleada la potencia muscular no tuvo relación en ninguno de los casos con la memoria episódica de mujeres mayores de 60 años.

Palabras Clave: Potencia muscular, Memoria Episódica, Personas mayores, envejecimiento

Abstract

The aim of this research was to determine the relationship between upper and lower limbs muscle power and episodic memory in women over 60 years old.

The muscular power of 30 older women belonging to a group of physical activity, was evaluated, using 2 musculation machines: one sitting leg extension machine, and another sitting chest press;

The maximum muscle strength was measured in each machine by the maximum repetition test (1RM), the power was simultaneously measured with a T-Force brand linear position transducer.

The repetition with better power expression at a low load and a high load was selected, relating it to the score obtained in the psychological test figura compleja de Rey that indirectly evaluates episodic memory.

The results show that with the methodology used muscle power was not related in any case with episodic memory of women over 60 years old.

Key Words: Power muscle, Episodic Memory, Eldery, Aging

Introducción

Actualmente se presenta una transición demográfica generalizada en todo el mundo, caracterizada por el cambio en las proporciones de jóvenes, adultos y adultos mayores. Datos actuales comparados con datos del siglo pasado revelan que la proporción de niños y adolescentes ha disminuido y la de adultos jóvenes y adultos mayores va en aumento, esto resulta relevante debido a la problemática social que trae consigo el aumento de las personas mayores, requiriendo una adaptación de políticas públicas y aumento del gasto social en el tratamiento de las enfermedades asociadas con la vejez. Algunos países ya envejecidos llevan décadas en esta transición por lo que han podido adaptar su sociedad a las circunstancias; entre los países que actualmente se encuentran en transición predominan los países en vía de desarrollo, los cuales no cuentan con políticas públicas adecuadas para esta situación, estos países muestran una transición más acelerada lo que dificulta adaptarse al aumento de personas mayores (OMS, 2017).

La independencia física y mental de las personas mayores es un tema de gran relevancia debido a las grandes cargas de discapacidad en la población mayor, las cuales están fuertemente relacionadas con la funcionalidad física y mental. La demencia tuvo un costo para la sociedad en el mundo del 1% del producto interno bruto mundial (OMS, 2017), encendiendo las alarmas en temas prioritarios de prevención y el tratamiento de las enfermedades mentales.

1. Planteamiento del problema

Actualmente se presenta una transición demográfica en la población mundial, desde el siglo pasado se presenta una tendencia en la que la población de niños y adolescentes disminuye, e incrementa considerablemente la cantidad de adultos jóvenes; las personas mayores presentan un aumento más lento, pero este incremento en la población de adultos jóvenes pronostica un gran aumento en la población de personas mayores, Se calcula que en países en vía de desarrollo para el año 2050 dicha población mayor superara el 20% (OMS, 2015). En Colombia, datos del DANE revelan que la población mayor en el año 2018 supera el 9% mientras que en el año 2005 alcanzaba de 6,3% , y se estima que para el 2050 será superior al 20% (DANE, 2010). Según la OMS esto resulta relevante debido a que con el envejecimiento se presenta un deterioro general del organismo, disminuyendo su autonomía funcional, lo que lleva al aumento del riesgo de padecer enfermedades relacionadas con la edad afectando la calidad de vida de esta población, además de generar impacto económico en sus familiares y aumentando el gasto social en su tratamiento. Un ejemplo de lo anterior es la demencia, en la que el riesgo de padecerla incrementa con la edad y que para el año 2017 tuvo un costo de 818 billones de dólares, equivalente al 1% del producto interno bruto mundial y a medida que la población mundial envejece, el número de personas que padece demencia se triplicará y pasará de 50 millones actualmente a 152 millones en 2050.

No obstante, ejercicio físico previene o posterga la aparición de diferentes trastornos físicos y mentales que están directamente relacionados con la pérdida de independencia (Shephard, R., 1997). Algunos tipos de ejercicio se relacionan con beneficios específicos para las personas mayores como el ejercicio aeróbico, que mejora la oxigenación del cerebro mejorando

su funcionamiento, además de estimular algunas hormonas y neurotransmisores relacionadas con el buen funcionamiento cerebral; también el ejercicio muscular con sobre carga ha demostrado grandes resultados en la prevención de la pérdida de funcionalidad mediante el incremento de la fuerza en todas sus expresiones estimulando el sistema cardiovascular, esquelético, endocrino, inmunitario y nervioso (Shephard, R., 1997).

Una de las expresiones de la fuerza que ha recibido un particular interés en el mejoramiento de la funcionalidad física es la fuerza explosiva o potencia muscular específicamente de miembros inferiores, esto debido a su relación con las actividades de la vida diaria (AVD) en donde se requiere un grado mínimo de estabilidad, como subir escaleras, levantarse de una silla, frenar o cambiar de dirección rápidamente. Además, se ha documentado que en la vejez se presenta primero la pérdida de potencia muscular y después la pérdida de fuerza máxima, dando como resultado la pérdida de masa muscular en la vejez, denominada sarcopenia (Manini & Clark, 2012).

Debido a los grandes beneficios del aumento de la fuerza muscular sobre la funcionalidad física no solo expresada mediante el mejoramiento del sistema musculoesquelético relacionado con el movimiento sino también con sistemas relacionados con la homeostasis como el sistema cardiovascular y endocrino resulta importante conocer si este aumento de la fuerza muscular también se relaciona con las capacidades cognitivas tan afectadas con el envejecimiento, en busca de prevenir trastornos como el Alzheimer que afecta a tres cuartas partes de las personas diagnosticadas con demencia.

Esto conlleva al cuestionamiento sobre la posible relación del aumento de fuerza muscular, más específicamente la potencia muscular, con sus grandes beneficios en la funcionalidad física y mental con otro aspecto fundamental relacionado con la pérdida de independencia, la salud

mental. Con base en lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué relación tiene la potencia muscular con la memoria episódica de personas mayores entre 65 y 75 años?

2. Justificación

La baja funcionalidad física y la disminución de capacidades cognitivas son las principales causas de pérdida de independencia en personas mayores, afectando gravemente sus vidas además de las de sus cuidadores y familiares, y sumado a lo anterior el gasto social invertido en el cuidado y tratamiento de las personas con trastornos relacionados con la funcionalidad física y la salud mental son elevados.

Todo lo anterior genera la necesidad de encontrar estrategias para el tratamiento y la prevención de dichos trastornos, adquiriendo gran relevancia el ejercicio en el tratamiento y la prevención de trastornos físicos en la vejez. El tipo de ejercicio que resulta de interés en esta investigación es el destinado a incrementar la potencia muscular, que ha demostrado tener resultados positivos sobre la funcionalidad física en comparación con otros tipos de ejercicio, convirtiéndolo en una gran estrategia de prevención de la pérdida de independencia en la población mayor, por este motivo resulta relevante investigar sobre sus efectos sobre la salud mental, pues de existir una relación positiva entre estas dos variables se presentaría una gran oportunidad para el mejoramiento de la calidad de vida mediante la prescripción de este tipo de ejercicio.

En este estudio se busca encontrar relación entre la fuerza muscular expresada mediante la potencia muscular y las funciones cognitivas, específicamente de memoria expresada mediante la memoria episódica. Esta investigación surge dado que existe la necesidad de encontrar tratamientos eficaces para la promoción del envejecimiento saludable en busca de aumentar la independencia de las personas mayores.

3. Marco teórico

3.1. Envejecimiento, cambios musculares y ejercicio.

Según la OMS la tercera edad inicia después de los 65 años, y durante el proceso normal de envejecimiento se presentan cambios biológicos, psicológicos y sociales que repercuten en la funcionalidad física y mental de los adultos mayores (Andrea & Irene, 2007). Dentro de los cambios visibles que una persona mayor presenta se destacan los ocurridos en el sistema muscular y esquelético, pues la pérdida de masa muscular producida por el envejecimiento influye de manera considerable en las discapacidades físicas (Danneskiold-Samsøe et al., 2009; Evans, 2010).

3.1.1. Pérdida de masa muscular y funcionalidad con el envejecimiento.

La pérdida de masa muscular puede deberse a la pérdida o disminución del tamaño de las fibras musculares. (Buford et al., 2010; Degens & Alway, 2006; Marzetti, Calvani, Bernabei, & Leeuwenburgh, 2012). También puede producirse por algunos factores entre los cuales cabe nombrar los relacionados con el sistema nervioso con la pérdida de unidades motoras alfa de la médula espinal y el sistema humoral con el descenso de hormonas anabolizantes como la testosterona, estrógenos, la hormona del crecimiento y aumento de distintas interleuquinas, además del estilo de vida y la alimentación (Serra, 2006).

Baumgartner et al. (1998), asume que la vejez se asocia con una disminución de masa muscular de un orden del 0.5 – 2 % por año, causando sarcopenia definida como la pérdida de

masa y fuerza muscular en contexto del envejecimiento. Nemerovsky & Sgbbba, (2001) agregan que esto ocurre con una tasa de incidencia de 13 - 24% en aquellos con edades entre 50-70 años y hasta 50% para para adultos cercanos a los 80 años. Las principales consecuencias de la sarcopenia tienen relación con la capacidad funcional. Así las personas mayores con sarcopenia tienen más dificultad para realizar actividades de la vida diaria como caminar, subir escaleras, levantarse de un asiento entre otras. Estas dificultades aumentan el riesgo de caídas y por lo tanto de fracturas. También afecta la formación de hueso, la tolerancia a la glucosa y la regulación de la temperatura corporal, aspectos relacionados con la independencia. La relevancia de este aspecto radica en la relación de la dependencia física con la mortalidad (Serra, 2006). En concordancia con lo anterior, resultados revelan que tres cuartos de las caídas registradas se presentan en personas mayores de 65 años, y dos tercios de las muertes por accidentes en esta población está relacionada con el riesgo de caídas (Rubenstein, 2006)

También, la sarcopenia puede contribuir al incremento del riesgo de padecer enfermedades crónicas tales como diabetes, debido a que el músculo es el principal órgano de captación de glucosa tras una sobrecarga oral, algunos autores han postulado que la sarcopenia puede contribuir al descenso en la tolerancia a la glucosa que frecuentemente ocurre durante el envejecimiento (Katz, 1983). Esta pérdida de masa muscular y la sarcopenia, asociada al proceso de envejecimiento, son unas de las principales causas de debilidad muscular y pérdida de la capacidad funcional de las personas mayores (Bosco & Komi, 1980).

3.1.2. Efectos del ejercicio de fuerza sobre la masa muscular y funcionalidad

Nuevos hallazgos sugieren que la pérdida de fuerza puede aparecer sin necesidad de que se presente antes la pérdida de masa muscular, esto debido a que además de la cantidad de masa muscular existente la fuerza se ve regulada por factores neuronales y hormonales. A esta pérdida de fuerza y al desarrollo de una menor tasa de desarrollo de la fuerza se le conoce como Dinapenia (Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, & Kjær, 2010), la cual está asociada con deterioro neuromuscular, deterioro físico, declive cognitivo avanzado, pérdida de independencia, y alto riesgo de enfermedades crónicas, morbilidad y mortalidad (Gill, William & Reifsteck, 2017).

Autores como Doherty et al., (1993); Lexell, (1993), sugieren que durante la atrofia muscular asociada con la edad hay una reducción del tamaño de las fibras musculares tipo II, sin que se vean afectadas las fibras musculares tipo I. Así mismo, existen hallazgos histoquímicos de agrupamiento de tipos de fibras y atrofia de fibras, que se cree son consistentes con procesos de denervación y renervación progresiva secundario a un proceso neuropático crónico. (Andersen et al., 1999; Oertel, 1986). También Doherty, (2003) asumen que los cambios morfológicos consistentes con un proceso neuropático conllevan a que la pérdida de motoneuronas relacionada con el envejecimiento siendo esto un factor que contribuye a la reducción del número de fibras musculares y la masa muscular. Sumado a esto, Nilwik et al. (2013), aseguran que los cambios en la masa muscular por envejecimiento o por ejercicio físico se pueden atribuir por completo a los cambios en el tamaño de la fibra muscular tipo II y reducciones en la masa muscular a la atrofia específica de fibras musculares tipo II, sin una disminución sustancial en el número de fibras musculares. Sin embargo, la masa muscular puede aumentarse de manera efectiva a través del entrenamiento prolongado de ejercicio con sobre carga, pudiendo atribuirse enteramente a la

hipertrofia de fibras musculares específicas tipo II. Por lo tanto, revertir o prevenir la atrofia de fibras musculares tipo II debe considerarse el objetivo principal para el desarrollo de estrategias de intervención efectivas para la sarcopenia (Nilwik et al., 2013). Resultados encontrados por Reid & Fielding (2012), muestran un descenso paulatino de la fuerza y la potencia a partir de los 25 años, resaltando que la potencia muscular después de los 55 años es sustancialmente más baja que la fuerza.

Debido a los diversos factores anteriormente mencionados relacionados con la pérdida de fuerza, es común que en personas sedentarias la pérdida de fuerza aparezca mucho antes que la pérdida de masa muscular, como consecuencia de la regulación neuronal y hormonal afectando directamente a la fuerza; iniciando así el proceso de pérdida de masa muscular (Manini & Clark, 2012). Además se ha comprobado que la funcionalidad física se ve más afectada por una baja fuerza muscular que por una baja masa muscular (Danneskiold-Samsøe et al., 2009).

A pesar de todos los cambios que sufre una persona con el envejecimiento, existen formas de disminuir los efectos de la edad y llevar un envejecimiento saludable, el aumento de la actividad física puede prevenir y recuperar en cierta medida la pérdida de fuerza y masa muscular, lo que lleva a una mejoría en la capacidad funcional independientemente de la edad (McCartney et al., 1996).

El entrenamiento de la fuerza, actualmente, es uno de los métodos más efectivos para combatir la sarcopenia mediante la estimulación de la hipertrofia e incremento de la fuerza muscular (Gill, William, & Reifsteck, 2017). Los programas de entrenamiento de fuerza en personas mayores probablemente constituyen, por sí mismos, una de las medidas preventivas más eficaces para retrasar la aparición de sarcopenia (Padilla et al., 2014). Frischknecht (1998),

en su trabajo, concluyó que el entrenamiento de la fuerza en personas mayores produce hipertrofia de las fibras musculares y mejora los factores neurales implicados en la producción de fuerza. La fuerza a su vez mejora la capacidad funcional y permite una vida más independiente. Frontera & Bigard (2002), sustentaron que el entrenamiento de fuerza ha demostrado invertir parcialmente las pérdidas relacionadas con la edad en la función muscular.

3.2. Envejecimiento y cambios cerebrales.

El envejecimiento también trae cambios morfológicos y funcionales a nivel cerebral que pueden estar mediados por enfermedades o agentes extrínsecos. Entre los cambios cerebrales que más frecuentemente ocurren en el envejecimiento normal se encuentra la disminución del peso y volumen cerebral, la atrofia cortical, la pérdida de neuronas corticales (Izquierdo, 2001). Según Cohen (1982), el envejecimiento cerebral se puede definir como la pérdida de la capacidad de adaptación a cualquier cambio, aguda o crónica, necesaria para una vida de relación normal. Durante el periodo de la vejez, es normal que el encéfalo comience un proceso de atrofia progresiva en el córtex parietal, frontal y temporal (Raz, et al., 2005). Así mismo, estudios como el de Passe, et al. (1997), han referido cambios morfológicos del cerebro y reducción del volumen de la sustancia gris subcortical debido a la edad; lo que explica que gran cantidad de personas mayores, sufren algún tipo de discapacidad, que se acentuara durante los últimos años de vida.

3.2.1. Envejecimiento cerebral e independencia.

Con el envejecimiento el peso del cerebro disminuye del 10 al 20%, y el flujo sanguíneo se reduce de un 30 a un 40%. Estos cambios dan lugar a pérdida de memoria, atención, reducción de la capacidad de aprendizaje y a la degradación de funciones cognitivas; produciendo también dificultades en la marcha o pérdida de equilibrio. Sin duda, el deterioro cognitivo, también es un grave problema para las personas mayores en los que respecta las capacidades mentales superiores como la memoria, juicio, razonamiento abstracto, concentración, atención y praxias. Es un tema de relevancia, que implícitamente da lugar a una serie de limitaciones en referencia a la autonomía y calidad de vida (Franco & Criado, 2005; Ardila et al., 2003).

3.2.2. Ejercicio y salud cerebral.

Con el envejecimiento se presentan alteraciones en el flujo sanguíneo en general, que también afectan al cerebro, motivando al estudio de esta condición y como su relación con el ejercicio podría mantener o aumentar el flujo sanguíneo cerebral. (Lucas et al., 2012) afirma que en estado de reposo el flujo sanguíneo se relaciona fuertemente con la función ejecutiva.

La práctica de ejercicio físico es una forma importante de mantener la función cerebral (Gómez, 2006) y las funciones cognitivas (Dishman et al., 2006; Whitbourne et al., 2010). Por lo que se ha extendido el concepto del cerebro como un órgano que se beneficia directamente del ejercicio (Cotman & Engesser, 2002).

Sumado a esto, Efimova, Efimova, Triss, & Lishmanov, (2008), muestra una correlación directa entre el flujo sanguíneo en diversas regiones cerebrales y los parámetros de función cognitiva, también describe que el deterioro de la atención y la disminución de la velocidad psicomotora en pacientes hipertensos fueron causados por trastornos de la microcirculación en las regiones cerebrales frontal, parietal y temporal; también (Chao et al., 2010) en su investigación muestra que la hipoperfusión cerebral tuvo relación con el desarrollo de demencia en pacientes con daño cognitivo leve (MCI por sus siglas en ingles). Además Efimova et al. (2008), muestra que seis meses de terapia hipotensora tuvieron un efecto positivo sobre la función cognitiva en pacientes con hipertensión arterial. Por lo tanto, estos pacientes demostraron mejoras en la atención y la evocación abstracta, así como aumentos en la velocidad psicomotora. Voss et al., (2016) sugiere que la capacidad cardiovascular es el mediador fisiológico clave que explica la relación positiva entre el ejercicio físico y el rendimiento cognitivo, jugando el musculo un papel clave, pues la autora describe que una mayor distribución del flujo sanguíneo al músculo es un predictor muy importante de la aptitud cardiorrespiratoria, estando esto influenciado por la capacidad del corazón de generar más gasto y reclutar y formar nuevos capilares en el músculo. Respaldando estas afirmaciones Anton et al., (2006) muestra que 13 semanas de entrenamiento de la fuerza previenen y disminuyen la disminución del flujo sanguíneo femoral y Xu et al., (2014) muestra resultados favorables para el ejercicio de fuerza sobre la perfusión cerebral, y en adición revela resultados más favorables en mujeres que en hombres.

Otros resultados muestran efectos pequeños sobre otras regiones cerebrales, como Colcombe et al., (2003) quien encontró pocos efectos de la condición física sobre la materia gris y la materia blanca, quien además afirma que la aptitud cardiovascular desempeñó su único papel detectable al moderar la disminución relacionada con la edad en la densidad del tejido cerebral.

Por otra parte existen estructuras cerebrales estrechamente ligadas con la disminución del rendimiento cognitivo, como es el caso del hipocampo que es la estructura responsable de la consolidación de las memorias y que empieza a disminuir con el incremento de la edad (Zhang et al., 2010), lo que puede generar problemas en la memoria y un mayor riesgo de demencia (Erickson et al., 2011), en adición a esto se ha descubierto que la atrofia del hipocampo no es solo un proceso natural con el incremento de la edad sino que también ha sido un marcador de diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer (Zhang et al, 2010).

Sin embargo, resultados sugieren que el ejercicio de fuerza puede reducir la disminución del volumen del hipocampo (Kim, Shin, Hong, & Kim, 2017), debido a la reducción de la neurogénesis hipocampal, la cual siempre va acompañada de un deterioro cognitivo ocasionando o empeorando enfermedades como la depresión, la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson (Ma et al., 2017).

Erickson et al. (2011), asume que mayores cantidades de actividad física están relacionadas con la preservación de regiones de las regiones prefrontal y temporal del cerebro, que reduce el riesgo de deterioro cognitivo. Últimamente, uno de los factores relacionados con el estilo de vida sobre el que más se está incidiendo es el ejercicio físico, que podría estar implicado en el retraso del deterioro cognitivo (Snowden et al, 2011). De esta forma, la práctica de actividad física se ha relacionado a lo que algunos autores llaman como envejecimiento cognitivo saludable (Tseng et al., 2011; Miller et al., 2012). La práctica de ejercicio físico de forma regular se ha asociado con el incremento del volumen cerebral en regiones relacionadas con las funciones cognitivas que declinan con la edad (Lopez et al., 2011). Archer et al. (2011), sostiene que el incremento de la capacidad aeróbica aumenta el flujo sanguíneo cerebral, mejorando la utilización del oxígeno y la glucosa del cerebro, así como el incremento de la

insulina, estimulando la neurogénesis y aumentando las interconexiones sinápticas. Igualmente, la actividad física beneficia la regulación de neurotransmisores y la estimulación de liberación de calcio. Todos ellos son necesarios para mantener el funcionamiento neuronal, promover un estado de ánimo positivo y mejorar la función cognitiva; incrementando la capacidad de reserva cognitiva del cerebro, reduciendo la tasa de envejecimiento y disminuir el riesgo de desarrollo de enfermedades neurológicas (Tseng et al., 2011).

Sofi et al, (2011), sustenta que las personas que permanecen activas durante toda la vida, especialmente durante la mediana edad, tienen un mejor desarrollo de las funciones cognitivas durante más tiempo. Así mismo, investigaciones como la de Erickson et al. (2009), en plasticidad cerebral, ha demostrado que el deterioro cognitivo no es inalterable y que la plasticidad cerebral se encuentra presente en adultos mayores, lo que permite hacer reversibles incluso daños ya manifestados. Por su parte Foster et al. (2011), indica cómo la actividad física incrementaría la plasticidad neuronal, contribuyendo a la compensación de circuitos cerebrales deteriorados, ampliaría la función de otras redes neuronales e incrementaría el funcionamiento neurológico general en las personas mayores.

El hipocampo es una región del cerebro importante en el aprendizaje y la memoria, y es un objetivo para el deterioro temprano de enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer (Cotman & Engesser, 2002), responsable de consolidar recuerdos, y se vuelve más pequeño con el aumento de la edad (Zhang et al., 2010). Así mismo, Garcia et al. (2005), sustentan que el hipocampo es una de las principales estructuras relacionadas con el procesamiento de la memoria. Erickson et al. (2011), destaca la importancia del hipocampo, y como este se reduce al final de la edad adulta, lo que lleva a problemas de memoria y un mayor riesgo de demencia.

Por otro lado, estudios como el de Kim et al. (2017), han reportaron un aumento en el volumen del hipocampo después de un programa de ejercicios de fuerza en mujeres mayores, que duro 24 semanas; este estudio también mostró efectos significativos sobre el crecimiento cerebral.

3.2.3. Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro.

Por su parte Erickson et al. (2011), demostró que el aumento del volumen del hipocampo se asocia con mayores niveles séricos de factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), un mediador de la neurogénesis. Schinder & Poo (2000), recalcan la importancia del mantenimiento de los niveles cerebrales de BDNF para una función neural efectiva y la longevidad. Así mismo, Cotman & Berchtold, (2002); Vaynman et al, (2004), asumen que el BDNF está relacionado con cambios en el volumen del hipocampo y el ejercicio físico aumenta los niveles de BDNF en el hipocampo.

A el BDNF se le atribuye un papel neuro protector promoviendo la supervivencia de las neuronas hipocampal, estriar y septal, así como también la protección del cerebro contra patologías tales como isquemia y axotomía (Schinder & Poo 2000). El ejercicio da como resultado niveles de BDNF sobre regulados, lo que debería conducir a una menor atrofia cortical y, por lo tanto, a una función cognitiva mejorada (Cotman & Engesser, 2002).

Insua (2003), destaca La actividad física como mediador para incrementar la disponibilidad de BDNF, aumentando su expresión en el hipocampo. El mismo autor sustenta que la expresión aumentada de BDNF inducida por el ejercicio podría ayudar a incrementar la resistencia al daño y la degeneración, haciendo que este factor trófico sustente el crecimiento, la funcionalidad y la supervivencia neuronal, así mismo, el BDNF ha surgido como uno de los más

potentes mediadores moleculares no sólo de la plasticidad sináptica central, sino también, de las interacciones comportamentales entre un organismo y su ambiente, es decir que está estrechamente ligado al aprendizaje y a la formación de memoria.

Otros autores como Ramírez et al, (2004), recalcan que el ejercicio físico podría tener un papel importante en el tratamiento de patologías como la depresión, ya que esta afección se caracteriza por niveles bajos de BDNF, lo que podría significar que este factor también está relacionado con alteraciones en la afectividad.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Determinar la relación entre potencia muscular y memoria episódica en mujeres mayores de 60 años.

4.2 Objetivos específicos

- Establecer si la memoria episódica se asocia con la potencia de forma diferencia en miembros superiores e inferiores.
- Determinar la posible asociación diferenciada entre la copia y la reproducción del test de rey con la potencia muscular.
- Establecer la posible asociación de la memoria episódica con la potencia muscular en función del grado de escolaridad de los sujetos.

5. Metodología

5.1 Diseño

Estudio correlacional de corte transversal

5.2 Población

Para este estudio se conoto con Personas mayores pertenecientes a los grupos de actividad física de Comfandi en el barrio Camino Real.

5.2.1 Reclutamiento de los participantes

El reclutamiento de los participantes se realizó mediante una convocatoria efectuada por medio de los profesores de actividad física de todas las jornadas, su participación fue totalmente voluntaria

5.2.2 Criterios de selección

- Personas mayores de 60 años.
- Estén físicamente aptos para realizar ejercicio con sobrecarga.
- Sexo femenino

5.2.3 Criterios de exclusión

- Personas que estén realizado un programa de ejercicio con sobrecarga en el último año.
- Personas mayores con patologías asociados a demencias.
- Personas mayores con limitaciones físicas que impidan realizar los ejercicios.

5.3 Definición de las variables y recolección de la información

Variable independiente:

- Potencia muscular

Variable dependiente:

- Memoria Episódica.

5.4 Aspectos éticos

Las personas mayores voluntarias que participaron del estudio fueron atendidas en las instalaciones de Comfandi camino real. Allí se dieron a conocer los propósitos del estudio, metodología, riesgos y beneficios, como los criterios de selección para la participación de la investigación; de igual manera se hizo énfasis en el uso exclusivo de los datos e información entregada para fines científicos, confidencialidad de los datos y garantías ofrecidas para la protección de estos mismos. Se brindó información acerca de los espacios, días en que se llevarían a cabo dichas tomas, objetivos, motivaciones, finalidad, autoría, de esta investigación, de igual manera, se realizó la presentación oficial del personal de apoyo , tutor del trabajo de grado Santiago Arboleda Franco y los estudiantes David Sergio Castillo Rincón y Andrés Esteban Saa .

Se verificaron los criterios de inclusión de los participantes que aceptaron ser parte del estudio, se descartaron posibles alteraciones cognitivas, mediante la prueba Mini-Mental State Examination

A las personas participantes del estudio se les respeto su autonomía y se veló por su seguridad, por lo que pudieron ingresar al estudio y retirarse del mismo en el momento que así lo desearán, sin conllevar esto a ningún tipo de represalia, ni violación de sus derechos.

En esta investigación se tuvo en cuenta los postulados éticos para investigación de seres humanos, Declaración de Helsinki la cual fue actualizada en 2008 y según lo dispuesto en la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, debido a que no todos los postulados se relacionan con el tipo de investigación y metodología realizada, a continuación, se enumeran los que se tuvieron en cuenta por su pertinencia a este estudio.

Por medio de un cuestionario validado todos los participantes en esta investigación se les verificó si presentaban patologías que los pudieran poner en riesgo al momento de realizar las actividades, como deber del investigador de promover y velar por la salud, bienestar y derechos de los pacientes.

El manejo de la información personal de las personas que participaron en la investigación solo será de acceso del investigador y director de la investigación.

Se proporcionó, previo a la investigación, la información detallada del estudio a los sujetos que participaron, de igual forma, se resolvieron las preguntas e inquietudes pertinentes a la investigación

Los participantes estuvieron bajo el monitoreo y supervisión continua de los investigadores al momento de realizar la ejecución de los test. Cada prueba realizada fue descrita claramente a los participantes

La aplicación de las pruebas en los participantes estuvieron basadas en literatura solida de bibliografía científica, demostrando que las pruebas o test a desarrollar en esta investigación tienen una pertinencia y aplicabilidad sobre la población de personas mayores

Todas las personas participantes fueron informadas de sus resultados en las pruebas y/o test realizados, se realizaron algunas recomendaciones a los participantes dependiendo de sus resultados para estimular mejoras en sus perfiles de autonomía funcional.

5.5 materiales y métodos

5.5.1. Test psicológico.

5.5.1.1. Mini-mental state examination.

El mini-mental, fue empleado como un instrumento practico para un rastreo inicial de alteraciones cognitivas. Al ser un instrumento estandarizado de uso generalizado, también favorece la posibilidad de contar con un parámetro adecuado de comparación entre distintos grupos de trabajo (Folstein et al., 1975).

5.5.1.2. Test de la figura compleja de rey.

Materiales: dos hojas blancas sin renglones ni cuadrículas, lápices de colores, un cronometro, un modelo de la figura compleja de rey

Técnica de la prueba:

Primer paso: una vez instalado el sujeto delante de una mesa, se le presenta el modelo en su posición normal (triangulo isósceles que prolonga el rectángulo a la

derecha, con el pequeño rombo hacia abajo), pidiéndole que lo copie haciéndole comprender que no se trata de una prueba de dibujo. La copia puede ser aproximada en cuanto a proporciones; lo esencial es no olvidar ninguno de los detalles del modelo.

Se le da al sujeto una hoja y un lápiz de color y comienza su copia. El experimentador sigue el proceso y se limita a cambiarle el lápiz de color en la siguiente forma: se le da un color diferente cada vez que un conjunto quede terminado y se marca en el borde de la hoja en el orden de los colores empleados, de manera de poder representar fácilmente de qué manera procedió el sujeto (en general bastan 5 o 6 colores). Se toma el tiempo que dura la copia, se le pregunta si ha terminado, se anota el tiempo y se le saca la hoja que ha dibujado.

Segundo: después de una pausa de 3 minutos, durante la cual se debe sacarse de la vista el modelo y la copia, se le da una nueva hoja y un lápiz ordinario y se le pide que ejecute el dibujo de memoria; se le toma el tiempo como la vez anterior y se anota si el segundo proceso grafico es parecido o no al primero.

Una vez que el experimentador está en posesión del dibujo copiado y del dibujo de memoria, la prueba queda terminada; pero se puede preguntar que representa el modelo.

Nota: el tiempo se toma solo en minutos, se debe redondear los segundos al minuto superior.

Evaluación numérica de los resultados: los elementos que se consideran constitutivos son los siguientes.

- a. La cruz exterior junto al Angulo superior izquierdo del gran rectángulo.
- b. El gran rectángulo, armadura de la figura
- c. La cruz de san Andrés formada por las 2 diagonales del rectángulo 2.
- d. La mediana horizontal del rectángulo 2
- e. La mediana vertical del rectángulo 2
- f. El rectángulo interior (junto al costado izquierdo del rectángulo 2, limitado por las dos semi – diagonales izquierdas de este y atravesado sobre la mediana) con sus dos diagonales interiores.
- g. El pequeño segmento sobre el lado superior horizontal del elemento 6.
- h. Las 4 líneas paralelas situadas en el triángulo formado por la semi – median superior, el semi – lado superior y la semi – diagonal superior izquierda del rectángulo 2.
- i. El triángulo rectángulo formado por el semi – lado superior del rectángulo 2 en la prolongación superior de la mediana 5 y el segmento que una la cima de esta prolongación con el ángulo superior derecho del rectángulo 2.
- j. La pequeña perpendicular al lado superior del rectángulo 2, situada debajo del elemento 9
- k. El círculo con los tres puntos inscritos situados en sector superior derecho del rectángulo 2.
- l. Las cinco rayas paralelas situadas perpendicularmente sobre la diagonal inferior derecha del rectángulo 2.
- m. Los dos lados iguales que forman el triángulo isósceles construido sobre el lado derecho del rectángulo, exterior a este.
- n. El pequeño rombo situado en el vértice del triángulo 13.

- o. El segmento situado en el triángulo 13, paralelo al lado derecho del rectángulo 2.
- p. La prolongación de la mediana horizontal 4, que constituye la altura del triángulo 13.
- q. La cruz inferior, comprendida la línea que prolonga la median 5 y la une a se lado.
- r. El cuadrado situado en el vértice inferior izquierdo del rectángulo 2, comprendida la diagonal.

Por cada unidad	Correcta.	Bien situada: 2 puntos
		Mal situada: 1 punto
	Deformada o incompleta, pero reconocible	Bien situada: 1 punto
		Mal situada: 0,5 puntos
	Irreconocible o ausente	0 puntos

Figura 1. Puntuación del test de la figura compleja de Rey

Manera de proceder o tipo de reproducción:

Independientemente de la riqueza o exactitud de las reproducciones, los resultados obtenidos pueden reducirse a los tipos siguientes:

Tipo I. – construcción sobre la armadura: el sujeto comienza su dibujo por el gran rectángulo central que erige la armadura con relación al cual agrupa todos los elementos de la figura

Tipo II. – detalles englobados en la armadura: el sujeto empieza por uno u otro detalle anexo al gran rectángulo (por ejemplo: la cruz superior izquierda) lo traza el gran rectángulo (por ejemplo: la cruz superior izquierda) lo traza el gran rectángulo englobándolo a el uno u otro detalle (por ejemplo, el cuadrado exterior junto al ángulo inferior izquierdo del rectángulo), después acaba la reproducción del rectángulo central, utilizando como armazón de su dibujo, como el Tipo I: se asimila también al tipo II el proceso raramente encontrado que consiste en dibujar las dos diagonales del rectángulo antes de su contorno.

Tipo III.- contorno general: el sujeto comienza su dibujo por la reproducción del contorno integral de la figura, sin diferencia explícitamente el rectángulo central. Obtiene así una especie de “continente” en el cual coloca después los detalles interiores.

Tipo IV.- yuxtaposición de detalles: el sujeto yuxtapone los detalles uno sobre los otros, procediendo como si hiciera un puzle. No hay elemento director de la reproducción. El conjunto, terminado más o menos bien, es globalmente reconocible y aun puede resultar perfecto.

Tipo V.- detalles sobre fondo confuso: el sujeto produce un grafismo poco o nada estructurado, en el cual no se podría reconocer el modelo, pero donde ciertos detalles de este son netamente reconocibles, por lo menos en su intención.

Tipo VI.- reducción a un esquema familiar: el sujeto lleva la figura a un esquema que le es familiar y que puede a veces recordar vagamente la forma general del modelo o ciertos elementos (casa bote paz).

Tipo VII.- garabato: el sujeto produce un simple garabato en el cual no se puede reconocer los elementos del modelo ni su forma global.

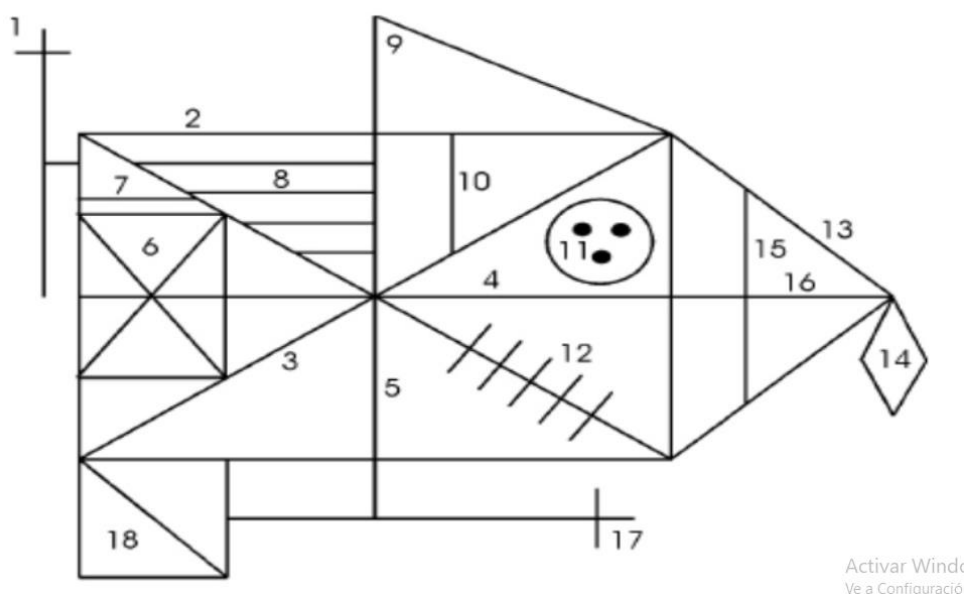


Figura 2. Figura compleja del test de rey para la copia y reproducción

5.5.2. Test físicos

5.5.2.1. Prueba de una repetición máxima (RM)

La prueba de una repetición máxima consiste en medir la cantidad de peso máxima que puede desplazar una persona con una determinada acción muscular, que se traduce como su fuerza máxima, esto se logra mediante un ejercicio predeterminado con sobrecarga de peso, siendo este medible y replicable ya sea en máquinas de musculación o con pesos libres, siendo

un referente indirecto de la fuerza que ejerce determinado musculo o grupo muscular (Brown & Weir et al., 2001).

El test de 1 repetición máxima se realizará debido a la necesidad de conocer la fuerza máxima que ejerce determinados grupos musculares, y a partir de este peso máximo desplazado calcular el porcentaje en el cual el sujeto de prueba desarrolla cualidades específicas de la fuerza, como la resistencia a la fuerza y la fuerza explosiva o potencia (Tobalina, Calleja-González, De Santos, Fernández-López, & Arteaga-Ayarza, 2013).

El test se realiza de manera progresiva y con un previo calentamiento, buscando la correcta activación musculo articular sin generar fatiga. El test iniciara con una carga base estándar para todos los participantes y a partir de esta se incrementará progresivamente la carga aplicada hasta llegar a la carga en la cual el sujeto de prueba pueda ejecutar adecuadamente solo una repetición.

Existen métodos indirectos para estimar el RM mediante un porcentaje de este, utilizando métodos de regresión con la velocidad de ejecución y la carga aplicada, pero estos métodos presentan algunos inconvenientes de precisión y exactitud.

5.5.2.2. Evaluación de 1RM de miembros superiores

El RM se evalúa por medio de press de pecho sentado y el remo a dos manos, su determinación se hizo de manera progresiva teniendo en cuenta el protocolo de (Brown & Weir et al., 2001).

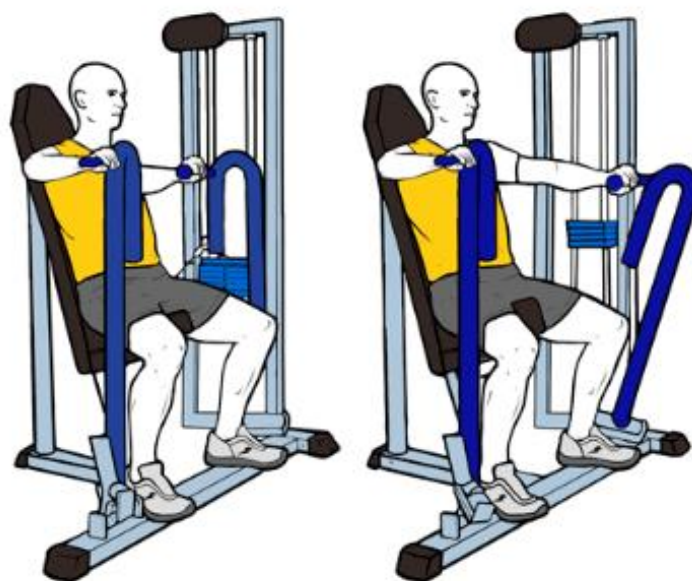


Figura3.

Ejecución de press de pecho sentado. Recuperado de

<https://www.entrenamientos.com/en/entrenamientos/5-dias-en-el-gimnasio-dia-1/193>

5.5.2.3. Evaluación de 1RM de miembros inferiores

El RM de miembros inferiores se evalúa por medio de la máquina de extensión de pierna de 90° a aproximadamente 180° y la prensa inclinada a 45° su determinación se hizo de manera progresiva teniendo en cuenta el protocolo de (Brown & Weir et al., 2001).

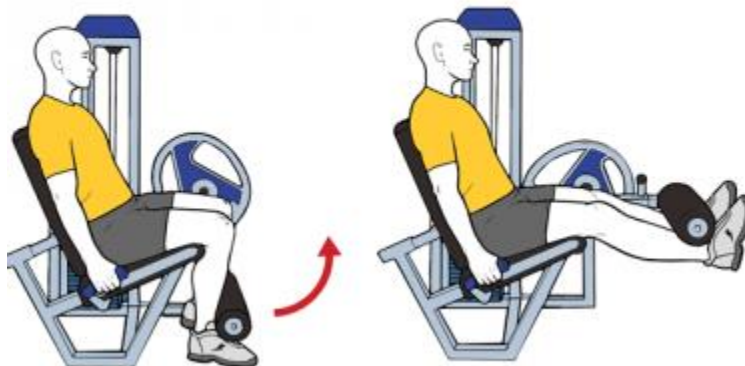


Figura 4. Ejecución de extensión de piernas sentado. Recuperado de <https://www.entrenamientos.com/ejercicios/extension-de-piernas-en-maquina-pies-hacia-dentro>

5.5.2.4. Pruebas de potencia muscular.

La Potencia se determinó seleccionando la mejor repetición con una carga alta, con una mayor expresión del componente fuerza, y la mejor repetición con una carga baja, donde predomina la expresión velocidad mediante el transductor de posición lineal T-force System / 1000 Hz En miembro superiores (press de pecho sentado) y miembros inferiores (extensión de pierna sentado). El T-force monitoriza el desplazamiento vertical de las masas, se registraron parámetros mecánicos (cinemáticos y dinámicos) para cada ejecución de movimientos de potencia de cada uno de los participantes, se ejecutaron los movimientos de la misma forma que en la evaluación de test de 1 RM.

5.5.2.4.1. Evaluación de la potencia de miembros superiores:

Los miembros superiores se evaluaron a través del movimiento en la máquina de press de pecho sentado, para la ejecución del movimiento se elige el peso adecuado para cada sujeto al 40% y 60% de su 1RM ya establecido en el movimiento de press de pecho sentado, el T-force monitoriza el desplazamiento de las masas para cada uno de los movimientos validos realizados por los sujetos, dicho monitoreo es registrado por medio de un software que genera una base de datos para cada ejecución valida.

La disposición que se debe tener para llevar a cabo de manera correcta y precavida la ejecución sugiere estar en posición sentada con la espalda recta, se toma los agarres a la altura del pecho y con las plantas de los pies apoyados en el suelo, el sujeto debe empujar los agarres dejando los brazos extendidos casi por completo pero sin anclar los codos, debe sostener por 1 segundo, se baja los agarres hasta la altura del pecho. Alterno a ello se debe verificar el buen manejo de la respiración la cual se da inhalando en la bajada y exhalando lentamente cuando se está subiendo los agarres hasta la posición inicial.

5.5.2.4.2. Evaluación de la potencia de miembros inferiores

Los miembros inferiores se evaluó por medio del desplazamiento de una determinada cantidad de peso en la máquina de extensión de pierna de 90° a aproximadamente 180°, para la ejecución del movimiento se elige el peso correspondiente al 40% y 60% de 1RM en cada sujeto, el T-force monitoriza el desplazamiento de las masas para cada uno de los movimientos

validos realizados por los sujetos , dicho monitoreo es registrado por medio de un software que genera una base de datos para cada ejecución valida.

La disposición que se debe tener para llevar a cabo de manera correcta y precavida la ejecución sugiere que el individuo debe ubicarse con la espalda bien apoyada en el respaldo de la máquina , los dos pies separados entre sí y apoyados en la polea que se debe levantar, en el movimiento concéntrico se procede a empujar con las piernas para desplazar de forma ascendente la polea dejando extendidas las mismas, pero sin llegar a bloquear las rodillas, en el movimiento excéntrico se debe dejar bajar la polea a una velocidad constante similar a la del movimiento concéntrico.

5.6 Control de sesgos

Con el fin de evitar en lo posible la influencia de variables externas ajenas al estudio en los resultados, se tuvieron en cuenta algunos aspectos relevantes para prevenir posibles sesgos desde el reclutamiento de los participantes y el planteamiento metodológico hasta la ejecución de este y el manejo de la información.

Con lo referente a la selección de la población se establecieron como criterios de inclusión en el estudio admitir mujeres mayores de 60 años, y con un nivel de escolaridad mínimo de básica secundarias con el fin de homogenizar la población en cuanto a sus capacidades física y cognitivas respectivamente. Además, se admitieron sujetos sin tener en cuenta sus resultados en el análisis estadístico con el fin de generar un ambiente de inclusión durante las pruebas. También se realizó la prueba Test mini mental state examination para descartar cualquier tipo de demencia en los sujetos de prueba que pudiera interferir en los resultados del estudio.

La velocidad de ejecución estuvo directamente relacionada con el porcentaje de RM con el que se trabajó en cada ocasión, el participante debía desplazar el peso a la máxima velocidad posible en cada repetición, el investigador a cargo garantizara esta velocidad dando la orden de la ejecución de cada repetición y motivando al participante a aplicar su máxima fuerza, de esta manera se generaron micro pausas entre las repeticiones, facilitando la concentración del participante en la acción muscular a ejecutar.

Cada participante fue citado en un horario distinto, adquiriendo la actividad un carácter personalizado, esto en busca de garantizar la seguridad de los participantes y la adecuada ejecución de los ejercicios.

Referente a la recolección de datos se estableció medir la potencia muscular de miembros superiores e inferiores a dos porcentajes del RM, 40% y 60%, buscando datos más precisos pues la potencia se ve afectada por 2 variables, la velocidad de ejecución y el peso desplazado.

5.7 Análisis estadístico

Se emplearon fichas de registro para los datos de las personas mayores y sus resultados en las diferentes test y pruebas. Dichas fichas se tabularon por la misma persona que los registró a una base de datos en Microsoft Excel 2013. Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las medidas de tendencia central: Media, mediana, rango mínimo y máximo, medidas de dispersión: Desviación estándar y coeficiente de variación. Se verificó la normalidad de los datos con la prueba Shapiro-Wilks, arrojando algunos datos una distribución no normal, por lo que se realizó una transformación logarítmica de estas variables corrigiendo así la normalidad de las pruebas de mayor interés.

La relación entre potencia de miembros superiores e inferiores con las pruebas cognitivas primeramente se exploró con todo el grupo estudiado a través del coeficiente de correlación de Pearson con las variables que tuvieron distribución normal, incluyendo las que se transformaron logarítmicamente. Un segundo análisis se realizó a través del Rho de Spearman con todas las variables medidas. Como última posibilidad de análisis todas las variables fueron recodificadas como ordinales previa agrupación en tertiles (1 -3) y se exploraron asociaciones a través de la prueba tau_b de Kendall.

Otra posibilidad de estudio se hizo cuando los sujetos se categorizaron según el nivel de escolaridad en dos grupos y se realizó el Rho de Spearman para verificar las asociaciones posibles

en las variables de interés. El análisis estadístico se efectuó usando el programa SPSS versión 22 para Windows y todas las pruebas inferenciales se realizaron con una significancia $p < 0,05$.

6. RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los datos obtenidos tras aplicar la metodología y los estadísticos correspondientes, en respuesta a los objetivos específicos planteados en el capítulo 4, se realizaron distintas pruebas estadísticas paramétricas, en donde se tuvo que transformar logarítmicamente algunas variables para corregir su distribución, para así poder aplicar la prueba r de Pearson; y no paramétricas, agrupando la muestra según su escolaridad en busca de homogenizar los datos y obtener resultados más precisos con la prueba Rho de Spearman. También se agruparon los datos en tertiles, convirtiéndolos en variables ordinales, pudiendo así aplicar la prueba tau b de Kendall como medida de asociación para datos ordinales.

6.1. Descriptivos de la muestra.

Tabla 1.

Caracterización de la población estudiada.

	Edad	Talla	Peso	IMC	Escolaridad
	(años)	(M)	(kg)		(grupo)
Media	68,955	1,523	63,850	27,414	2,409
Mediana	69,000	1,523	62,800	27,547	2,000
Varianza	18,331	,004	120,211	14,185	1,396
Desviación Estándar	4,2815	,0597	10,9641	3,7663	1,1816
Mínimo	60,0	1,4	41,2	19,7	0,0
Máximo	76,0	1,7	82,2	35,5	4,0

Caracterización morfológica y de escolaridad de la población estudiada.

En la tabla 1 se presentan los estadístico.

s descriptivos de las variables edad, talla, peso, índice de masa corporal (IMC) y escolaridad. La población presenta un estado general de sobre peso, pues la variable IMC presenta una media superior a 24

Tabla 2.

Frecuencias nivel de escolaridad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0,0	1	3,7	3,7	3,7
	1,0	4	14,8	14,8	18,5
	2,0	13	48,1	48,1	66,7
	3,0	2	7,4	7,4	74,1
	4,0	7	25,9	25,9	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

Frecuencias de la variable nivel de escolaridad, con 5 grupos.

La escolaridad esta codificada en 5 grupos, en donde el valor 0 se le asigna a las persona que no finalizaron la básica primaria, el valor 1 a las personas que terminaron la básica primaria, el valor 2 a las personas que finalizaron la básica secundaria, el valor 3 a las que finalizaron la educación superior y 4 a las personas con algún título de posgrado.

En la tabla 2 se presentan las frecuencias de nivel de escolaridad, con los grupos 0,1,2,3,4 y 5, en donde se nota la prevalencia en el grupo 2, correspondiente a nivel de escolaridad de básica secundaria finalizada, por otra parte solo 1 caso presento nivel de escolaridad 0, correspondiente a básica primaria sin finalizar.

Tabla 3.

Descriptivos generales de la población estudiada.

		Media (D.E.)	Shapiro Wilk
Miembros superiores	RM	48,295 (13,1924)	0,550
	Carga alta (kg)	36,25 (10,9585)	0,229
	Potencia media (watts)	102,907 (31,1478)	0,855
	Potencia pico (watts)	203,325 (69,7545)	0,957
	Carga baja (kg)	26,136 (4,8628)	0,044
	Potencia media (watts)	94,558 (26,9568)	0,799
	Potencia pico (watts)	209,587 (83,7024)	0,048
Miembros inferiores	RM	44,182 (16,8619)	0,528
	Carga alta (kg)	36,955 (13,8864)	0,636
	Potencia media (watts)	137,387 (54,6928)	0,970
	Potencia pico (watts)	225,008 (96,9371)	0,202
	Carga baja (kg)	21,136 (9,6833)	0,024
	Potencia media (watts)	102,36 (46,8615)	0,119
	Potencia pico (watts)	181,226 (80,0845)	0,141
Pruebas psicológicas	T. Rey COP	32,205 (3,7406)	0,000
	T. Rey REP	15,045 (6,6796)	0,767
	Mini mental	28,227 (1,9007)	0,004

Datos presentados como: media (desviación estándar)

En la tabla 3 se presentan los datos de las pruebas de fuerza de miembros superiores e inferiores realizadas en la máquina de musculación de press pecho sentado, extensión de piernas y pruebas psicológicas. Se muestran las medias de cada variable con su correspondiente desviación

estándar, y la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, correspondiente a una muestra inferior a 50 sujetos de prueba, donde las variables de miembros superiores, carga baja, potencia pico de carga baja y la carga baja de miembros inferiores, tuvieron una distribución no normal de 0,044; 0,048 y 0,024 respectivamente. Esto puede explicarse teniendo en cuenta que la prueba de RM en todos los casos inicio entre 15 y 20 kg y con estas cargas los sujetos pueden ejecutar el movimiento a gran velocidad expresando así altas potencias.

De igual manera, las pruebas psicológicas que arrojaron una distribución no normal fueron la copia del test de rey y la prueba mini mental state examination con valores de 0,000 y 0.004 respectivamente. En este caso era de esperarse que los resultados de la prueba de Shapiro Wilk arrojará distribución no normal ya que el rango de error en la prueba de copia del test de rey es muy bajo, y la prueba Minimental Station es un criterio de exclusión; es decir, los sujetos con una puntuación inferior a 24 puntos no serían incluidos en el procesamiento de los datos.

Tabla 4.

Descriptivos de variables que no se distribuyeron normal y se transformaron logarítmicamente

	Shapiro Wilk
Carga Baja Press Pecho	0,009
P pico carga baja press de pecho	0,949
Carga baja Ext Piernas	0,194
Test Rey cop	0,000
Minimental	0,004

Estadísticos de variables con distribución no normal

En la tabla 4 se presentan los descriptivos de las variables que no se distribuyeron con normalidad, por lo que se transformaron logarítmicamente.

6.2. Correlaciones paramétricas.

Tabla 5.

Correlaciones de Pearson entre test de rey y press de pecho sentado.

		RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
			<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Test de rey reproducción	Pearson	-0,293	-0,259	-0,246	-0,276	-0,269
	Sig. (bilateral)	0,156	0,211	0,236	0,181	0,194
	N	27	25	25	25	25

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

RM, repetición máxima, Media, potencia media, pico, potencia pico*

Tabla 6.

Correlaciones de Pearson entre test de rey y extensión de pierna sentado.

		RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
			<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Test de rey reproducción	Pearson	0,098	0,208	0,224	0,066	0,037
	Sig. (bilateral)	0,633	0,318	0,281	0,752	0,862
	N	26	25	25	25	25

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

RM, repetición máxima, Media, potencia media, pico, potencia pico*

Para la tabla 5 se efectuó una transformación logarítmica con el fin de corregir la distribución no normal de los datos presentados en la tabla 4, logrando normalidad de los datos de potencia pico de carga baja de press de pecho y carga baja de extensión de pierna. Se realizó

una correlación de Pearson entre la de potencia y la reproducción de la figura compleja de Rey, donde no hubo correlación entre ninguna de las variables.

La no correlación obtenida con esta prueba estadística está condicionada por distintos factores, como el tamaño de la muestra y su heterogeneidad, lo que dificulta observar objetivamente las variables estudiadas, por lo que se deben tratar con discreción los resultados pues muchos autores con metodologías más rigurosas y muestras poblacionales con mejores condiciones han encontrados resultados alentadores con instrumentos de medición similares.

Los instrumentos de medición también son un condicionante. El t-force es un instrumento validado con característica que le permiten dar resultados sumamente precisos, los cual es una gran ventaja, por otra parte en cuanto a los test psicológicos se refiere, existe una gran variedad tanto de funciones cognitivas a evaluar, como de métodos para evaluarlas, por lo que no existe una prueba “gold standard” para evaluar la memoria episódica. En adición, este test a pesar de ser validado en la evaluación de esta variable, sigue siendo una prueba indirecta que intenta reflejar mediante una acción sencilla, un gran número de procesos cognitivos que dan lugar al concepto de “memoria episódica”, por lo que cuenta con un margen de erros elevado, ya sea por la inadecuada fijación de la figura en un primer momento, debido al evaluador, o al estado de ánimo del sujeto, además de las condiciones en las que se aplique la prueba, ya sea un escritorio en mal estado o un espacio inadecuado, incluso cualquier elemento a la vista del sujeto evaluado pueda generar una interferencia entre la figura fijada y su evocación.

6.3. Correlaciones no paramétricas.

Tabla 7.

Rho de Spearman grupo 1 hasta bachillerato

			RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
				<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Miembros superiores	Test de rey Copia	Rho	-0,017	0,111	0,020	-0,052	0,002
		Sig. (bilateral)	0,947	0,670	0,940	0,843	0,992
		N	18	17	17	17	17
	Test de rey Reproducción	Rho	-0,165	-0,004	0,057	-0,065	-0,059
		Sig. (bilateral)	0,514	0,989	0,829	0,804	0,822
		N	18	17	17	17	17
	Mini mental	Rho	0,201	-0,055	-0,157	-0,431	-0,226
		Sig. (bilateral)	0,424	0,833	0,548	0,084	0,384
		N	18	17	17	17	17
	Test de rey Copia	Rho	-0,229	-0,368	-0,186	-0,126	-0,086
		Sig. (bilateral)	0,393	0,161	0,490	0,641	0,751
		N	16	16	16	16	16
Miembros inferiores	Test de rey Reproducción	Rho	-0,249	-0,241	-0,192	-0,111	-0,211
		Sig. (bilateral)	0,352	0,369	0,476	0,683	0,432
		N	16	16	16	16	16
	Mini mental	Rho	-0,500*	-0,382	-0,528*	-0,388	-0,451
		Sig. (bilateral)	0,048	0,144	0,036	0,137	0,079
		N	16	16	16	16	16

Los datos presentados en la tabla 7 tienen un N mayor que los presentados en la tabla 8, debido a que el nivel de escolaridad con la frecuencia mas alta fue el de bachillerato finalizado.

Tras la no relación obtenida mediante la prueba paramétrica de r de Person, se aplicaron distintas pruebas no paramétricas. La muestra se dividió en 2 grupos, grupo 1 con escolaridad hasta bachillerato (N=16) y grupo dos con escolaridad hasta universitarios (N=8).

Con la prueba Rho de Spearman se obtuvieron datos similares, no se obtuvo correlación con ninguna de las variables de interés, a pesar de haber separado los grupos en busca de homogenizar la variable de escolaridad.

Tabla 8.

Rho de Spearman grupo 2 hasta universitarios

			RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
				<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Miembros superiores	Test de rey Copia	Rho	0,156	0,000	0,132	0,108	0,359
		Sig. (bilateral)	0,713	1,000	0,756	0,799	0,382
		N	8	8	8	8	8
	Test de rey Reproducción	Rho	0,419	0,156	0,072	0,287	0,108
		Sig. (bilateral)	0,301	0,713	0,866	0,490	0,799
		N	8	8	8	8	8
	Mini mental	Rho	0,160	-0,110	-0,209	0,098	-0,049
		Sig. (bilateral)	0,706	0,795	0,620	0,817	0,908
		N	8	8	8	8	8
	Test de rey Copia	Rho	-0,009	0,000	-0,170	0,000	-0,119
		Sig. (bilateral)	0,983	1,000	0,663	1,000	0,761
		N	9	9	9	9	9
Miembros inferiores	Test de rey Reproducción	Rho	-0,059	-0,092	-0,109	-0,092	0,109
		Sig. (bilateral)	0,880	0,814	0,781	0,814	0,781
		N	9	9	9	9	9
	Mini mental	Rho	-0,278	-0,393	-0,140	-0,393	-0,184
		Sig. (bilateral)	0,469	0,295	0,720	0,295	0,636
		N	9	9	9	9	9

En la tabla 7 y 8 se puede observar que no hubo relación entre el test de la figura compleja de Rey y la potencia muscular de miembros superiores e inferiores. En el caso del grupo 2 de escolaridad hasta universitarios, los resultados también arrojaron una no correlación, es este caso la muestra se redujo considerablemente mas que en el grupo 1, esto fue un gran limitante, la variable de escolaridad debe ser mejor controlada en futuras investigaciones.

6.4. Pruebas no paramétricas recodificadas.

Tabla 9.

tau_b de Kendall recodificado

			RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
				<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Miembros superiores	Test de rey Copia	tau_b	0,057	0,050	0,010	0,000	0,033
		Sig. (bilateral)	0,752	0,786	0,957	1,000	0,861
		N	26	25	25	24	24
	Test de rey Reproducción	tau_b	-0,037	0,048	0,106	0,075	0,075
		Sig. (bilateral)	0,836	0,790	0,559	0,688	0,688
		N	26	25	25	24	24
	Mini mental	tau_b	0,161	0,034	-0,115	-0,340	-0,106
		Sig. (bilateral)	0,370	0,853	0,525	0,068	0,568
		N	26	25	25	24	24
	Test de rey Copia	tau_b	0,010	-0,056	-0,055	0,000	0,101
		Sig. (bilateral)	0,957	0,763	0,764	1,000	0,584
		N	25	25	25	25	25
Miembros inferiores	Test de rey Reproducción	tau_b	-0,209	-0,088	0,010	0,020	-0,083
		Sig. (bilateral)	0,252	0,629	0,957	0,915	0,648
		N	25	25	25	25	25
	Mini mental	tau_b	-0,097	-0,142	-0,224	-0,161	-0,152
		Sig. (bilateral)	0,595	0,437	0,219	0,378	0,406
		N	25	25	25	25	25

Al no encontrar relación tras la primera recodificación, se agrupó la muestra en tertiles, convirtiendo los datos en variables ordinales para de esta forma relacionar los rangos en los que se encuentra cada sujeto, para esto se realizó la prueba tau b de kendall, en donde tampoco se encontró relación entre las variables de memoria episódica y potencia muscular.

Tabla 10.

Rho de Spearman grupo 1 hasta bachillerato

			RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
				<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Miembros superiores	Test de rey Copia	Rho	-0,022	0,072	-0,097	0,012	0,036
		Sig. (bilateral)	0,930	0,784	0,710	0,966	0,896
		N	18	17	17	16	16
	Test de rey Reproducción	Rho	-0,172	0,010	0,094	0,088	0,088
		Sig. (bilateral)	0,495	0,969	0,721	0,745	0,745
		N	18	17	17	16	16
	Mini mental	Rho	0,158	0,065	-0,200	-0,470	-0,103
		Sig. (bilateral)	0,530	0,805	0,441	0,066	0,705
		N	18	17	17	16	16
	Test de rey Copia	Rho	-0,191	-0,268	-0,092	-0,092	0,000
		Sig. (bilateral)	0,479	0,315	0,733	0,733	1,000
		N	16	16	16	16	16
Miembros inferiores	Test de rey Reproducción	Rho	-0,237	-0,091	0,018	0,018	-0,073
		Sig. (bilateral)	0,378	0,737	0,946	0,946	0,788
		N	16	16	16	16	16
	Test de rey Reproducción	Rho	-0,325	-0,367	-0,385	-0,303	-0,385
		Sig. (bilateral)	0,219	0,162	0,140	0,254	0,140
		N	16	16	16	16	16
	Mini mental	Sig. (bilateral)	0,219	0,162	0,140	0,254	0,140
		N	16	16	16	16	16

Debido a que la prueba de Rho de Spearman puede ser aplicada sin muchas restricciones, se decidió aplicar esta prueba a las variables recodificadas según su escolaridad, en busca de encontrar diferencias respecto a las otras pruebas, el resultado fue el mismo, no hubo correlación entre las variables de potencia y memoria episódica. Reiterando, en el caso del grupo 1 la población se vio reducida en una menor medida que en el grupo 2, pero de igual manera se encontró una no correlación.

Tabla 11.

Rho de Spearman grupo 2 hasta universitarios

			RM	Potencia carga alta		Potencia carga baja	
				<i>media</i>	<i>pico</i>	<i>Media</i>	<i>pico</i>
Miembros superiores	Test de rey Copia	Rho	0,120	-0,014	0,113	-0,113	-0,113
		Sig. (bilateral)	0,778	0,973	0,790	0,790	0,790
		N	8	8	8	8	8
	Test de rey Reproducción	Rho	0,315	0,248	0,401	0,238	0,238
		Sig. (bilateral)	0,447	0,553	0,325	0,570	0,570
		N	8	8	8	8	8
	Mini mental	Rho	0,173	0,021	0,014	-0,218	-0,218
		Sig. (bilateral)	0,682	0,961	0,974	0,604	0,604
		N	8	8	8	8	8
	Test de rey Copia	Rho	0,290	0,290	-0,102	0,083	0,290
		Sig. (bilateral)	0,450	0,450	0,794	0,831	0,450
		N	9	9	9	9	9
Miembros inferiores	Test de rey Reproducción	Rho	0,482	0,482	0,387	0,601	0,482
		Sig. (bilateral)	0,189	0,189	0,303	0,087	0,189
		N	9	9	9	9	9
	Mini mental	Rho	0,091	0,091	-0,083	-0,139	0,091
		Sig. (bilateral)	0,817	0,817	0,832	0,720	0,817
		N	9	9	9	9	9

Finalmente, con el grupo 2 de escolaridad hasta universitarios, con una limitada muestra de 9 sujetos se obtuvo una no correlación entre las variables de potencia en miembros superiores e inferiores y las pruebas psicológicas.

Respondiendo a los objetivos, la copia de la figura compleja de test de Rey no se relacionó de forma diferenciada con la reproducción del mismo, y la escolaridad no condicionó la relación entre las variables de potencia y memoria episódica.

Se deben tratar los resultados con discreción, debido a los condicionantes antes mencionados que afectaron la precisión de los resultados.

7. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio era Determinar si había una relación entre la potencia muscular de miembros superiores e inferiores y la memoria episódica en mujeres mayores de 60 años, y el principal resultado fue encontrar una no correlación entre las variables, esto tras aplicar 4 pruebas estadísticas distintas, recodificando los datos de distintas maneras.

El principal resultado obtenido en este estudio contrasta con números estudios que encontraron resultados distintos, como (Xu et al., 2014), (Colcombe et al., 2003), (Kim, Shin, Hong, & Kim, 2017), (Snowden et al, 2011) y (Erickson et al, 2011), quienes aplicando distintas metodologías, obtuvieron resultados positivos entre las variables de condición física expresada mediante distintas capacidades físicas, y distintas variables relacionadas con la cognición.

Es amplia la literatura relacionada con el ejercicio y las capacidades cognitivas, de igual manera los métodos y resultados varían ampliamente, a pesar de esto resulta alentador encontrar muchos resultados positivos con diferentes objetivos y metodologías. Las diferentes metodologías utilizadas en las investigaciones, se han logrado realizar distintas revisiones sistemáticas y meta-análisis como el de (Kelly et al., 2014) Que conto con 25 estudios aleatorizados con grupo control que cumplían con sus criterios de inclusión y relacionaban capacidades físicas con pruebas psicológicas indirectas . En los grupos de intervención la población total alcanzo los 731 participantes en ejercicio aeróbico, 304 en entrenamiento con sobre carga, 106 en ejercicios de Tai Chi; y grupos controles con 332 participantes en ejercicios de estiramiento, 572 participantes activos físicamente sin ejercicio y 172 no intervenidos.

Los resultados obtenidos muestran mejoras significativas para el grupo experimental de fuerza en comparación con el grupo control de estiramientos y/o “no ejercicio”, en el razonamiento ($p < 0.005$) pero no para la memoria de trabajo ($p = 0.47$) o la atención (0.37).

Por otra parte el Tai Chi mostró diferencias significativas en comparación con el grupo control de “no ejercicio” en atención ($p < 0.001$) y velocidad de procesamiento ($p < 0.00001$), a diferencia de la memoria de trabajo que se aproximó a la significancia ($p = 0.07$) y la fluidez verbal que no tuvo significancia ($p = 0.27$).

En concordancia con algunos de los resultados de (Kelly et al., 2014) la memoria episódica no se correlaciona con la potencia muscular tanto en miembros superiores como inferiores tras aplicar tres pruebas estadísticas, sin embargo otros estudios como el de Liu-Ambrose, et.al.(2009), sugiere beneficios del ejercicio con sobre carga en las capacidades cognitivas en mayores.

Otro estudio (Lopez, N. et al. (2015) que tuvo una metodología similar a la del presente trabajo, contó con 84 mujeres mayores, distribuidas en 2 grupos, un grupo control con $N=40$ y un grupo de intervención con $N=24$. El grupo de intervención fue sometido a un programa de ejercicio física grupal de 3 sesiones semanales, con una duración de 60 minutos durante 6 meses. La muestra de este estudio presento homogeneidad tanto en edad como en escolaridad aportando esto una mejor comprensión del efecto de la intervención sobre las funciones cognitivas, evaluaron la memoria episódica mediante dos test: test de aprendizaje auditivo verbal de rey y test de la figura compleja de rey. Lopez, N. et al. (2015), obtuvieron un valor para la figura compleja de Rey en la comparación Inter grupos de ($p < 0.00$) con un tamaño de efecto de $t = 6.21$.

Los resultados obtenidos con la correlación pueden deberse a distintos factores entre los cuales se pueden mencionar la especificidad de las variables, ya que, al medir un tipo específico de fuerza y un tipo específico de memoria, los instrumentos de medición deben ser muy sensibles, debido a que al excluir los factores externos que puedan influir en los resultado obtenidos con dicho instrumento, las variaciones en estos serán muy pequeñas. En concordancia, se evidencia

que a pesar de que el test de la figura compleja de Rey es un instrumento validado para evaluar la memoria episódica, solo intenta reflejar los procesos cognitivos que realizan los sujetos, lo que lo hace una prueba indirecta, que puede tener un rango de error elevado.

8. CONCLUSIONES

Se puede concluir que aplicando la metodología planteada en esta investigación, y con las características de la muestra estudiada, la potencia muscular de miembros superiores e inferiores no tuvo relación alguna con la memoria episódica en mujeres mayores de 60 años. Tampoco hubo asociación diferencia entre miembros superiores e inferiores y la memoria episódica, por lo que no debería haber algún tipo de prevalencia en la evaluación o entrenamiento de algún grupo muscular específico a la hora de relacionarlo con una variable cognitiva en este caso la memoria episódica.

También los datos de copia y reproducción de la figura compleja del test de rey no presentan diferencia en relación con la potencia muscular, concluimos que la variable relevante a tener en cuenta en el test de la figura compleja de rey es la reproducción, debido a que es donde se refleja los procesos cognitivos propios de la memoria. La copia de la figura representa un acto mecánico solo de fijación de la figura para una posterior reproducción de la misma.

Otro aspecto relevante que surge, es la importancia del nivel de escolaridad de los sujetos, a pesar de que estadísticamente no se encontraron diferencias entre los niveles de escolaridad, podemos realizar un análisis de los participantes según su escolaridad, en donde en general los sujetos con un grado de escolaridad superior, entendían más fácilmente las instrucciones para la realización del test, y la prueba era presentada con mayor facilidad. No obstante, es necesario ampliar la unidad muestral. Se sugiere realizar estudios de seguimiento longitudinal para valorar los beneficios de la potencia muscular sobre la capacidad cognitiva, específicamente la memoria episódica.

9. REFERENCIAS

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: Strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 49–64.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x>
- Andersen, J. L., Terzis, G., & Kryger, A. (1999). Increase in the degree of coexpression of myosin heavy chain isoforms in skeletal muscle fibers of the very old. *Muscle & nerve*, 22(4), 449-454.
- Andrea, M. H., & Irene, L. M. (2007). Influencia de la práctica del ejercicio en la funcionalidad física y mental del adulto mayor. *Revista de Enfermería del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 15(1), 11-20.
- Anton, M. M., Cortez-Cooper, M. Y., DeVan, A. E., Neidre, D. B., Cook, J. N., & Tanaka, H. (2006). Resistance training increases basal limb blood flow and vascular conductance in aging humans. *Journal of Applied Physiology*, 101(5), 1351–1355.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00497.2006>
- Ardila, A., Fernández, S., & Arango, J. (2003). Las demencias. Aspectos clínicos, neuropsicológicos y tratamiento.
- Archer, T. (2011). Physical exercise alleviates debilities of normal aging and Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, 123(4), 221-238.

- Foster, P. P., Rosenblatt, K. P., & Kuljiš, R. O. (2011). Exercise-induced cognitive plasticity, implications for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Frontiers in neurology*, 2, 28.
- Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ & Lindeman RD(1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* **147**, 755–763
- Becerro, M., & Francisco, J. (2012). El ejercicio en la prevención y tratamiento de las enfermedades en personas mayores. *Arch. med. Deporte*, 784-802.
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1980). Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 45(2-3), 209-219.
- Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3)
- Buford, T. W., Anton, S. D., Judge, A. R., Marzetti, E., Wohlgemuth, S. E., Carter, C. S., ... Manini, T. M. (2010). Models of accelerated sarcopenia: Critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. *Ageing Research Reviews*, 9(4), 369–383. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2010.04.004>
- Chao, L. L., Buckley, S. T., Kornak, J., Schuff, N., Madison, C., Yaffe, K., ... Weiner, M. W. (2010). NIH Public Access, *Mild*(1), 19–27. <https://doi.org/10.1097/WAD.0b013e3181b4f736.ASL>
- Cohen, N. C. (1982). On loneliness and the ageing process. *The International journal of psycho-*

analysis, 63, 149.

- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N., Webb, A. G., Cohen, N. J., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2003). Aerobic Fitness Reduces Brain Tissue Loss in Aging Humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), M176–M180. <https://doi.org/10.1093/gerona/58.2.M176>
- Cotman, C. W., & Engesser-Cesar, C. (2002). Exercise enhances and protects brain function. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(2), 75-79.
- Danneskiold-Samsøe, B., Bartels, E. M., Bülow, P. M., Lund, H., Stockmarr, A., Holm, C. C., ... Bliddal, H. (2009). Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiologica*, 197(SUPPL. 673), 1–68. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2009.02022.x>
- DANE. (2010). *Proyecciones Nacionales y departamentales de poblacion*.
- Degens, H., & Alway, S. E. (2006). Control of Muscle Size During Disuse, Disease, and Aging. *International Journal of Sports Medicine*, 27(2), 94–99. <https://doi.org/10.1055/s-2005-837571>
- Dishman, R. K., Berthoud, H. R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., ... & Kramer, A. F. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity*, 14(3), 345-356.
- Doherty, T. J. (2003). Invited review: aging and sarcopenia. *Journal of applied physiology*, 95(4), 1717-1727.

- Doherty, T. J., & Brown, W. F. (1993). The estimated numbers and relative sizes of thenar motor units as selected by multiple point stimulation in young and older adults. *Muscle & nerve*, 16(4), 355-366.
- Efimova, I. Y., Efimova, N. Y., Triss, S. V, & Lishmanov, Y. B. (2008). Brain perfusion and cognitive function changes in hypertensive patients. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 31(4), 673–678. <https://doi.org/10.1291/hypres.31.673>
- Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British journal of sports medicine*, 43(1), 22-24.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... & Wojcicki, T. R. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017-3022.
- Evans, W. J. (2010). Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity–. *The American journal of clinical nutrition*, 91(4), 1123S-1127S.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.
- Foster, P. P., Rosenblatt, K. P., & Kuljiš, R. O. (2011). Exercise-induced cognitive plasticity, implications for mild cognitive impairment and Alzheimer’s disease. *Frontiers in neurology*, 2, 28.

- Franco, M. A., & Criado, C. (2005). Intervención psicoterapéutica en afectados de enfermedad de Alzheimer con deterioro leve.
- Frischknecht, R. (1998). Effect of training on muscle strength and motor function in the elderly. *Reproduction Nutrition Development*, 38(2), 167-174.
- Frontera, W. R., & Bigard, X. (2002). The benefits of strength training in the elderly. *Science & sports*, 17(3), 109-116.
- García, A. V., Giménez, C. O., Sánchez-Jofré, M. M., Pons, E. P., & García, M. P. (2005). Relación entre los tests de memoria y la volumetría y relaxometría del hipocampo. *Revista de neurología*, 40(3), 129-134.
- Gomez Pinilla, F. (2006). The impact of diet and exercise on brain plasticity and disease. *Nutrition and health*, 18(3), 277-284.
- Grimby, G. (1986). Physical activity and muscle training in the elderly. *Acta Medica Scandinavica*, 220(S711), 233-237.
- Insua, M. (2003). Factores neurotróficos y ejercicio. *Revista Digital Educación Física y Deportes*, 9 (64).
- Izquierdo, A. (2001). Envejecimiento cerebral normal. *Revista mexicana de neurociencia*, 2(4), 197-202.
- Katz, L. D., Glickman, M. G., Rapoport, S., Ferrannini, E., & DeFronzo, R. A. (1983). Splanchnic and peripheral disposal of oral glucose in man. *Diabetes*, 32(7), 675-679.

- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C., & Brennan, S. (2014). The impact of exercise on the cognitive functioning of healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 16(1), 12–31. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.05.002>
- Kim, Y. S., Shin, S. K., Hong, S. B., & Kim, H. J. (2017). The effects of strength exercise on hippocampus volume and functional fitness of older women. *Experimental Gerontology*, 97, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.07.007>
- Lexell, J. (1993). Ageing and human muscle: observations from Sweden. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 18(1), 2-18.
- Liu-Ambrose, T., & Donaldson, M. G. (2009). Exercise and cognition in older adults: is there a role for resistance training programmes?. *British journal of sports medicine*, 43(1), 25-27
- López, M. D., Zamarrón, M. D., & Fernández-Ballesteros, R. (2011). Asociación entre la realización de ejercicio e indicadores de funcionamiento físico y cognitivo. Comparativa de resultados en función de la edad. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 46(1), 15-20.
- López, N., Véliz, A., Allegri, R., Soto-Añari, M., Chesta, S., & Coronado, J. C. (2015). Efectos del ejercicio físico sobre la memoria episódica en ancianas chilenas sanas. *Liberabit*, 21(1), 81-89.
- Lucas, S. J. E., Ainslie, P. N., Murrell, C. J., Thomas, K. N., Franz, E. A., & Cotter, J. D. (2012). Effect of age on exercise-induced alterations in cognitive executive function: Relationship to

- cerebral perfusion. *Experimental Gerontology*, 47(8), 541–551.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2011.12.002>
- Ma, C. L., Ma, X. T., Wang, J. J., Liu, H., Chen, Y. F., & Yang, Y. (2017). Physical exercise induces hippocampal neurogenesis and prevents cognitive decline. *Behavioural Brain Research*, 317, 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.09.067>
- McCartney, N., Hicks, A. L., Martin, J., & Webber, C. E. (1996). A longitudinal trial of weight training in the elderly: continued improvements in year 2. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 51(6), B425-B433.
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2012). Dynapenia and aging: An update. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 67 A(1), 28–40.
<https://doi.org/10.1093/gerona/glr010>
- Marzetti, E., Calvani, R., Bernabei, R., & Leeuwenburgh, C. (2012). Apoptosis in skeletal myocytes: A potential target for interventions against sarcopenia and physical frailty - A mini-review. *Gerontology*, 58(2), 99–106. <https://doi.org/10.1159/000330064>
- Miller, D. I., Taler, V., Davidson, P. S., & Messier, C. (2012). Measuring the impact of exercise on cognitive aging: methodological issues. *Neurobiology of aging*, 33(3), 622-e29.
- Nemerovsky, J., & Sgbba, D. (2001). Sarcopenia.
- Nilwik, R., Snijders, T., Leenders, M., Groen, B. B. L., van Kranenburg, J., Verdijk, L. B., & Van Loon, L. J. C. (2013). The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Experimental Gerontology*, 48(5), 492–498.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.02.012>

- Oertel, G. (1986). Changes in human skeletal muscles due to ageing. *Acta neuropathologica*, 69(3-4), 309-313.
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud.
- Padilla Colón, C. J., Sánchez Collado, P., & Cuevas, M. J. (2014). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988.
- Passe, T. J., Rajagopalan, P., Tupler, L. A., Byrum, C. E., Macfall, J. R., & Krishnan, K. R. R. (1997). Age and sex effects on brain morphology. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 21(8), 1231-1237.
- Piepmeyer, A. T., & Etnier, J. L. (2015). Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 14-23.
- Ramírez, W., Vinaccia, S., & Gustavo, R. S. (2004). El impacto de la actividad física y el deporte sobre la salud, la cognición, la socialización y el rendimiento académico: una revisión teórica. *Revista de estudios sociales*, (18), 67-75.
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., ... & Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral cortex*, 15(11), 1676-1689.
- Reid, K. F., & Fielding, R. A. (2012). Skeletal Muscle Power: A Critical Determinant of Physical Functioning in Older Adults. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 40(1), 4-12.

<https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31823b5f13.Skeletal>

- Rey, A. (2003). Test de Copia y Reproducción de Memoria de Figuras Complejas. Madrid: TEA Ediciones, S.A.
- Schinder, A. F., & Poo, M. M. (2000). The neurotrophin hypothesis for synaptic plasticity. *Trends in neurosciences*, 23(12), 639-645.
- Serra (2006). Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 46-50.
- Snowden, M., Steinman, L., Mochan, K., Grodstein, F., Prohaska, T. R., Thurman, D. J., ... & Little, D. (2011). Effect of exercise on cognitive performance in community-dwelling older adults: Review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(4), 704-716.
- Shephard, R. J. (1997). Aging, physical activity, and health. Human Kinetics Publishers.
- Sofi, F., Valecchi, D., Bacci, D., Abbate, R., Gensini, G. F., Casini, A., & Macchi, C. (2011). Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies. *Journal of internal medicine*, 269(1), 107-117.
- Szuhany, K. L., Bugatti, M., & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Psychiatric Research*, 60, 56–64.
<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2014.10.003>
- Tobalina, J. C., Calleja-González, J., de Santos, R. M., Fernández-López, J. R., & Arteaga-Ayarza, A. (2013). The effect of basketball footwear on the vertical ground reaction force during the landing phase of drop jumps. *Revista de psicología del deporte*, 22(1), 179-182.

- Tseng, C. N., Gau, B. S., & Lou, M. F. (2011). The effectiveness of exercise on improving cognitive function in older people: a systematic review. *Journal of Nursing Research, 19*(2), 119-131.
- Vaynman, S., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience, 20*(10), 2580-2590.
- Voss, M. W., Weng, T. B., Burzynska, A. Z., Wong, C. N., Cooke, G. E., Clark, R., ... Kramer, A. F. (2016). Fitness, but not physical activity, is related to functional integrity of brain networks associated with aging. *NeuroImage, 131*, 113–125. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.10.044>
- Whitbourne, S. K., & Whitbourne, S. B. (2010). *Adult development and aging: Biopsychosocial perspectives*. John Wiley & Sons.
- Gill, D. L., Williams, L., & Reifsteck, E. J. (2017). *Psychological dynamics of sport and exercise*. Human Kinetics.
- Xu, X., Jerskey, B. A., Cote, D. M., Walsh, E. G., Hassenstab, J. J., Ladino, M. E., ... Sweet, L. H. (2014). Cerebrovascular perfusion among older adults is moderated by strength training and gender. *Neuroscience Letters, 560*, 26–30. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2013.12.011>
- Zhang, Y., Qiu, C., Lindberg, O., Bronge, L., Aspelin, P., Bäckman, L., ... Wahlund, L.-O. (2010). Acceleration of hippocampal atrophy in a non-demented elderly population: the SNAC-K study. *International Psychogeriatrics, 22*(01), 14. <https://doi.org/10.1017/S1041610209991396>

10. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de evaluación Mini Mental State Examination.

MINI MENTAL STATE EXAMINATION (MMSE)				
<i>Basado en Folstein et al. (1975), Lobo et al. (1979)</i>				
Nombre:		Varón [] Mujer []		
Fecha:	F. nacimiento:	Edad:		
Estudios/Profesión:	Núm. Historia:			
Observaciones:				
¿En qué año estamos?	0-1	ORIENTACIÓN TEMPORAL (máx. 5)		
¿En qué estación?	0-1			
¿En qué día (fecha)?	0-1			
¿En qué mes?	0-1			
¿En qué día de la semana?	0-1			
¿En qué hospital (o lugar) estamos?	0-1	ORIENTACIÓN ESPACIAL (máx. 5)		
¿En qué piso (o planta, sala, servicio)?	0-1			
¿En qué pueblo (ciudad)?	0-1			
¿En qué provincia estamos?	0-1			
¿En qué país (o nación, autonomía)?	0-1			
Nombre tres palabras peseta-caballo-manzana (o balón-bandera-árbol) a razón de 1 por segundo. Luego se pide al paciente que las repita. Esta primera repetición otorga la puntuación. Otorgue 1 punto por cada palabra correcta, pero continúe diciéndolas hasta que el sujeto repita las 3, hasta un máximo de 6 veces.		Núm. de repeticiones necesarias		
Peseta 0-1 Caballo 0-1 Manzana 0-1 (Balón 0-1 Bandera 0-1 Árbol 0-1)		FIJACIÓN RECUERDO inmediato (máx. 3)		
Si tiene 30 euros y me va dando de tres en tres, ¿Cuántos le van quedando?. Detenga la prueba tras 5 sustracciones. Si el sujeto no puede realizar esta prueba, pídale que deletree la palabra MUNDO al revés.		ATENCIÓN CÁLCULO (máx. 5)		
30 0-1 27 0-1 24 0-1 21 0-1 18 0-1 (0 0-1 D 0-1 N 0-1 U 0-1 M 0-1)				
Preguntar por las tres palabras mencionadas anteriormente.		RECUERDO DIFERIDO (máx. 3)		
Peseta 0-1 Caballo 0-1 Manzana 0-1 (Balón 0-1 Bandera 0-1 Árbol 0-1)				
DENOMINACIÓN. Mostrarle un lápiz o un bolígrafo y preguntar ¿qué es esto?. Hacer lo mismo con un reloj de pulsera, lápiz 0-1, reloj 0-1. REPETICIÓN. Pedirle que repita la frase: "ni sí, ni no, ni pero" (o "en un trigal había 5 perros") 0-1. ÓRDENES. Pedirle que siga la orden: "coja un papel con la mano derecha, dóblelo por la mitad, y póngalo en el suelo". Coge con la mano derecha 0-1 dobla por la mitad 0-1 pone en suelo 0-1. LECTURA. Escriba legiblemente en un papel "cierre los ojos". Pídale que lo lea y haga lo que dice la frase 0-1. ESCRITURA. Que escriba una frase (con sujeto y predicado) 0-1. COPIA. Dibuje 2 pentágonos intersectados y pida al sujeto que los copie tal cual. Para otorgar un punto deben estar presentes los 10 ángulos y la intersección 0-1.		LENGUAJE (máx. 9)		
Puntuaciones de referencia: 27 ó más: normal 24 ó menos: sospecha patológica 12-24: deterioro 9-12: demencia				
		PUNTUACIÓN TOTAL (máx. 30 puntos)		

a.e.g.(1999)

Anexo 2. Tabla de evaluación del test de la figura compleja de Rey.

REYTEST DE COPIA Y DE
REPRODUCCIÓN DE MEMORIA DE
FIGURAS GEOMÉTRICAS COMPLEJAS**Figura A****HOJA DE
ANOTACIÓN**

Apellidos y nombre _____ Edad _____ Sexo _____

Localidad _____ Centro _____

CRITERIOS DE PUNTUACIÓN		
Punt.	Precisión	Localización
2	Buena	Buena
1	Buena	Mala
1	Mala	Buena
0,5	Mala, reconocible	Mala
0	Mala, irreconocible	Mala

ELEMENTOS	COPIA	MEMORIA
1. Cruz exterior, ángulo superior izquierda		
2. Rectángulo grande, armazón de la figura		
3. Cruz de San Andrés, diagonales del rectángulo grande		
4. Mediana horizontal de rectángulo grande 2		
5. Mediana vertical de rectángulo grande 2		
6. Rectángulo pequeño en rectángulo grande		
7. Segmento pequeño sobre el rectángulo 6		
8. 4 líneas paralelas en triángulo superior izquierdo		
9. Triángulo rectángulo sobre rectángulo grande (a la derecha)		
10. Pequeña perpendicular en cuadrante superior derecha		
11. Círculo con tres puntos en cuadrante superior derecha		
12. 5 pequeñas líneas paralelas en cuadrante inferior derecha		
13. Dos lados externos del triángulo isósceles de la derecha		
14. Pequeño rombo en vértice extremo del triángulo 13		
15. Segmento vertical en el interior del triángulo 13		
16. Prolongación de la mediana horizontal, altura de triángulo 13		
17. Cruz en extremo inferior de rectángulo 2		
18. Cuadrado y diagonal en extremo inferior izquierda		

PUNTUACIÓN DIRECTA

PUNTUACIÓN CENTIL

PERFIL DE LAS PUNTUACIONES
TRANSFORMADAS

Pc	COPIA	MEMORIA	P
99	.	.	9
90	.	.	9
80	.	.	8
75	.	.	7
70	.	.	7
60	.	.	6
50	.	.	5
40	.	.	4
30	.	.	3
25	.	.	2
20	.	.	2
10	.	.	1
1	.	.	1



Autor: André Rey.

Copyright © 1997 by TEA Ediciones, S.A. - Editor: TEA Ediciones, S.A.; Fray Bernardino de Sahagún, 24; 28036 MADRID - Prohibida la reproducción total o parcial. Todos los derechos reservados - Este ejemplar está impreso en tinta azul. Si se presentan otros en tinta negra, es una reproducción ilegal. En beneficio de la profesión y en el suyo propio, NO SE DEBE REPRODUCIR.

Anexo 3. Ejecución del test de la figura compleja de Rey.



Anexo 4. Evaluacion de RM y potencia muscular en máquina de extensión de pierna.



Anexo 5. Evaluación de RM y potencia muscular en máquina de press de pecho.

