



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
SUPERIORES UNIDAD LEÓN**

TEMA:

**PROPUESTA DE EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS MEDIANTE
TANQUE TERAPÉUTICO EN EL ADULTO MAYOR**

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER TÍTULO DE:

LICENCIADO DE FISIOTERAPIA

P R E S E N T A:

ESTEBAN ADRIAN CARMONA CASTAÑEDA

**TUTOR: MTRA. ADRIANA DEL CARMEN ECHEVARRÍA
GONZÁLEZ**

ASESORA: DRA. ALINE CRISTINA CINTRA VIVEIRO





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis abuelos, sus memorias y enseñanzas: Vicente Castañeda, Alicia Pérez, Andrés Carmona y Pilar García.

A todas las personas que son generosas y serviciales.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Martha Noemí Castañeda Rosales y Anastasio José Carmona García por sus enseñanzas, ejemplo, amor y apoyo incondicional que han sido un santuario y punto de partida en mi vida, y sé que también en muchas otras más.

A la UNAM y sus planteles: Preparatoria no. 2, Ciudad Universitaria y ENES León, por ser una segunda casa, brindarme una educación académica y fomentar mi desarrollo personal y profesional.

A mi tutora y maestra Adriana del Carmen Echevarría González, por compartirme su conocimiento, brindarme su apoyo y motivación para realizar este trabajo, así como por su esfuerzo y compromiso del día a día con la salud y la fisioterapia buscando formar profesionales.

A mis profesores de la licenciatura y en especial a: Paulina Villanueva, Rodrigo Bonaga, Ileana Aguilar, Jesús Barrera, Jaime Velázquez, Roberto Placencia, Liliana Peralta y Mauricio Ravelo, que con sus enseñanzas no solo aprendí de fisioterapia, sino que sentaron las bases para desarrollarme en lo profesional con el mayor apego posible a la ética, la empatía, el servicio y al aprendizaje.

A Erick Galicia por alentarme siempre, su amistad incondicional y por su apoyo al elaborar este trabajo.

A Evelyn Herrera, Rebeca Espejel y Oscar González por su compañía, cariño y darme un hogar en la ciudad de León Guanajuato.

A Berenice Hernández, Ana Gaona, Alejandro Gómez, Andrea Fritz, Carlos Santana, Frida Castillo, mis Power Rangers, a los demás amigos con los que viví tantas aventuras durante esos años y a los que me han acompañado, ido y venido desde que la vida me dio el placer de cruzar nuestros caminos.

“Ad ignorantiam”

“Ad populum”

“Ad antiquitatem”

“LA IGNORANCIA NO EXIME
DE LA RESPONSABILIDAD”

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE.....	5
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 ENVEJECIMIENTO.....	9
2.2 CAMBIOS NEUROMUSCULOESQUELÉTICOS ASOCIADOS AL ENVEJECIMIENTO	11
2.2.1 Sistema musculo-esquelético en el envejecimiento	11
2.2.2 Control motor musculoesquelético en el envejecimiento	16
2.3 PLIOMETRIA	20
2.3.1 Generalidades de la pliometría	20
2.3.2 Beneficios del entrenamiento pliométrico	24
2.3.3 Diseño del programa de ejercicios pliométricos	27
2.4 PLIOMETRÍA EN EL ADULTO MAYOR.....	34
2.4.1 Pliometría frente al entrenamiento convencional de fuerza	37
2.5 PLIOMETRÍA Y EL MEDIO ACUÁTICO	38
2.5.1 Bases de la terapia acuática	38
2.5.2 Efectos y beneficios de la pliometría ejecutada en agua	40
CAPÍTULO 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	42
CAPÍTULO 4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	43
CAPÍTULO 5. OBJETIVOS.....	44
OBJETIVO GENERAL	44
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	44

<i>CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA</i>	45
6.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO	45
6.2 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD	45
Criterios de Inclusión:	45
Criterios de Exclusión:	45
6.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	45
6.4 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	46
6.5 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS	47
6.6 EXTRACCION DE DATOS	47
6.7 LISTA DE DATOS	48
6.8 CALIDAD METODOLÓGICA	51
<i>CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS</i>	52
7.1 SELECCIÓN DE ESTUDIOS	52
7.2 SELECCIÓN CON BASE AL DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA	53
7.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS, TABLA DE RESULTADOS	54
7.4 CALIDAD METODOLÓGICA	57
7.5 RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS	58
<i>CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN</i>	60
<i>CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES</i>	63
<i>CAPÍTULO 10. LIMITACIONES</i>	65
<i>CAPÍTULO 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	66
<i>ANEXOS</i>	72

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El proceso de envejecimiento se relaciona con la entropía y fractalidad que, a su vez, es asociada a una mayor susceptibilidad de enfermedades; por un lado, la pérdida de entropía implica una disminución progresiva en la reserva funcional del individuo, mientras que la pérdida de fractalidad, implica una reducción en la habilidad de coordinar una actividad diferente y negociar el ambiente. Así bien, dentro de los cambios físicos que se presentan en el adulto mayor, la disminución de la potencia muscular ha sido un foco de atención ya que es asociada con el riesgo de caídas, reduciendo la calidad de vida y favoreciendo la deficiencia en la actividad funcional en edades avanzadas. El entrenamiento con pliometría, puede ser utilizado para mejorar la habilidad del músculo esquelético de ejercer una fuerza máxima en un tiempo tan corto como sea posible, es decir, la potencia muscular. **OBJETIVO:** Establecer una propuesta de tratamiento con pliometría en agua con base en la evidencia reportada en la literatura científica para favorecer la fuerza y funcionalidad del adulto mayor. **MATERIAL Y MÉTODOS:** Se realizó una revisión sistemática, cualitativa, de diseño transversal de la literatura científica disponible, siguiendo los lineamientos del *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) para consultar los parámetros de dosificación en los programas de pliometría aplicados en adultos mayores de manera convencional (tierra) y en el medio acuático con la finalidad de generar una propuesta de ejercicios pliométricos mediante tanque terapéutico en el adulto mayor. **RESULTADOS:** Se propone un volumen de al menos 8-12 semana de aplicación, con 1-4 ejercicios por sesión, 2-4 series por ejercicio y entre 8-12 repeticiones. Ejercicios de media o baja intensidad con 50-100 saltos por sesión. Una frecuencia de 3 aplicaciones por semana y duración de 30 minutos a 1 hora por sesión; con periodos de recuperación de 2 minutos en promedio y 48 horas de descanso entre sesiones. Una duración del calentamiento o fase de pre-activación de entre 10 y 15 minutos con profundidades de inmersión entre el apéndice xifoides y la cadera, así como un modelo de progresión lineal y una media de 8 en la escala de BORG modificada para la percepción del esfuerzo.

CONCLUSIÓN: La pliometría en agua es una alternativa que, para promover las variables de fuerza y funcionalidad, resulta tan efectiva como su contraparte en tierra; si bien se ha descrito que esta última es una opción de entrenamiento recomendada para adultos mayores, su aplicación acuática, presenta potencialmente un medio más seguro y con beneficios extras, siendo clave para esto, contar con una metodología y objetivos en concreto, por lo cual es necesario contar con parámetros de dosificación que sirvan como punto de partida para su ejecución.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Para los adultos mayores los cambios propios del envejecimiento como la capacidad de tener reacciones musculares rápidas son de vital importancia, pues hablando de reacciones rápidas, es la potencia muscular y no la fuerza máxima, la que refleja con mayor asertividad la habilidad para realizar actividades funcionales como levantarse de una silla o subir las escaleras, y es que ciertamente, la potencia muscular es la que más disminuye en el envejecimiento.¹

La disminución de la potencia muscular ha sido asociada con el riesgo de caídas reduciendo la calidad de vida y favoreciendo la deficiencia en la actividad funcional en edades avanzadas. Aunado a lo anterior, el entrenamiento con pliometría, puede ser utilizado para mejorar la habilidad del músculo esquelético de ejercer una fuerza máxima en un tiempo tan corto como sea posible, es decir, la potencia muscular.¹ La palabra pliométrico viene del griego *phlytein* o *plyo* que significa incrementar y *metric* que hace referencia al desempeño físico corporal al realizar una actividad.²

Aunque el ejercicio pliométrico fue originalmente utilizado en el entrenamiento de atletas para promover el salto, agilidad, fuerza máxima y la producción de fuerza rápida, estos mismos efectos pueden ser benéficos para los adultos mayores pues ha sido empleado con éxito en poblaciones geriátricas reportando mejoras en fuerza muscular, densidad ósea, estabilidad postural, salto y desempeño físico.³ Sin embargo, y aunque respalda los beneficios que este ejercicio aporta, solo un reducido número de estudios han investigado sus efectos en la potencia muscular de los adultos mayores,¹ posiblemente debido a que no es un ejercicio típicamente prescrito en poblaciones ancianas, y a los estándares de alta capacidad física que suelen manejar como requerimiento previo este tipo de entrenamiento.⁴

Otra posible razón para la poca aplicación de pliometría en el adulto mayor es que este tipo de ejercicio envuelve ciclos repetitivos de rápida desaceleración seguida inmediatamente por una rápida aceleración del cuerpo en la dirección opuesta lo que parece ser difícil de ejecutar para personas ancianas sin que se presente el riesgo de lesión. Alternativamente, se han presentado algunas propuestas como la establecida en 2019 por un estudio que utilizó un “Tramp-Trainer machine” para evitar este problema ejecutando el ejercicio en sedestación y con una trayectoria definida.⁵

La propuesta que se presenta a continuación, pretende aprovechar la combinación entre el medio acuático y los ejercicios pliométricos como una propuesta novedosa que refuerce y favorezca su implementación en la población geriátrica dada la limitada información existente.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 ENVEJECIMIENTO

El envejecimiento se define como: la pérdida de entropía y fractalidad que, a su vez, es asociada a una mayor susceptibilidad de enfermedades; por un lado, la pérdida de entropía implica una disminución progresiva en la reserva funcional del individuo, mientras que la pérdida de fractalidad, implica una reducción en la habilidad de coordinar una actividad diferente y negociar el ambiente.⁶

Cabe mencionar, que hay quienes relacionan este término al declive visto en el cuerpo humano a partir de aproximadamente los 30 años de vida, y no desde los 60 o 65 años que refieren instituciones como la Organización Mundial de la Salud o algunos autores científicos.⁷

Envejecer es por lo tanto: un proceso de declive fisiológico normal, progresivo, intrínseco, deletéreo y diferencial, que es parte de la vida, y que abarca desde la concepción hasta la muerte, ocasionando cambios biológicos universales que se producen con la edad sin estar influenciados por la enfermedad o el entorno.^{8,9}

También, se presenta una pérdida progresiva de homeostasis, donde se modifican muchos procesos orgánicos a varios niveles:¹⁰ molecular, tisular, orgánico y sistémico, siendo un proceso que se divide en estructural y funcional. Sin olvidar, que incluye perspectivas psicológicas y sociales, así como algunos otros factores, por ejemplo: los ambientales.⁶

Al ser un declive normal, se debe resaltar que el envejecimiento debe ser considerado como un fenómeno separado de las enfermedades relacionadas con la edad (ERA) y los síndromes geriátricos (SG), sin descartar que eventualmente podrían interactuar y conducir a enfermedades, pero que son de naturaleza esencialmente diferente. Y es que no debe olvidarse que envejecer, es el factor de riesgo predominante de varias enfermedades y condiciones.¹¹

Ha sido descrito que son siete los mecanismos principales interrelacionados, que promueven el envejecimiento, y a su vez, gran parte de las patologías asociadas a este último están determinadas al menos en parte, por algunos de estos mecanismos; estos “siete pilares” son:¹²

- Inflamación
- Adaptación al estrés
- Pérdida de proteostasis
- Agotamiento de las células madre

- Alteración del metabolismo
- Daño macromolecular
- Modificaciones epigenéticas

Por consiguiente, se refuerza la siguiente afirmación: la diferencia entre envejecimiento y enfermedad, dependerá de la tasa, velocidad e intensidad de los procesos biológicos de la senescencia, combinados con la predisposición genética y los estímulos externos, así como de los procesos inflamatorios.¹²

Aunado a lo anterior, se sabe que un estímulo estresante, puede determinar efectos tanto negativos como positivos en función de su intensidad, situación que se encuentra estrechamente relacionada con la hormesis, la cual se considera, una conceptualización general del envejecimiento y la longevidad.¹³

Las ERA y GS principales por su parte, se caracterizan por un largo período de incubación subclínico y, sumado a la alostasis o capacidad progresiva de adaptación de células y sistemas (“teoría remodeladora del envejecimiento”) que amortigua la acumulación progresiva de daños moleculares, dificulta la disponibilidad de signos y herramientas de diagnóstico de enfermedades, debido a la alta redundancia operativa de los sistemas biológicos.¹¹

A largo plazo entonces, todos los dominios funcionales experimentan un declive fisiológico que eventualmente, más no necesariamente, puede conducir a enfermedades clínicas manifiestas, favorecidas por factores genéticos y ambientales específicos de órganos y sistemas.¹¹

2.2 CAMBIOS NEUROMUSCULOESQUELÉTICOS ASOCIADOS AL ENVEJECIMIENTO

2.2.1 Sistema musculo-esquelético en el envejecimiento

Al ser el sistema músculo-esquelético en gran parte, el responsable de todos los movimientos voluntarios, lógicamente se establece como esencial para un desempeño físico óptimo, esto sin mencionar otras funciones propias del tejido. Mientras que hay un cierto número de contribuyentes a las limitaciones físicas con la edad avanzada, uno de los más sobresalientes es sin duda la reducción del desempeño o función muscular, proceso que también es conocido como: dinapenia.^{14, 15, 16}

El desempeño muscular en la vejez, es regulado por factores asociados a los sistemas nervioso, muscular y esquelético.⁸ Además, estos sistemas a su vez, están influenciados por factores que pueden ser directos o indirectos como: el estilo de vida, factores biológicos y psico-sociales como la genética, cambios hormonales, la nutrición, el miedo a las caídas entre otros.¹⁴

Estudios longitudinales demuestran que la pérdida de la función muscular a los 75 años es en promedio de: entre el 3%-4% en hombres y 2.5%-3% en mujeres por año.¹⁷

Por otra parte, cambios fisiológicos como la pérdida de unidades motoras, cambios en los tipos de fibras musculares, atrofia y reducción de la activación neuromuscular, podrían afectar la velocidad y fuerza del movimiento, conduciendo así, a una reducción del desempeño físico que potencialmente puede conllevar a una pérdida de la función e institucionalización.⁸

2.2.1.1 Cambios anatomofisiológicos

La arquitectura muscular es un factor dentro de la capacidad funcional del mismo tejido. La adecuada calidad muscular, depende de la apropiada producción y utilización de adenosín trifosfato (ATP), proceso alterado debido a mutaciones en el daño del ácido desoxirribonucleico (ADN) mitocondrial y en el ácido ribonucleico (ARN) asociadas a la edad, causando su malfuncionamiento y reduciendo la síntesis proteica.⁶

De manera general, algunos otros cambios en el tejido, pero no todos propios de este incluyen: el incremento de la apoptosis, marcas de heterocromatina, degradación autofágica, el declive en número y activación de células satélite y la disminución del potencial regenerativo de células madre.¹⁸

Paralelamente a la pérdida progresiva de la función muscular, se ha demostrado que también hay una disminución en la respiración mitocondrial en el músculo esquelético humano, lo cual pudiera ser la base del deterioro funcional durante el envejecimiento, sin embargo, esta disminución mitocondrial también puede explicarse en parte por una disminución de la actividad física relacionada con la edad.¹⁹

A nivel ultraestructural, los músculos esqueléticos presentan depósito de lipofuscina por una disfunción lisosomal, reducción en el número y tamaño de miofibrillas con aumento en la actividad del aparato de Golgi, así como afección del sistema enzimático, lo cual en apariencia representa una reducción del 50% de su actividad.⁶

A nivel histológico por su parte, se pueden observar núcleos internos, líneas z, proliferación del retículo sarcoplásmico y de túbulos T, con una disminución en los cocientes de capilares y fibras, más no hay una alteración en el empleo del oxígeno. Hay disminución de actividad oxidativa y de la densidad capilar, los sarcómeros tienden a ser sustituidos por grasa, que per se, los depósitos de esta última a nivel visceral e intramuscular aumentan con la edad (De Carvalho 2019)²⁰ y sumados a la fibrosis, favorece el subsecuente acortamiento de la fibra y la disminución de la capacidad de contracción.²¹

Referente a la aseveración anterior, un estudio en especial de tipo longitudinal, con una muestra de adultos de entre 70 y 79 años de edad, señala que la infiltración del tejido adiposo es de en promedio de 30% para mujeres y 50% para hombres.¹⁴ También, se ha encontrado que el aumento del tejido adiposo intramuscular, está asociado a una mayor ingesta calórica,²¹ al declive de la movilidad, a la pérdida de aptitud física, atrofia y funcionalidad.²⁰

En cuanto a su interacción con el sistema endócrino, la grasa ectópica, puede causar resistencia a estímulos anabólicos como la actividad física y las proteínas dietéticas debido a su interacción con hormonas como la insulina, la testosterona y la hormona del crecimiento, induciendo un estado pro-inflamatorio con la secreción de varias citocinas que, en niveles elevados, pueden disminuir la masa del músculo esquelético y el rendimiento físico en los adultos mayores.¹⁴

De hecho, los factores hormonales que estimulan la producción proteica muscular están disminuidos, en ambos sexos, la hormona de crecimiento y su efector IGF-1 se producen en menor cantidad; en la mujer, las hormonas sexuales se ven disminuidas desde la menopausia, en el hombre, dicha disminución es más lenta.⁶

Los cambios arquitectónicos musculares, incluyen también un elevado nivel de fibrosis muscular, siendo una formación excesiva de bandas fibrosas de tejido cicatrizal, en este caso entre las fibras del tejido.¹⁸

El desarrollo de la fibrosis patológica, es el resultado de una serie de eventos que remodelan la arquitectura tisular incluyendo una lesión, infiltración de células inflamatorias, degeneración tisular y proliferación de fibroblastos. No existe evidencia exacta de fibrosis muscular en humanos asociada al envejecimiento, pero estudios en animales, indican que hay un aumento de más del 17% de tejido fibrótico en ratas viejas en comparación de las jóvenes.¹⁴

Uno de los cambios más notorios asociados al envejecimiento y al deterioro del desempeño muscular es la sarcopenia que engloba la pérdida de masa musculo-esquelética y de la función física,¹⁹ sin embargo, la disminución de masa, puede estar asociada también a enfermedades crónicas como la falla cardíaca o el cáncer.¹⁴

No obstante, se debe aclarar que la disminución fisiológica de la masa muscular por sí sola, no es sarcopenia, ya que para su diagnóstico se toman en cuenta parámetros en su cantidad y calidad, así como su desempeño o función, la cual hoy en día es medida a través de la fuerza muscular.^{22,23}

A nivel mio-celular, se ha reportado un decremento substancial en la cantidad total y el tamaño de las fibras en la vejez, el cual es específico de acuerdo con el tipo de fibra. De hecho, este proceso ocurre en mayor parte desde: los 25 hasta los 80 años de vida.¹⁵ Mientras que en las fibras de tipo II se observa una reducción de entre el 10% y 40% comparado con adultos jóvenes, las fibras tipo I en contraste, parecen conservarse en lo general;¹⁴ inclusive, se habla de un aumento de estas últimas favorecido por la disminución de las de tipo II.²¹

La reducción de fibras tipo II a su vez, resulta en un declive de la fuerza muscular y podría influir negativamente en habilidades funcionales como pasar de sedente a bípedo o levantar una carga pesada;¹⁴ dicho decremento, comienza entre los 30 y 50 años de vida, alcanzando hasta el 15% durante este periodo y llegando a ser de hasta un 30% por década en los años posteriores.¹⁵

En general, la pérdida de masa muscular en el envejecimiento, está asociada a la fragilidad y a un incremento de riesgo de morbilidad. Una revisión reciente, muestra que el porcentaje promedio del decaimiento de masa muscular al año a lo largo de la vida es del 0.37% en mujeres y 0.47% en hombres;¹⁴ mientras que autores como Pinzón (2019) refieren que esta disminución, puede llegar a ser de hasta un 8% a 10% anual.

De acuerdo con estudios longitudinales, de manera general, en personas de 75 años o más, las cifras de pérdida muscular se elevan a rangos de entre 0.64%-0.70% para el sexo femenino y 0.80%-0.98% en varones; acelerándose durante periodos de inactividad física, y puede llegar a existir una pérdida de hasta el 50% para la octava y novena década de la vida.¹⁷

Así mismo, datos sobre inmovilización y encamamiento muestran que existe una pérdida de 1kg de masa muscular por cada 10 días, seguido de un declive en la fuerza que va del 0.3% al 4.2% por día, trayendo como consecuencia episodios de atrofia muscular por desuso, acelerando la degradación del desempeño físico.²⁴ Sin embargo, más allá de la pérdida de masa muscular, una plétora de factores contribuye al deterioro del desempeño muscular en la vejez.¹⁴

Si se toma como ejemplo al tendón, se puede denotar que sus cambios asociados al envejecimiento incluyen: una pérdida de la función de las células madre, déficits celulares intrínsecos como la reducción, senescencia y des-diferenciación de tenocitos y cantidad de colágeno; acompañados de cambios sistémicos hormonales y metabólicos, así como un “nicho” (micro ambiente donde las células madres residen) envejecido, con menos visco-elasticidad y desgastado que, en conjunto, disminuyen su potencial regenerativo.²⁵

Estudios con elastografía señalan que, con el envejecimiento, el tendón de Aquiles se vuelve más rígido; el tendón rotuliano por su parte, presenta una menor rigidez, elasticidad y velocidad de onda de corte (shear wave velocity). Y de manera general, se presenta una reducción de las respuestas a la tensión transversal en un 2.5 % por cada 10 años de vida, así como una progresión y tendencia a la calcificación, lo que, en conjunto, disminuye su desempeño y aumenta el riesgo de lesiones.²⁵

2.2.1.2 Cambios funcionales

Durante el proceso de envejecimiento del músculo esquelético, la masa, la fuerza y la potencia disminuyen progresivamente, dicha disminución, se acentúa en la potencia y la producción de fuerza rápida, más que en la fuerza máxima o masa muscular.²⁶

Y es que, en promedio, a partir de los 50 años, la fuerza muscular declina un 1.5% y se acelera su pérdida un 3% desde los 60 por cada año, lo cual tiende a ser predominante en hombres, aunque la repercusión es más sensible en las mujeres.⁶

El desempeño motor del ser humano por su parte, está estrechamente relacionado con las unidades motoras, y encuentra su declive al avanzar la edad. De manera general, en promedio, es más notorio a los 60 años, con una aceleración más pronunciada a partir de los 80 años, dejando músculos más débiles, lentos, con menor potencia, menor velocidad de contracción, menos firmeza, y más propensos a la fatiga durante tareas dinámicas que involucran velocidad.²⁷

Para los adultos mayores, la capacidad de tener reacciones musculares rápidas es de vital importancia, pues respecto a estas últimas, es la potencia muscular y no la fuerza máxima ni la masa, la que refleja con mayor asertividad la habilidad para realizar actividades funcionales como levantarse de una silla, subir las escaleras o disminuir el riesgo de caídas; actividades que influyen directamente en la calidad de vida.¹

En consecuencia, la reducción de la potencia de las extremidades inferiores y la ralentización de la producción de fuerza, han sido propuestos como importantes predictores del deterioro del rendimiento funcional relacionado con la edad y deberían ser objetivos de los programas de ejercicio para adultos mayores.^{16,26}

A sí mismo, la pérdida de fuerza muscular es otro factor que contribuye a reducir el desempeño físico en la vejez. Adicionalmente, hay amplia información que sugiere que la coordinación motriz, la integridad esquelética, el acoplamiento excitación-contracción y otros factores relacionados a los sistemas nervioso, muscular y esquelético, son de suma importancia para el desempeño físico del adulto mayor.¹⁴

En adición a la atrofia muscular, se percibe una reducción en la fuerza por unidad del tejido, observada sobre todo desde el nivel fibrilar, siendo una de las causas: los cambios en el proceso de acoplamiento excitación-contracción (ECC por sus siglas en inglés), que radica en convertir una señal neural para la activación muscular, en una contracción y subsecuentemente, el desarrollo de fuerza.²⁸

Actualmente, está descrito que deficiencias en la liberación de calcio por parte del retículo sarcoplasmático, explican el déficit en el desempeño físico del músculo envejecido, influyendo de mayor manera sobre la coordinación y fatiga muscular que sobre la producción de fuerza. Sin embargo, esto puede no ser un problema importante si la liberación de calcio también disminuye con la edad, resultando en la ausencia de elevaciones no deseadas de calcio intramiocelular.²⁹

Por otro lado, existen hallazgos en estudios que sugieren que el desacoplamiento del ECC, contribuye significativamente a la reducción en la calidad muscular observada con el avance de la edad, y destaca los procesos en los que dicho ciclo, es un objetivo terapéutico potencial.¹⁴

De acuerdo con estudios, existe una expresión reducida de la subunidad α_1 del canal de calcio sensible al voltaje (CAv1.1) con el envejecimiento de tres grupos diferentes de músculos (sóleo, extensor largo de los dedos y músculos esqueléticos que consisten en una mezcla de fibras rápidas y lentas) que se ha demostrado, conducen al desacoplamiento del ciclo de contracción excitación.²⁹

2.2.2 Control motor musculoesquelético en el envejecimiento

2.2.2.1 Neurofisiología de la debilidad muscular

Una contracción muscular voluntaria se comprende de, y es directamente proporcional al: reclutamiento de neuronas motoras en la corteza primaria con: un impulso descendente aumentado y con un aumento de la activación de las neuronas corticoespinales.¹⁴

Si bien existen muchas influencias sobre las neuronas motoras durante las contracciones voluntarias, como la retroalimentación sensorial excitadora e inhibitoria y las alteraciones en las propiedades de las neuronas motoras y su sensibilidad, el impulso descendente de la corteza motora es el principal determinante del momento y la fuerza de las contracciones voluntarias.³⁰

Por lo tanto, la "activación voluntaria" o "activación central" es: la capacidad general del sistema nervioso para activar completamente el músculo esquelético, es decir, la capacidad de reclutar y descargar unidades motoras de manera óptima.³¹

Un dato a tener en cuenta respecto a la activación voluntaria, es que un gran número personas mayores, particularmente aquellas que son consideradas sanas y físicamente activas, no exhiben deficiencias en esta misma, mientras que aquellas que son consideradas más débiles, sí presentan deficiencias en dicha capacidad.¹

2.2.2.2 Cambios a nivel de sistema nervioso central y periférico

El envejecimiento, se acompaña de modificaciones del sistema nervioso a niveles espinales y supra espinales, así como de una pérdida neta de unidades motoras, cambios en su morfología y propiedades, y entradas alteradas de los centros periféricos, por lo cual, el rendimiento motor se verá siempre afectado y su variabilidad será mayor con la edad avanzada.²⁷

Existe una clara evidencia de que las alteraciones en la forma y función del sistema nervioso, contribuyen a promover o disminuir el deterioro y rendimiento del músculo esquelético y sus capacidades con la edad; dichos cambios, se enfocan en la disminución de la coordinación motora, la fuerza muscular y la potencia.¹⁴ Hay una cantidad considerable de cambios morfométricos en la corteza motora que ocurren durante el envejecimiento. Por ejemplo, los estudios en cadáveres, sugieren que los individuos mayores de 65 años

exhiben una reducción volumétrica > 40% en el tamaño del cuerpo de las células neuronales de la corteza pre-motora en comparación con los adultos menores de 45 años.³²

En su contraparte, estudios en vivo sugieren que el adelgazamiento cortical ocurre en la mediana edad, y que las áreas cercanas a la corteza motora primaria muestran una atrofia prominente. Aunado a lo anterior, también se han reportado cambios en los factores neurotróficos dentro de la corteza motora.¹⁴ La reducción de la materia gris cerebelosa por su parte, se ha relacionado con debilidad, baja actividad y lentitud.³³ Existen a su vez, diferencias relacionadas con la edad en la materia blanca y la longitud de las fibras nerviosas mielinizadas.³⁴

Anexo a lo anterior, está documentado que un volumen más pequeño del área prefrontal se asocia a una velocidad de marcha más lenta en el adulto mayor, y puede deberse a un procesamiento de información más lento, lo que sugiere la necesidad de comprender mejor la relación causal entre la atrofia cerebral y la desaceleración en el procesamiento de la información y en este caso, la marcha.³⁵

Una zona, donde resaltan los cambios neuroquímicos con el envejecimiento, es en los ganglios basales. Se ha demostrado que la alteración de la neurotransmisión es responsable de algunas anomalías del comportamiento relacionadas con la edad, incluidos los sistemas: serotoninérgico, colinérgico, adrenérgico, dopaminérgico, gabérgico y glutamatérgico.¹⁴

Probablemente, los cambios en el sistema dopaminérgico asociados al envejecimiento, son los más estudiados por los trabajos relacionados a desordenes como el Alzheimer o el Parkinson. Se ha informado que los adultos mayores exhiben una disponibilidad reducida de dopamina, su transportador y los receptores D2, cambios que pueden conducir a funciones motoras retrasadas y descoordinadas.³⁶

A través del uso de técnicas de valoración que utilizan el magnetismo, se sabe que en el adulto mayor también se afectan las propiedades corticales motoras a nivel de los sistemas electrofisiológicos disminuyendo su excitabilidad. Las personas mayores más débiles, en particular, exhiben una marcada hipoexcitabilidad cortical.³⁷

Se ha sugerido que en la vejez, hay una capacidad reducida para modular la actividad en las redes motoras apropiadas cuando sea necesario, pues requiere una activación significativamente mayor de varias áreas motoras del cerebro para realizar la misma tarea de agarre motor que los adultos más jóvenes, así como una desactivación reducida de la corteza motora primaria ipsilateral.³⁸

En resumen, es sugerido que el envejecimiento da como resultado atrofia cortical, neuroquímica alterada y modificaciones en la excitabilidad y plasticidad cortical motora, que en conjunto, podría estar vinculado mecánicamente a deficiencias en la capacidad del sistema nervioso para activar de manera óptima la musculatura, reduciendo en última instancia, el rendimiento muscular.¹⁴

Las unidades motoras por su parte, demuestran numerosas adaptaciones relacionadas con la edad que incluyen: cambios en su morfología, comportamiento y electrofisiología. Conceptualmente incluso, estas adaptaciones pueden terminar mermando el rendimiento muscular.^{27,39}

Como ejemplos de las adaptaciones al envejecimiento de la unidad motora se encuentran: entradas sinápticas variables y reducidas que impulsan la activación de las neuronas motoras, menos unidades y de mayor tamaño, uniones neuromusculares menos estables, tasas de descarga del potencial de acción más variables y bajas, así como fibras de músculo esquelético más pequeñas y lentas que co-expresan diferentes isoformas de cadena pesada de miosina en el músculo de adultos mayores.²⁷

De hecho, las unidades motoras reducidas, pueden implicar la denervación de las fibras musculares rápidas con reinervación por brote axonal de las neuronas motoras lentas. Por lo tanto, la remodelación de las unidades motoras puede conducir a cambios en la distribución del tipo de fibras hacia un fenotipo predominantemente de fibras tipo I.¹⁴

También es dicho, que la actividad física puede modificar las propiedades y la función de las unidades motoras en adultos mayores, aunque sus efectos sobre la variabilidad del desempeño motor son en gran parte desconocidos.²⁷

Sin embargo, hoy en día es cuestionable si la actividad física de intensidades moderadas-altas durante toda la vida como correr, puede minimizar la pérdida de unidades motoras asociadas con el envejecimiento. Además, no está claro si la disminución de la masa muscular, se asocia con reducciones en el número de unidades motoras.¹⁴

El aumento en la variación durante y entre las tareas motoras relacionado con la edad, que incluye un decremento en la fuerza y un incremento en la variabilidad de la velocidad de contracción y la disminución en la tasa de desarrollo del torque a mayor repetición, y en mayor medida durante las contracciones rápidas, se acompaña de una frecuencia de descarga motora máxima más baja, así como una incidencia de descargas de “doblete”.²⁷

Estas tasas de disparo más bajas parecen estar en gran parte interrelacionadas, con el aumento del tiempo de contracción en los músculos más viejos, lo que ilustra aún más, los procesos críticos de control integrador involucrados entre los sistemas nervioso y muscular en lo que se refiere a la función neuromuscular general.¹⁴

Ha sido sugerido, con base a modelos en animales, que la denervación asociada a la edad, ocurre antes de la atrofia de las miofibras y que altas cantidades de actividad neuromuscular (expresada con reclutamiento intenso y constante) pueden retrasar su aparición junto a la de la sarcopenia. Sin embargo, todavía se debate si los cambios en la unión neuromuscular preceden o siguen a la disminución de la masa muscular y la fuerza.⁴⁰

En adición a lo anterior, no debe olvidarse, que los incrementos de fuerza inducidos por el entrenamiento, se asocian, durante las primeras semanas, principalmente a una adaptación en el sistema nervioso, ya sea por un aumento en la activación de la musculatura agonista, o bien, por cambios en los patrones de activación de la musculatura agonista.⁴¹ Así, entonces, el entrenamiento físico se perfila como eficaz para mejorar la morfología y función de la unión neuromuscular en adultos jóvenes y mayores.

2.3 PLIOMETRIA

2.3.1 Generalidades de la pliometría

Los ejercicios pliométricos, son definidos como: aquellos que capacitan a un músculo a alcanzar una fuerza máxima en un periodo de tiempo lo más corto posible, capacidad que es conocida como potencia.⁴² La palabra pliométrico viene del griego *phlytein* o *plyo* que significa incrementar y *metric* que significa medir. En consecuencia, se puede pensar que el propósito de la pliometría es “aumentar la medición” y hace referencia a al desempeño deportivo.²

Acuñada por primera vez por Fred Wilt en la unión soviética; desde su introducción a principios de los años ochenta, se distinguen dos formas de pliometría:⁴³

- La creada por Yuri Verkhoshansky definida como “shock method”, también conocida como ejercicio explosivo y/o pliométricos verdaderos, en esta modalidad, el participante cae desde determinada altura y experimenta un “impacto o shock” al aterrizar pasando del excéntrico al concéntrico en 0.10-0.20 s.
- La segunda versión, se encuentra ampliamente extendida en los Estados Unidos y se relaciona con hacer saltos en todas sus formas independientemente del tiempo de ejecución; según Verkhoshansky no se les puede considerar pliométricos ya que la intensidad de ejecución es mucho menor y el tiempo de transición excéntrico-concéntrico es mucho mayor.

Al analizar la segunda Ley de Newton en su forma base ($F = ma$), se deduce que se puede generar la misma fuerza moviendo una carga pesada (gran masa) con poca aceleración, que moviendo una carga ligera con gran aceleración.⁴⁴

Mientras que el entrenamiento de fuerza tradicional con carga de peso, se basa en cargas de alta inercia, típicamente con movimientos lentos y teniendo como objetivo, el desarrollo de fuerza máxima; otros ejercicios, emplean cargas de peso relativamente bajas, y si a estos, se les agrega un aumento de la aceleración, se tiene como efecto el desarrollo de fuerza explosiva, generando en ambos casos, la misma fuerza según lo establece la segunda ley de Newton.⁴⁴

Hoy en día, existe suficiente evidencia que confirma que los ejercicios pliométricos, organizan los componentes estructurales, neurales y elásticos del cuerpo humano, para generar una mayor producción de potencia que la producida los por músculos de manera individual y aislada.⁴⁵

2.3.1.1 Fases de la pliometría

El entrenamiento pliométrico utiliza el ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC) que se refiere a cualquier pre-estiramiento o contramovimiento que ocurre antes de un movimiento dividido;⁴⁶ el cual, ocurre en la unión miotendinosa y en el tendón más no en los fascículos musculares.⁴⁷ Este ciclo, es un proceso conformado por tres fases: un movimiento de alargamiento (excéntrico) o contramovimiento, una fase de amortización (tiempo para el rebote), y por último un movimiento de acortamiento (o fase concéntrica).⁴³

La fase de pre-estiramiento excéntrico también es conocida como:

- Fase de preparación
- Precarga
- Preconfiguración
- Preparatoria
- Facilitadora
- Preparación
- Potenciación
- Contrafuerza

Contramovimiento; durante este periodo, se estira el huso muscular de la unidad músculo-tendón y el tejido no contráctil dentro del músculo (componentes elásticos en serie [SEC] y componentes elásticos paralelos [PEC]). Aquí, la energía elástica es generada y almacenada.^{2, 43}

Se ha demostrado que el preestiramiento excéntrico mejora la contracción muscular concéntrica resultante. Dicha fase, se basa en tres variables de estiramiento: magnitud del estiramiento, velocidad del estiramiento y duración del estiramiento; la manipulación de cualquiera de las variables tendrá un efecto significativo en la cantidad de energía almacenada durante la fase de pre-estiramiento excéntrico.^{2,45}

El término amortización por su parte, también conocido como: "tiempo de recuperación" o "fase de retardo electromecánico de la pliometría"; se ha desarrollado para describir el tiempo que transcurre entre la superación del trabajo negativo del pre-estiramiento excéntrico hasta la generación de la producción de fuerza, la aceleración de la contracción muscular y el retroceso elástico en la dirección del patrón de movimiento.²

Esta fase es la clave para el rendimiento de la pliometría, ya que a más corta la amortización, más efectivo y poderoso es el movimiento pliométrico porque la energía almacenada se usa de manera eficiente en la

transición. Si la segunda se retrasa, la energía almacenada se desperdicia en forma de calor, el reflejo de estiramiento no se activa y el trabajo positivo resultante de la contracción concéntrica no es tan efectivo.^{2, 43}

Por último, la fase concéntrica, también denominada como fase de rendimiento de producción de energía resultante, se ha descrito como la fase facilitada o de mejora de la pliometría, estos términos, describen realmente lo que sucede durante la actividad. Esta fase final del movimiento pliométrico es el resultado de muchas interacciones, incluida la respuesta biomecánica que utiliza las propiedades elásticas de los músculos preestirados.^{2, 49}

2.3.1.2 Bases fisiológicas

La pliometría puede explicarse de forma simple a través de dos modelos:⁴³

- El mecánico: que se vale de la energía elástica almacenada como resultado de un rápido estiramiento y que es liberada inmediatamente con una acción concéntrica; como un resorte que se da gracias al componente elástico en serie.
- El Neurofisiológico: que se da por el reflejo de estiramiento, donde si la fase concéntrica no se da inmediatamente después de un pre-estiramiento, la energía se pierde.

En esencia, el componente contráctil de los puentes cruzados de actina y miosina en la sarcómera, juega un papel importante en el control motor y el desarrollo de la fuerza durante la ejecución de este tipo de entrenamiento. El movimiento pliométrico utiliza el estiramiento previo de la curva fisiológica longitud-tensión de la unidad músculo-tendinosa, para mejorar la capacidad de las fibras musculares de generar más tensión y la producción de fuerza resultante.²

Específicamente durante el ejercicio pliométrico, la acumulación de energía cinética durante la parte excéntrica del ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC) se conserva y recicla durante las siguientes partes isométricas y concéntricas, creando una acción de estiramiento-retroceso similar a la de una banda de goma.⁴⁹

Al mismo tiempo, los programas motores del sistema nervioso central (SNC) inducen altos niveles de activación muscular antes del contacto con el suelo. La actividad previa de la musculatura asociada junto con el reflejo de estiramiento inicia la facilitación de la transferencia de energía y la transmisión de fuerza, lo que resulta en una mayor eficiencia mecánica.⁵⁰

Sin embargo, para que una acción se considere verdaderamente elástica (es decir, uso óptimo del SSC), debe ocurrir un alargamiento excéntrico activo y la acción de acoplamiento excéntrico-concéntrico debe realizarse rápidamente, lo que resulta en un pequeño tiempo de amortización o transición; si no se cumplen los criterios antes mencionados, es probable que la energía se disipe en forma de calor, como en el estiramiento estático.⁴⁵

2.3.1.3 Bases biomecánicas

Biomecánicamente, la literatura establece que la producción de fuerza del músculo se organiza en una jerarquía predecible. Este formato ordenado, establece que las contracciones musculares excéntricas crean la mayor fuerza, seguidas de contracciones isométricas y luego contracciones concéntricas; y aunque estas últimas son las más débiles, la pliometría en su última fase crea la mayor fuerza, gracias al pre-estiramiento excéntrico y las fases cortas de amortización.²

Ha sido sugerido que el sistema nervioso central, tiene mecanismos que permiten activar selectivamente unidades motoras que inervan reclutar las fibras de contracción rápida (FT) en especial las IIb sin que se activen antes las lentas ignorando el principio de tamaño o ley de Henneman. Estos mecanismos incluyen movimientos de mínima fuerza y elevada velocidad de acortamiento y movimientos de gran fuerza de corta duración y alta velocidad.⁵¹

El aumento de la generación de fuerza durante la fase concéntrica del movimiento pliométrico se produce a partir de la carga mecánica elástica del tejido por sus tres componentes estructurales: los contráctiles (CC), SEC y PEC. Durante el movimiento de preestiramiento, la energía cinética potencial se almacena en el SEC. Esta energía almacenada contribuye a la producción de fuerza concéntrica a medida que el músculo vuelve a su longitud normal (la respuesta de la fuerza de rebote ó *rebound force response*).²

El comportamiento mecánico de la SEC es primordial en la acción pliométrica, representa más del 50% de los aumentos de fuerza concéntrica del músculo si se compara esta fase contra una acción de la misma índole sin SSC. Además, actúa como un resorte, donde la liberación de energía aumenta a la presencia de mayores fuerzas; efecto que se atribuye al retroceso de los tejidos elásticos.⁴⁸

Un mecanismo potencial para explicar el efecto del SSC en la sarcómera se basa en los descritos estados de la miosina, si el filamento está en estado relajado (OFF) o en activo (ON), durante la fase de pre-estiramiento, las contribuciones de la activación mecano-sensitiva por parte de los puentes cruzados provocarían que la miosina pase de un estado OFF a ON.⁴⁸

Por otra parte, la estimulación de los propioceptores, puede causar facilitación, inhibición y modulación de los músculos agonistas y antagonistas. El huso muscular, cuando se estira, presenta un aumento en la descarga de los nervios aferentes; la fuerza de la señal que se envía a la médula espinal desde el huso muscular depende de la velocidad del estiramiento aplicado y su contracción es directamente proporcional al mismo (SSC).²

En la fase de pre-activación el otro mecanorreceptor que juega un papel importante en el ciclo pliométrico de estiramiento-acortamiento es el órgano tendinoso de Golgi (GTO), que es estirado más que en un entrenamiento de fuerza regular, lo que desemboca en una mayor inhibición de su función protectora y modula las fuerzas durante la ejecución del ejercicio incrementando potencia por la acción concéntrica, dando como resultado la mejora del sistema neurológico para optimizar la coordinación neuromuscular.⁵²

El propósito del entrenamiento pliométrico es aumentar la excitabilidad de los receptores neurológicos para mejorar la reactividad del sistema neuromuscular mientras se desensibiliza el GTO. Se mejora la eficiencia neural, permitiendo que la coordinación neuromuscular se automatice y aumentando la velocidad establecida en la que pueden actuar los músculos.²

2.3.2 Beneficios del entrenamiento pliométrico

El entrenamiento pliométrico trae consigo, numerosos cambios positivos en los sistemas neural y musculoesquelético, la función muscular y el rendimiento de individuos sanos. Sin embargo, esta modalidad de entrenamiento es principalmente utilizada en deportistas y/o adultos jóvenes.²⁶

La pliometría se desarrolló, en un intento de cerrar la brecha entre los ejercicios de fuerza muscular en la sala de pesas, y la velocidad o potencia necesaria en un campo deportiv.⁴⁶ De hecho, puede ser utilizada para mejorar la habilidad del músculo esquelético de ejercer una fuerza máxima en un tiempo tan corto como sea posible.¹

Aunque se ha demostrado que estos ejercicios son capaces de mejorar el rendimiento, ha sido difícil identificar el mecanismo detrás de sus adaptaciones, y aunque es una modalidad de ejercicio ampliamente utilizada para mejorar las habilidades de esprintar y saltar, la implementación adecuada de la intensidad, el volumen y la selección de estos ejercicios sigue siendo ambigua.⁴⁶

Sin embargo, existe evidencia que respalda a este tipo de entrenamiento y las mejoras que produce en la aptitud física, la acumulación mineral ósea, la composición corporal, el desempeño de las habilidades motoras, la disminución de los perfiles lipídicos y otras más.⁵³

El ejercicio en sí mismo, independientemente del tipo, está diseñado para colocar estrés en el cuerpo, lo que provoca una respuesta y, por ende, adaptaciones. Desde un punto de vista neuromuscular, esas modificaciones, pueden incluir cambios en el reclutamiento de unidades motoras, activación e inhibición de las fibras musculares, cambios en el fenotipo de las fibras e hipertrofia.⁴⁶

A nivel neuromuscular específicamente, el ejercicio de potencia aumenta la coordinación entrenando el sistema nervioso y haciendo que los movimientos sean más automáticos durante la actividad; lo cual, es conocido como refuerzo de un patrón motor y creación de automatización de la actividad, lo que mejora la eficiencia neuronal y aumenta el rendimiento.²

Verkhoshansky (2018) usa la física para describir su método de pliometría donde un cuerpo que cae crea energía cinética que, al impactar con el suelo, provoca un alto grado de tensión muscular, el impacto, estimula las neuronas motoras de umbral alto y estas, junto con la energía elástica, crean el potencial para un ciclo de acortamiento de estiramiento mejorado con una amortización mínima.⁴⁶

Actualmente, se ha descrito que el trabajo total (la cantidad total en kg de la masa levantada por el trabajo en un tiempo determinado) es mucho menor con la pliometría y podría ser ventajoso, pues de manera directa, se estaría teniendo una disminución del volumen de estrés articular, mostrándose los incrementos en la fuerza, con menos trabajo total.⁴

Y aunque los ejercicios pliométricos de forma general tienen como propósito, mejorar los parámetros de potencia y velocidad de contracción muscular, estos no son una panacea y es recomendable que sean parte siempre de un programa integral de ejercicios.⁵⁴

Por su parte, el aumento en el rendimiento o desempeño ocurre a menudo, sin un aumento concomitante de los cambios morfológicos del músculo dentro de un programa de entrenamiento; predominando durante las primeras seis a ocho semanas, los efectos a nivel neural, y después de varias semanas adicionales, los cambios hipertróficos comienzan a aparecer en los músculos.²

Y es que al explicar la pliometría, se remarca la necesidad de hacer énfasis en aspectos neurofisiológicos del movimiento, como el SSC, la activación muscular y el reclutamiento de unidades motoras, para así, describir con mayor precisión el proceso detrás de la adaptación y sus beneficios consecuentes.⁴⁶

El SSC por su parte, permite una producción de fuerza mayor y más rápida, y sus beneficios se pueden perder si el tiempo de movimiento se prolonga debido a fuerzas externas elevadas, que dan como resultado una fase concéntrica de menor velocidad. Así mismo, diferentes tipos de actividades pliométricas pueden causar diferentes adaptaciones al SSC y estas a su vez, pueden ser específicas de las demandas impuestas al cuerpo permitiendo establecer objetivos específicos a potenciar.⁴⁶

Las actividades que involucran contramovimientos más pequeños como por ejemplo: saltos sin peso o saltos de caída desde alturas más pequeñas, parecen ser de naturaleza más reactiva, lo que tal vez sea más beneficioso para estresar el componente excéntrico del ciclo de acortamiento del estiramiento y ayudar a minimizar la fase de amortización; y entre más corta, se debería conducir a un mayor almacenamiento de energía elástica, mejorando por lo tanto, la tasa de desarrollo de la fuerza en la fase concéntrica.^{26, 55, 56}

Estos ejercicios con alturas más cortas y saltos sin carga extra al peso corporal, aparentemente son más benéficos para maximizar la potencia en las actividades de restricción de tiempo.^{26, 55, 56} Por su parte, los ejercicios que utilizan altitudes más altas, y/o carga extra, aumentan en general el salto de altura en actividades no restringidas por el tiempo y alargan la fase de amortización, poniendo un mayor énfasis en mejorar la fase concéntrica del ciclo de acortamiento del estiramiento. Si bien esto podría conducir a una tasa de desarrollo de fuerza más lenta, podría aumentar la fuerza concéntrica.⁴⁶

Es entonces que se puede plantear que el SSC, se ve afectado por diversas intensidades de ejercicios pliométricos. Sin olvidar que la intensidad en la pliometría, es definida como: la cantidad de estrés aplicada a músculos, tejido conectivo y articulaciones, y es dictada por el tipo de ejercicio realizado.⁵⁷ Por otra parte, se ha demostrado que la selección de diferentes ejercicios puede afectar la activación muscular a través de la c-activación de los músculos antagonistas, la pre-activación de los músculos antes de que sean necesarios, o incluso, retrasar la actividad muscular durante la contracción excéntrica activándolos a medida que comienza el rango de movimiento concéntrico.⁴⁶

Markovic (2010) en su trabajo, señala también el importante papel que juega el sistema nervioso central en la promoción de la actividad muscular tanto antes del impacto como después del mismo en actividades de tipo pliométrico.⁵⁸

Específicamente, parece que la adaptación es un patrón de secuencia neuromuscular utilizado no solo para mejorar el rendimiento, sino que también actúa como un mecanismo de prevención de lesiones, ya que, en algunos estudios, se ha demostrado la pre-activación de la musculatura estabilizadora articular en la fase preparatoria del movimiento, la cual, se puede ver afectada por factores como la altura de la ejecución y los ángulos de otras articulaciones involucradas.^{59,60}

El generar una mayor estabilización de la articulación, podría conducir a un mejor rendimiento a medida que el camino desde la producción de fuerza hasta el lugar donde se aplicará la misma se vuelve más directo. El rendimiento, también podría mejorarse debido a una mayor rigidez en el tendón y la articulación, lo que permite una amortización mínima en fases, una absorción más rápida de energía elástica y la conversión en energía cinética.⁴⁶

Tenemos el objetivo final en mente, pero sin entender el proceso que conduce a él, las decisiones pueden ser equivocadas. Ya que, si no se comprenden los mecanismos detrás de la adaptación, la intensidad corre el riesgo de aumentarse más allá de lo que el cuerpo puede tolerar, dando lugar así, a una mecánica defectuosa y un número mayor de complicaciones, lo que no solo disminuye los resultados esperados, sino que también puede provocar lesiones.⁴⁶

En resumen, los beneficios teóricos y potenciales de los ejercicios pliométricos incluyen entre otros: capacidad para aumentar la potencia y la velocidad promedio, aumento de la fuerza máxima y la velocidad de aceleración, mayor tiempo para el desarrollo de la fuerza, almacenamiento de energía en la SSC, mejora de la capacidad para tener niveles elevados de activación muscular, la capacidad de evocar reflejos de estiramiento y la hipertrófia de la célula muscular.^{2,61}

2.3.3 Diseño del programa de ejercicios pliométricos

2.3.3.1 Indicaciones y contraindicaciones

Al iniciar un programa de ejercicios pliométricos existen algunas consideraciones generales a modo de criterios de inclusión/exclusión; en este caso, se sugiere partir de aquellos descritos en la literatura tanto para el uso del tanque terapéutico como para la ejecución de la pliometría en el adulto mayor.

Dichos criterios incluyen los descritos por Davies (2015),² Moran (2018)¹ y Zubac (2011)⁶² entre los que se encuentran: personas que no cursen con lesión o patología aguda, signos y síntomas neurológicos, dolor, inflamación, inestabilidad articular, limitaciones en los tejidos blandos, esguinces sub-agudos en miembros inferiores, arcos de movimiento completos, equilibrio a ojos cerrados y abiertos por treinta segundos, fuerza

muscular con un máximo de 20% de diferencia entre cada hemicuerpo, consumo regular de alcohol y cigarro y cardiopatías no controladas.

En cuanto a las cualidades físicas básicas para la ejecución de la pliometría se argumenta, que competencias básicas de movimiento son suficientes al introducir ejercicios pliométricos simples dentro de un programa de entrenamiento, pues se demostró, que han sido bien utilizados en adultos con una edad promedio de 79.4 años en tierra firme sin presentar lesiones u otros eventos adversos.⁶³

El aplicador por su parte, debe tener la capacitación específica para los objetivos individuales de cada paciente. Se apoya la idea de que cada patrón de movimiento específico involucrado en la actividad debe entrenarse inicialmente de forma aislada para trabajar cada eslabón de la cadena cinemática, permitiendo que la actividad deportiva se diseccione en componentes más pequeños y se entrene primero con movimientos aislados.²

2.3.3.2 Variables del entrenamiento pliométrico

Hoy en día parece no haber recomendaciones concretas en la literatura para la dosificación de la pliometría,⁴⁵ sin embargo, existen diferentes variables y recomendaciones importantes a considerar al dosificar este tipo de entrenamiento que son:

- Sobrecarga neuromuscular (cargas aplicadas y distancias)

Con los ejercicios pliométricos, la sobrecarga neuromuscular suele adoptar la forma de un cambio rápido de dirección de una extremidad o de todo el cuerpo sin cargas externas. La cantidad de trabajo total en repeticiones, series, etc., y / o el rango de movimiento (ROM) a través del cual se mueve el atleta, ambos, contribuyen a la cantidad total de sobrecarga neuromuscular.²

El entrenamiento con cargas ligeras (30% de 1 repetición máxima o "RM") saltos y escuadras o squats, resultan en el incremento de la velocidad del movimiento y fuerza máxima a comparación de la carga alta (80% de 1 RM) ya que no se reportan beneficios adicionales con peso añadido.⁶⁴

- Sobrecarga espacial (rango de movimiento)

Los movimientos pueden tener los efectos de una sobrecarga desde el punto de vista del ROM, el cual, se puede realizar en un rango más amplio mediante un patrón de movimiento exagerado. El concepto es emplear la activación muscular y el reflejo de estiramiento dentro de un ROM específico. Como se describió anteriormente, los mecanismos reflejos ayudan a facilitar el patrón de movimiento para mejorar la producción de fuerza.²

- Sobrecarga temporal (sincronización)

Para lograrla, se debe ejecutar el movimiento lo más rápida e intensamente posible. También denominada como: mantener el tiempo de rebote (fase de amortización) lo más corto posible, es una de las claves para realizar ejercicios pliométricos para aumentar la producción de energía. Un tiempo de rebote más corto y un retardo electromecánico, permiten una transmisión de fuerza efectiva desde el preestiramiento excéntrico, hasta la fase de rendimiento de potencia concéntrica del movimiento pliométrico.²

Los ejercicios deben realizarse de forma rápida pero segura. La tasa del estiramiento del músculo contraído es más importante que la longitud del mismo. Si se realiza una actividad de salto, por ejemplo, la progresión de la actividad pliométrica debe centrarse en reducir el tiempo en el suelo entre cada brinco.⁶⁴

- Intensidad

Este parámetro hace referencia al porcentaje real de esfuerzo requerido para realizar una actividad. En pliometría, el tipo de ejercicio realizado controla la intensidad. Los ejercicios pliométricos pueden presentarse en muchas formas e intensidades.²

En este tipo de ejercicio, la intensidad se clasifica típicamente en: baja, media y alta (Tabla 1); y cuando los niveles de alta intensidad son alcanzados, el volumen debería disminuir. La intensidad de los ejercicios pliométricos para las extremidades inferiores se ha relacionado al número de contactos de los pies, la dirección del salto, la velocidad, altura del salto y peso corporal.⁶⁴

Tabla 1. Intensidad de la aplicación, segmento a trabajar y ejemplos de ejercicios. Elaboración propia.

INTENSIDAD	SEGMENTO CORPORAL	EJERCICIOS
Baja	Miembros inferiores	Squat jump, split squat jump, ankle bounce, lateral hurdle/cone jump
	Miembros superiores	Medicine ball chest pass, underhand medicine ball throw, overhead throw
Media	Miembros inferiores	Pick jump, lateral hop, double and single leg pick jump, double leg tuck jump, standing triple jump, zigzag cone jump, double leg hop, alternate leg bounds, combination bound
	Miembros superiores	Medicine ball push-up, standing or kneeling side throw, backward throw
Alta	Miembros inferiores	In depth jumps, box jumps, single leg vertical power jump, single leg tuck jump
	Miembros superiores	Drop push-up, medicine ball push-up

Fuente:^{2,64} Patel NN. Plyometric training: a review article. Int J Cur Res Rev. 2014; 6(15):33-37. (Davies G, Riemann BL, Manske R. CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. Int J Sports Phys Ther. 2015; 10(6):760-86

Es un desafío cuantificar la intensidad del ejercicio, incluyendo: factores mecánicos, carga y demanda neuromuscular y fatiga durante los ejercicios pliométricos, aunque definitivamente poder hacerlo, sería un valor agregado para optimizar la dosis de entrenamiento.²⁶

- Volumen

Es el trabajo total realizado en una sola sesión o ciclo de trabajo (periodización). En el caso del entrenamiento pliométrico, a menudo se mide calculando la carga, contando el número de repeticiones, de contactos con el pie, lanzamientos del balón medicinal, distancia saltada, series, etc. de la actividad específica (número de lanzamientos, saltos, etc.).²

Un volumen de al menos 10 semanas de duración y más de 20 sesiones utilizando programas de más de 50 saltos por sesión parece maximizar la probabilidad de obtener mejoras significativamente mayores en el rendimiento en personas jóvenes.⁶⁴

Mientras que la National Strength and Conditioning Association (NSCA) y el International Journal of Sports Physical Therapy (JSPT) señalan en sus guías, que un volumen de 40-80 y 80-100 contactos con el suelo por sesión es para principiantes y de 100 a 140 contactos para avanzados, existe evidencia que, en atletas, en conjunto con otras modalidades de entrenamiento, se llegan a utilizar de 15 a 40 contactos únicamente.⁴⁵

Por otro lado, autores como Davies 2015 consideran 50 contactos como un volumen bajo, mientras que más de 200 se consideraría volumen alto; coincidiendo con lo establecido por otros autores que señalan un volumen de 200-400 para atletas de élite. (Watkins 2021).⁴⁵ Inclusive parece ser que programas con menos de 300 saltos son ligeramente más efectivos que aquellos con más de 300.¹

El meta-análisis realizado por Moran (2018) sobre los parámetros programados para una sesión en adultos mayores; hace referencia a que los más efectivos con entrenamiento de saltos son aquellos que abarcan de 1-4 ejercicios, más de 2 series por ejercicio con un máximo de 4, de 3 a 14 saltos siendo 10 un número muy deseable y aquellos que comprenden un volumen por sesión de 25-200 saltos.¹

Por otro lado, en deportistas, los parámetros por sesión se emplean con una combinación de no más de 5 ejercicios, 12 y 15 series y con un volumen de 70 a 100 saltos por sesión parecen ser lo óptimo para maximizar la mejora en la altura del salto vertical. Mientras que para sujetos no deportistas o con niveles normales de salud, 3 ejercicios con un total de 6 a 9 series y en de 70 a 100 saltos por sesión, parece ser la mejor combinación para lograr resultados en la altura de salto vertical.⁶⁵

- Frecuencia:

La frecuencia es el número de sesiones de ejercicio que se realizan durante el ciclo de entrenamiento o rehabilitación y la periodicidad de las mismas, lo cual va de la mano con el volumen.² En cuanto a

ella, se ha reportado una buena eficiencia de entrenamiento con dos intervenciones a la semana en promedio,⁴⁵ lo cual puede verse influenciado o modificado por otras variables. Moran (2018) por su parte, refiere que 3 o más sesiones por semana son igual de efectivas que un poco menos de 3.¹

En deportistas, se sugiere que los parámetros por sesión se emplean con una combinación de 8 a 12 semanas de entrenamiento, con 2 a 3 sesiones semanales; mientras que para sujetos no deportistas o con niveles normales de salud una combinación de 10 a 12 semanas, de 3 a 4 sesiones semanales parecen ser ideales.⁶⁵

Además, la literatura refiere que programas con más de 36 sesiones son tan efectivos como aquellos con una cantidad de sesiones menor a 36; lo que indica que altas cargas de entrenamiento no son necesariamente más benéficas, lo cual es importante a considerar por la intensidad del ejercicio, sobre todo en adultos mayores.¹

- Recuperación

La recuperación es importante para prevenir lesiones, sobreentrenamiento y para determinar el énfasis principal del programa pliométrico. Debido a las intensas demandas del cuerpo con este entrenamiento, pueden ser apropiados períodos de recuperación más prolongados entre series.²

Existe una investigación limitada sobre los tiempos de recuperación óptimos, pero la recuperación entre sesiones de entrenamiento suele ser de 48 a 72 horas en esta modalidad del ejercicio.⁴⁵

Según Van (Roie 2020) el tiempo de recuperación en últimas fases del entrenamiento debe rondar entre los 5 segundos, entre los saltos consecutivos, entre series debería ser mínimo de 1 min, y entre ejercicios al menos 2 min.²⁶

Se ha descrito que la relación trabajo-descanso debería ahondar entre el 1: 5 a 1:10 para estar seguro que la intensidad y la ejecución adecuada del movimiento son preservadas. Algunos autores por su parte, sugieren de 1 a 5 minutos de descanso entre series, dependiendo de la intensidad y el volumen del entrenamiento.⁶⁴

- Especificidad

Este parámetro en un programa pliométrico, debe considerarse y diseñarse para mejorar los objetivos específicos del programa y puede incluir movimientos, velocidades angulares, cargas, demandas metabólicas, etc.²

2.3.3.3 Progresión de la pliometría

Los ejercicios pliométricos deben integrarse en la totalidad del programa de rehabilitación o acondicionamiento (Watkins 2021).⁴⁵ Una forma de diseñar el programa es a través de la aplicación mediante el modelo de periodización que hace progresivo el entrenamiento siempre priorizando la calidad ante la cantidad.²

El entrenamiento periodizado, es definido como un programa de entrenamiento con una manipulación planeada de las variables del mismo (carga, series y repeticiones), utilizando siempre, los principios de progresión y sobrecarga, con el fin de maximizar las adaptaciones al entrenamiento y prevenir el síndrome de desentrenamiento.⁶⁶

Es importante recordar que hoy en día, no existe consenso en la literatura publicada sobre los criterios, parámetros, pautas, ejercicios o principios de progresión específicos que deben usarse durante el entrenamiento pliométrico; y que se necesita urgentemente más investigación para establecer la dosis de entrenamiento adecuadas y los ejercicios para optimizar las ganancias en potencia y capacidad funcional, así como para minimizar el riesgo de lesiones.²⁶

Algunos de los parámetros que pueden ser manipulados al designar la progresión de un programa de pliometría para miembro inferior son: sets, frecuencia, intervalos de descanso, intensidad, duración, patrón de movimiento, tipo, peso o resistencia a vencer, posición del paciente, calidad de los patrones de movimiento, partes del cuerpo involucradas en la actividad y fatiga.²

Algunas de las recomendaciones dadas son: que el calentamiento debería tener una duración típica de 8-15 minutos, ser específico, progresivo, de baja intensidad y con movimientos dinámicos que asemejen el gesto a realizar durante la ejecución del programa.⁵⁴

Una pauta extra, es que los ejercicios pliométricos deben ejecutarse buscando una intensidad de entre el 80% y el 100% de la capacidad del individuo;² siempre adaptando el programa a las condiciones propias del paciente y partiendo de sus parámetros basales, puesto que no debemos olvidar que al tener patrones de movimiento rápidos se están reclutando las FT y su proceso neurofisiológico.

Se aconseja que la ejecución de los ejercicios se realice apuntando a llegar a una percepción del esfuerzo de entre 8-10 y que se dosifique, de acuerdo con la tolerancia del paciente, pues serían parámetros equivalentes a los porcentajes ya mencionados en la escala de BORG modificada, ya que estudios como el realizado por

Kieffer (2012),⁶⁷ utilizan esta escala para generar ajustes en el programa de entrenamiento de manera progresiva.

Una consideración importante al entrenar esta modalidad es la necesidad de controlar de cerca la técnica. La adquisición o readquisición de habilidades debe ocurrir para garantizar la seguridad biomecánica. No se debe permitir una técnica incorrecta, ya que puede reforzar los patrones motores defectuosos. La retroalimentación sobre el desempeño o la técnica deficientes se debe dar de manera inmediata y continua, verbal y/o visualmente. Cuando la técnica declina, o comienza a perder calidad, el aplicador debe detener inmediatamente la actividad.²

Los ejercicios pliométricos se encuentran categorizados en: principiante, intermedio y avanzado; su dosificación debería ser progresiva partiendo de los ejercicios que el paciente sea capaz de ejecutar con mayor facilidad, generalmente de intensidad baja a alta, pudiendo comenzar en cadena cerrada o abierta; se recomienda partir de aquellos que se realizan con apoyo bipodal y sin moverse de un lugar progresando con movimientos hacia alguna dirección y pasando de alturas bajas a más altas.⁶⁴

Con base en la fase de descanso, recuperación y reparación posterior a los ejercicios pliométricos de alta intensidad, debería haber un mayor tiempo de recuperación en comparación con otros tipos de ejercicio.² Aunque no existe evidencia con respecto al período de descanso óptimo entre los entrenamientos pliométricos de alta intensidad, los autores recomiendan de 48 a 72 horas de descanso entre sesiones.

2.4 PLIOMETRÍA EN EL ADULTO MAYOR

La locomoción humana rara vez implica movimientos concéntricos puros, sino que suele consistir en acciones musculares multi-articulares excéntrico-concéntricas acopladas rápidamente (CSS por sus siglas en inglés).²⁶

Ha sido sugerido, que el entrenamiento dirigido a la actividad excéntrica muscular, como los saltos, son determinantes para el balance y la estabilidad articular en los adultos mayores. Trabajos previos experimentales han demostrado que el entrenamiento con salto mejora ampliamente la capacidad de la parte inferior del cuerpo de producir fuerza excéntrica en comparación del entrenamiento tradicional de resistencia, el cual induce comúnmente solo a adaptaciones concéntricas.¹

La rápida transición excéntrico-concéntrica en un movimiento CSS facilita la generación de energía óptima posterior, a través del almacenamiento y reutilización de energía elástica; por lo cual, estos deben parecerse más a la función diaria que al entrenamiento de resistencia tradicional, que principalmente desarrolla la capacidad de producción de fuerza en general.²⁶

Este, es un argumento importante para el uso del entrenamiento pliométrico, que se dirige específicamente a la CSS de múltiples articulaciones en adultos mayores, especialmente considerando que la utilización de energía elástica se deteriora gradualmente, debido a cambios neuronales y estructurales en los músculos envejecidos.²⁶

Aunque la pliometría fue originalmente utilizada en el entrenamiento de atletas para promover el salto, agilidad, fuerza máxima y rápida, estos mismos efectos pueden ser benéficos para los adultos mayores, pues ha sido empleada con éxito en poblaciones geriátricas, reportando mejoras en fuerza muscular, densidad ósea, estabilidad postural, salto y desempeño físico.³

Debido a las múltiples y retadoras pautas, y a la dificultad de los adultos mayores para conocerlas, el ejercicio pliométrico no es típicamente prescrito como actividad física en poblaciones ancianas.⁴

A sí mismo, ha sido discutido y comentado que la alta intensidad en el ejercicio no es algo que deba ser temido. El envejecimiento está asociado con una disminución en el tamaño de la fibra tipo II y su capacidad de activación, lo que resulta en una disminución de la fuerza y la producción de potencia. Para entrenar este tipo de fibras, se necesitan grandes esfuerzos, ya sea mediante el uso de cargas relativamente altas (como en el entrenamiento de fuerza), realizando ejercicios a alta velocidad (como en la pliometría) o el entrenamiento hasta un fallo momentáneo.²⁶

Aunque saltar no es una actividad que los adultos mayores realicen con regularidad, la incapacidad para saltar se relaciona con una peor percepción propia de salud, más comorbilidades, peor funcionamiento cognitivo, más limitaciones en las actividades de la vida diaria y mayor incidencia de caídas.⁶⁸

Sin embargo, y aunque se respalda los beneficios que este ejercicio aporta, solo un reducido número de estudios han investigado sus efectos en la potencia muscular de los adultos mayores (Moran 2018), posiblemente, debido a que no es un ejercicio típico en esta población, sumado a los estándares de alta capacidad física que suelen manejarse como requerimiento previo.⁴

Además, el conocimiento sobre eventos adversos potenciales por el entrenamiento de alto impacto en la población geriátrica es limitado, ya que los artículos a menudo no comentan sobre su viabilidad ni lesiones asociadas.²⁶ Por otro lado, este modo de entrenamiento, puede ser difícil de aplicar a dicha población por la complejidad y demanda de su ejecución al requerir un gran control neuromuscular y un nivel sustancial de fuerza.⁴

Mientras que el entrenamiento pliométrico alternativo con máquinas, diseñadas para limitar el impacto de la fase de aterrizaje podrían considerarse una modalidad más segura para los adultos mayores, un estudio señaló que los eventos adversos ocurridos durante el mismo parecen no ser resultado de un alto impacto durante el aterrizaje, considerando incluso difícil comparar sus resultados con hallazgos de otros autores en entrenamiento de potencia basado en máquinas.²⁶

Ambos, tanto el entrenamiento de pliometría como el entrenamiento de potencia en máquinas, mejoran la potencia y el desempeño funcional en adultos mayores que antes no estaban acostumbrados a un entrenamiento sistemático, y aunque los mecanismos detrás de estas mejorías son muy probablemente específicos del modo de entrenamiento, no se puede afirmar que un método es mejor que el otro.²⁶

Mientras que las mejoras neuromusculares debido al entrenamiento de potencia basado en máquinas se pueden atribuir principalmente a la mejora del impulso neuronal voluntario, el entrenamiento pliométrico parece resultar en una mejora en el uso de las ventajas proporcionadas por el SCC.⁶⁹ Ambos aspectos como ya se ha mencionado, son vulnerables al deterioro relacionado con la edad.

En cuanto a la mejoría en el desempeño del salto con el ejercicio pliométrico Hoffren-Mikkola- et al. (2015), demostraron que se alcanza con longitudes operacionales más cortas del gastrocnemio y, por lo tanto, mayor rigidez del fascículo logrando así, un mejor uso del tendón.⁷⁰

Además, Piirainen et al (2014). reportó que no hay incremento en la actividad muscular del tríceps sural durante pruebas isométricas explosivas después del ejercicio pliométrico, lo que sugiere que otros mecanismos, aparte del impulso voluntario mejorado (improved voluntary drive) como un incremento en el uso de la energía elástica y/o actividad refleja de estiramiento, podrían ser las responsables de mejorar el rendimiento en el salto.⁶⁹

Cabe señalar que la relación entre la potencia muscular y el rendimiento funcional es curvilínea y directamente proporcional, sin embargo, por encima de un cierto nivel de potencia muscular de referencia, parece ser que futuros aumentos en la potencia, no conducen a mayores aumentos en los parámetros generalmente evaluados para registrar el rendimiento funcional, por ejemplo, la capacidad STS (sit to stand test).²⁶

Sin embargo, en lugar de cuestionar el efecto benéfico de la pliometría sobre el rendimiento funcional, puede ser necesario cuestionar si, los test de desempeño funcional tradicionales, son lo suficientemente sensibles como para captar cambios en los adultos mayores con buen funcionamiento. Saltar es, por ejemplo, una medida más sensible del rendimiento energético que levantarse de la silla.²⁶

Aunque el estándar de oro para la cuantificación de la potencia muscular por el ciclo acortamiento estiramiento en el miembro inferior es utilizar una placa de medición de fuerza, es un método caro, por ende, ha sido sugerido que el test de salto vertical de altura máxima se use como una medida indirecta para evaluar la potencia muscular de las extremidades inferiores, más allá de otros test para medir la capacidad funcional como el time up and go.⁷¹

Con respecto al músculo y sus cambios arquitectónicos, se ha demostrado que 6 semanas de entrenamiento pliométrico en el adulto mayor, dan como resultado un aumento en el grosor muscular, la longitud del fascículo y el ángulo de penación, lo que posiblemente contribuye también, a los cambios observados en la potencia.⁵

Incluso hablando de una variable específica del entrenamiento, se ha encontrado que, si se ejecutan ejercicios pliométricos utilizando cajas, las alturas de 20 a 30 cm son factibles para saltos escalonados en hombres mayores, pero alturas más grandes, pueden resultar en más casos de dolor de rodilla debido a los ángulos desfavorables de la articulación.²⁶

2.4.1 Pliometría frente al entrenamiento convencional de fuerza

El ejercicio de fuerza, ha sido ampliamente reconocido como una estrategia eficaz para mejorar la masa muscular, la fuerza persé y el rendimiento funcional en adultos mayores, y aunque los beneficios del entrenamiento ya mencionado están bien documentados, se han reportado mejoras limitadas en la potencia y la ratio de producción de fuerza cuando los ejercicios se realizan típicamente a velocidades lentas y controladas.^{72, 73}

La pliometría por su parte, es benéfica sobre el entrenamiento de fuerza tradicional para mejorar la potencia muscular, la ratio de producción de fuerza y el rendimiento al saltar y subir escaleras, sin comprometer las ganancias en fuerza muscular, coincidiendo en un aumento de la producción de potencia concéntrica (Ppeak and RPD) y la reducción del tiempo de contracción excéntrica; también se demostró que es igual de efectiva que el entrenamiento de fuerza para aumentar el 1 RM, e incluso puede tener efectos similares en la hipertrófia, sin embargo, pese a los beneficios el riesgo de lesiones podría ser mayor en la pliometría, sobre todo si los parámetros de dosificación y criterios para su aplicación no son usados a conciencia y por personas capacitadas.^{26,74}

Como se mencionó anteriormente y respaldado por conocimientos y pautas de ejercicio recientes, existen argumentos importantes para justificar la inclusión del entrenamiento de la fuerza explosiva en el adulto mayor.²⁶

2.5 PLIOMETRÍA Y EL MEDIO ACUÁTICO

2.5.1 Bases de la terapia acuática

La hidroterapia es: la aplicación del agua para el tratamiento de las disfunciones físicas o psicológicas, puede ser aplicada de manera externa por inmersión parcial o total corporal o sin inmersión rociando o vertiendo agua sobre el cuerpo.⁷⁵ Así mismo y de manera general, se puede asegurar que se presentan beneficios a nivel psicológico e incluso entre los sistemas corporales: cardiovascular, respiratorio, nervioso, musculoesquelético, gastrointestinal, genito-urinario, hematológico, inmunológico endócrino, hormonal, visual y tegumentario.⁷⁶

Los efectos biológicos de la inmersión en agua están relacionados a los principios de la hidrodinámica, los cuales pueden ser benéficos de acuerdo con el contexto en el que se emplee este medio para la actividad física, especialmente cuando se utilizan como contrapeso para la gravedad, como resistencia, medio compresor y conducción de temperatura; siendo los más socorridos por la hidroterapia.^{75, 77}

- Calor específico y conductividad térmica

El agua puede transferir calor por conducción y convección, el calor específico del agua (retención de energía térmica) es de aproximadamente 4 veces el del aire, y su conductividad (la velocidad con la que transfiere energía) de 25 veces más en promedio; a lo anterior se suman los efectos propios de la termoterapia como parte de los beneficios que brinda su uso;⁷⁵ por ejemplo, un ambiente acuático cálido de entre 30-34.5° ofrece relajación muscular y brinda confort.⁷⁸

- Presión hidrostática

Es aquella que ejerce un líquido sobre un cuerpo sumergido en el mismo, y partiendo de la ley de Pascal, el agua tiene una presión de 0,73 milímetros de mercurio por centímetro de profundidad (principio que influye en los efectos cardiovasculares).⁷⁵

De hecho, esta fuerza crea el empuje hacia arriba que conocemos como flotabilidad y aplica compresión sobre las articulaciones, músculos y tejidos blandos, facilitando la reducción de la inflamación, el drenaje linfático y otros efectos sobre el sistema cardiopulmonar, así como la disminución en la sensibilidad nociceptiva y por lo tanto el dolor.^{78, 79}

- Flotabilidad (dada por la densidad)

Es una fuerza que se experimenta como un empuje sobre el cuerpo en sentido opuesto a la fuerza de gravedad que, de acuerdo con el principio de Arquímedes, depende de la densidad tanto del cuerpo como la del fluido, si la del cuerpo es menor flotará. La inmersión reduce el estrés y

compresión articular, así como a disminuir el peso corporal.⁷⁵ (Cameron 2013) Además de permitir hacer ejercicios de alta intensidad con bajo impacto articular y gran confort para el individuo.⁷⁷

La densidad de un líquido suele ser altamente estable y varía muy poco con cambios en la presión y temperatura, en el caso de agua dulce a 1 atmósfera de presión y 4° centígrados es de 1000 kilogramos/metros³ (kg/m³) y el de una persona en promedio es de 950 kg/m³.⁷⁷

El índice de masa corporal (IMC) de una persona, específicamente el tejido adiposo frente a la masa muscular es el principal factor determinante del grado en que una persona se hunde o flota. La masa muscular tiene mayor densidad lo que hace que se hunda, mientras que sucede a la inversa con el tejido graso.⁷⁹

En cuanto al peso corporal, cuanto mayor sea la profundidad de inmersión, menor será el efecto de la gravedad sobre el mismo, de manera general se ha descrito que puede llegar a haber una reducción de hasta de un 40%-50% con inmersión entre la sínfisis del pubis y el ombligo, 60%-75% a la altura del pecho y el apéndice xifoides y 85%- 90% entre los hombros y el cuello, variando por el género y el somatotipo.^{77,79}

- Resistencia

La viscosidad del agua, es la resistencia a modo de fricción creada por la cohesión molecular de los fluidos al movimiento de un cuerpo sumergido en ella (resistencia hidrodinámica), la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad relativa del movimiento del mismo y de la superficie frontal de las partes del cuerpo en contacto con el líquido; así mismo puede llegar a ser nula en reposo (lo que proporciona seguridad) o aumentar rápidamente a la actividad (brindando un entorno eficaz para entrenar).^{75, 78, 80}

La viscosidad del agua es 15 veces mayor a la del aire y hace que al caminar en el medio, con el agua a la altura de los hombros, se requiera un esfuerzo 65% mayor que al realizarlo en tierra; gracias a esta propiedad y a la flotabilidad, esta sustancia también facilita la prevención de caídas en individuos con poca capacidad de equilibrio y favorece el entrenamiento de fuerza.^{78, 80}

En cuanto a los programas de ejercicio acuáticos, estos utilizan los mismos principios y beneficios de los realizados en tierra, simplemente la alberca se convierte en el medio a ejecutar la actividad y por ende esta se ve influenciada por las características propias del medio permitiendo estimular la flexibilidad, fuerza, equilibrio, coordinación, postura, conciencia, movimiento, velocidad y resistencia.⁷⁸

Ha sido descrito que en ejercicios con movimientos horizontales a sub-máxima velocidad y con una inmersión poco profunda, la actividad metabólica y muscular son mayores que al realizarlos a ras de piso; por el contrario, cuando es un movimiento vertical o estático las respuestas sistémicas son menores por la

flotabilidad. Sin embargo, cuando el ejercicio es ejecutado a altas velocidades, el costo metabólico y la actividad neuromuscular son muy similares o incluso mayores de lo que serían en tierra, esto debido a que la flotabilidad es contrarrestada por la resistencia del agua favoreciendo así a la pliometría.⁷⁷

No debe ser olvidado, que la terapia acuática encuentra contraindicaciones propias para su uso en: personas con miedo al agua, deterioro de la conciencia, heridas abiertas, infecciones que puedan propagarse por el medio, trastornos de la vejiga o el intestino como la incontinencia no controlada, algunas enfermedades de la piel, fiebre alta, epilepsia, angina inestable, insuficiencia cardiaca congestiva con fracción de eyección baja sintomática, ectopia de alto grado frecuente o válvula aórtica o mitral significativa etc.⁸¹

Así mismo, la hidroterapia encuentra precauciones para su uso en: el embarazo, la esclerosis múltiple, regulación térmica inadecuada, alteraciones de la sensibilidad, deterioro o alteraciones cognitivas, presencia de algunos fármacos, problemas respiratorios, movilidad limitada, ingesta de sustancias como el alcohol entre otras más.⁷⁵

2.5.2 Efectos y beneficios de la pliometría ejecutada en agua

De manera general, se asocia a la pliometría en agua con una reducción de arriba del 40% de la fuerza de impacto o de reacción del suelo (GFC por sus siglas en inglés).^{77, 82} Aunado a lo anterior, la flotabilidad en el agua permite el movimiento sin la fuerza gravitacional extra en las articulaciones y brinda apoyo y libertad para el movimiento, reduciendo además el riesgo de caídas, atenuando el estrés mecánico y de lesión. Específicamente, la inmersión en agua puede reducir la demanda de la carga de peso corporal entre un 50-70% en promedio en comparación con la tierra seca.⁶⁷

La evidencia indica, que se han llevado a cabo programas con ejercicios pliométricos en tanque terapéutico igual de efectivos que los realizados en tierra firme con atletas y personas jóvenes, aportando, además, otros beneficios propios del medio acuático como: la sensación de bienestar que propicia, la reducción de cargas de peso y la seguridad al reducir el riesgo de lesión musculoesquelética.³

Aunado a lo anterior, se ha descrito que el entrenamiento pliométrico en agua comparado contra el realizado en suelo firme, tiene un incremento similar de la altura y velocidad en el salto vertical, fuerza máxima y explosiva, por lo que sus potenciales beneficios son similares a los de su contraparte en tierra.³ Sin embargo, debe recalcarse la necesidad de ser utilizada una intensidad similar a la usada en el entrenamiento a ras de piso para asegurar un trabajo efectivo, sin olvidar hacer énfasis en el cuidado del gesto técnico.⁷⁷

Incluso se ha afirmado que en adultos mayores, el ejercicio en agua es tan efectivo como el realizado en tierra para mejorar la funcionalidad, con mejoras estadísticamente significativas en fuerza muscular, resistencia balance, flexibilidad y capacidad aeróbica.^{1, 3-5, 16, 83}

En el año 2012 KIEFFER et al. realizó un estudio comparativo entre ejercicio realizado en ambiente acuático contra tierra firme que involucró ejercicios de resistencia, ejercicios funcionales y ejercicios pliométricos de baja intensidad aplicados progresando la intensidad entre el 6-20 en la escala de percepción del esfuerzo de BORG en pacientes con edad promedio de 79.6 ± 10.1 por 16 sesiones de 30-40 minutos, teniendo como resultados una mejora significativa en la funcionalidad para el realizado en agua.⁶⁷

Sin embargo, a pesar de las claras reducciones en las fuerzas de impacto al aterrizaje, el grado de desarrollo de fuerza excéntrica y el impulso, el nivel de su atenuación, muestra variaciones sustanciales a nivel individual dependiendo de las condiciones del tanque (como la profundidad del agua) y propias del paciente, (como la composición corporal, el peso del paciente y la técnica de aterrizaje).⁸²

Con base en lo anterior se recomienda que la altura total del agua alcance el apéndice xifoides del paciente donde el porcentaje de pérdida de peso que se tiene por el agua es del 28% al 35% en promedio dependiendo del sexo y las características de la persona. Así mismo la pérdida de peso aumenta al realizar actividades y puede haber un incremento en la velocidad del movimiento.⁸²

Un dato más a considerar, es la forma de hacer progresiva la pliometría en agua, para lo cual se puede controlar (más allá de los parámetros antes mencionados sobre dosificación del ejercicio) la profundidad de inmersión y el grado de descarga al utilizar una piscina con suelo inclinado, inclusive, se puede utilizar algún tipo de flotador, modificando el centro y nivel de flotación.⁷⁷

Cabe mencionar que entorno acuático es altamente recomendable para promover el desempeño neuromuscular asociado con la fase de amortiguación o salto y la producción de potencia durante la propulsión del cuerpo; así mismo, se ha dicho que a comparación de su aplicación en tierra, el entrenamiento con salto presenta tiempos de reducción de peso más largos y de propulsión más cortos al realizarlo con inmersión a la altura del pecho.¹⁶

Tan solo estos resultados postulan al entrenamiento pliométrico acuático como un método de entrenamiento alternativo y más seguro en comparación al realizado en tierra para el adulto; ya que los ejercicios en agua, enfatizando los saltos, son específicamente apropiados para el envejecimiento, pues se ha descrito que la potencia mecánica producida al brincar es mayor en agua que en tierra para la población geriátrica.^{3, 16, 84}

CAPÍTULO 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque una creciente cantidad de evidencia apoya el uso de pliométricos para mejorar la fuerza muscular y respalda sus potenciales beneficios, se ha encontrado que existe muy poca investigación sobre su uso con adultos mayores.⁶³

Este modo de entrenamiento puede ser difícil de aplicar a esta población por la complejidad y demanda de su ejecución al requieren un gran control neuromuscular y un nivel sustancial de fuerza;⁴ además, se habla de la aptitud física previa que requiere tener aquella persona que ejecutará este tipo de ejercicio.⁴

Así mismo, se ha discutido que competencias básicas de movimiento son suficientes antes de introducir ejercicios pliométricos simples dentro de un programa de entrenamiento para adultos mayores, pues se ha demostrado, que han sido bien utilizados en adultos con una edad promedio de 79.4 años sin presentar lesiones u otros eventos adversos.⁶³

Debido a las múltiples y retadoras pautas, y a la dificultad de los adultos mayores para conocerlas, el ejercicio pliométrico no es típicamente prescrito como actividad física en poblaciones ancianas.⁴

CAPÍTULO 4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál sería una propuesta de tratamiento con pliometría en agua con base en la evidencia reportada en la literatura científica para favorecer la fuerza y funcionalidad del adulto mayor?

CAPÍTULO 5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Establecer una propuesta de tratamiento con pliometría en agua con base en la evidencia reportada en la literatura científica para favorecer la fuerza y funcionalidad del adulto mayor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y analizar los parámetros de dosificación del entrenamiento pliométrico en tanque y en tierra para mejorar la fuerza y agilidad en el adulto mayor
- Reportar los resultados para la fuerza y funcionalidad de los programas de entrenamiento pliométrico en tierra y/o en agua en el adulto mayor
- Determinar los parámetros para un programa de entrenamiento pliométrico en tanque terapéutico para adultos mayores con base a los resultados de la revisión

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO

Se realizó una revisión sistemática, cualitativa, de diseño transversal de la literatura científica disponible, siguiendo los lineamientos del *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (ver anexo 1) para consultar los parámetros de dosificación en los programas de pliometría aplicados en adultos mayores de manera convencional (tierra) y en el medio acuático con la finalidad de generar una propuesta de ejercicios pliométricos mediante tanque terapéutico en el adulto mayor.

6.2 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Criterios de Inclusión:

Se incluyeron publicaciones en los idiomas inglés y español, publicados entre los años 2019 y 2021, con diseño metodológico de tipo ensayos clínicos y estudios clínicos aleatorizados (ECA), con poblaciones de mayores de 60 años, que manejen intervenciones que incluyan pliometría tanto en tierra como en agua enfocados a mejorar la fuerza y funcionalidad de manera independiente o comparativa con otras intervenciones, que describieran los parámetros de dosificación.

Criterios de Exclusión:

Se excluyeron aquellos artículos de la revisión que al registrarse estuvieran repetidos, que no fuesen de libre acceso o que el texto no estuviese disponible; que cuyos diseños metodológicos fuesen estudios de casos, estudios observacionales, otras revisiones sistemáticas y meta-análisis y aquellos en que la población de estudio presentara patologías.

6.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Se realizó una búsqueda electrónica de artículos científicos dentro de las plataformas: PEDdro, PubMed, ScienceDirect y Google Académico; considerando toda la bibliografía existente desde enero 2019 hasta enero 2021.

6.4 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Para llevar a cabo este proceso, se emplearon los siguientes términos libres en las bases de datos mencionadas: "*stretch-shortening cycle*", "*power training*", "*high-velocity training*", "*explosive training*", "*high speed resistance training*", "*jump training*" y los términos Mesh "*plyometric*" y "*older adult*". Lo anterior, se realizó en conjunto con los operadores booleanos: AND y OR.

Específicamente, en cada base de datos se llevó a cabo la búsqueda de la siguiente manera:

1. PEDro
 - a. Filtros: "*abstract and title*" y "*published since 2019-31/01/2021*"
 - b. "*Older adult*" AND
 - i. "*stretch-shortening cycle*"
 - ii. "*Power training*"
 - iii. *high-velocity training*
 - iv. "*explosive training*"
 - v. "*Plyometric*"
 - vi. "*high speed resistance training*"
 - vii. "*jump training*"
2. Google académico
 - a. Filtro: *desde 2019-2021*
 - b. "*Older adult*" AND
 - i. "*stretch-shortening cycle*"
 - ii. "*Power training*"
 - iii. "*high-velocity training*"
 - iv. "*explosive training*"
 - v. "*plyometric*"
 - vi. "*high speed resistance training*"
 - vii. "*Jump training*"
3. Science direct
 - a. Filtros: *2019-2021* y *research articles*

- b. Búsqueda: ("older adult") AND (plyometric OR "stretch-shortening cycle" OR "power training" OR "high-velocity training" OR "explosive training" OR "high speed resistance training" OR "jump training")

4. PubMed

- a. Filtros: 2019-2021, "Clínical trial", "Randomized controlled trial", "english" and "spanish"
- b. Búsqueda: (((((((older adult[Title/Abstract]) AND (stretch-shortening cycle[Title/Abstract])) OR (power training[Title/Abstract])) OR (high-velocity training[Title/Abstract])) OR (explosive training[Title/Abstract])) OR (plyometric[Title/Abstract])) OR (high speed resistance training[Title/Abstract])) OR (jump training[Title/Abstract]))

6.5 SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Para la selección de los artículos, se realizó una búsqueda dentro de las bases de datos correspondientes, cuyos títulos fueron extraídos, registrados y ordenados alfabéticamente en una hoja de cálculo, llevándose a cabo un primer cribado eliminando los artículos duplicados. Posteriormente, se aplicó un segundo filtro por medio de la lectura de títulos, descartando aquellos que no fueran de interés para la revisión. Acto seguido se realizó la lectura del resumen o abstract de cada uno de los artículos restantes, conservando solo los que cumplieran con los criterios de elegibilidad. Por último, se realizó la lectura del texto completo de los artículos restantes, aplicando nuevamente los criterios de elegibilidad y excluyendo aquellos que no los cumplieran para finalmente obtener los textos que se incluirían en la revisión.

6.6 EXTRACCION DE DATOS

Se extrajeron de los estudios el nombre del autor principal, el año, la población del estudio considerando su edad y estado de salud (sanos) así como el número de participantes en cada artículo. Dada la aplicación en agua o tierra, se retomaron los parámetros de dosificación en cada uno de estos medios como: frecuencia, volumen, intensidad, duración de la intervención, profundidad de inmersión, velocidad de ejecución; a su vez se retomaron los tipos de ejercicios con los que se combinó la pliometría en caso de existir intervenciones multimodales. Por último, se extrajeron los resultados de los estudios incluyendo lo señalado por las variables de medición que cada estudio utilizó para los parámetros de fuerza y funcionalidad.

6.7 LISTA DE DATOS

Las medidas de resultados sujetas a análisis son:

- Fuerza: dentro de la actividad física, es definida como la habilidad para ejercer fuerza contra una resistencia; basado en la física y las leyes de Newton, se define como el producto de masa por aceleración, siendo un factor primordial para producir movimiento efectivo y eficiente.⁸⁵

Dentro de las variables que miden la fuerza encontramos:

- Test de fuerza explosiva: que se mide acorde a la altura máxima alcanzada en salto vertical con 3 variables:⁸⁶
 - Squat jump (sentadilla con salto): la posición inicial es con las rodillas a 90° de flexión con manos en la cadera y se da un salto vertical
 - Contermovement jump (salto vertical con contramovimiento): la posición inicial es de pie con extensión completa de rodillas y manos a la cadera, la persona flexiona y alcanza los 90° de flexión e inmediatamente se salta verticalmente
 - Countermovement jump with arm swing (salto vertical con contramovimiento con balanceo de brazos): la posición inicial es de pie con extensión completa de rodillas, la persona flexiona y alcanza los 90° de flexión e inmediatamente se salta verticalmente y se utilizan los brazos levantándolos para alcanzar la máxima altura posible.
- Tensiomyography (tensiomiografía):⁸⁷
 - Método de evaluación en el que un sensor de desplazamiento digital es colocado sobre el vientre muscular a examinar en disposición transversal respecto al desplazamiento durante una contracción dada por un estímulo eléctrico de intensidad controlada.
- EME: electromechanical efficiency (eficiencia electromecánica):⁸⁷
 - Disociación entre eventos electromiograficos y tensiomiograficos a través de la aplicación de un impulso eléctrico máximo.
- DM:⁸⁷
 - Deformación muscular o desplazamiento del vientre muscular sufrido al ejecutar un movimiento o ejercicio.
- Leg press 1RM (prensa de piernas 1 repetición máxima):²⁶
 - Carga máxima en (kg) que puede ser levantada una vez, en este caso, realizada en una prensa de piernas lineal donde se evalúa una extensión en su máximo rango desde una flexión de rodilla de 90° y cadera de 65° con un periodo de descanso de 1 a 5 min entre repeticiones.

- Leg extensor isometric, MVC maximum voluntary contraction (máxima contracción voluntaria isométrica de extensión de piernas):²⁶
 - Prueba en la que se realiza una contracción isométrica de fuerza máxima sostenida de 3 segundos aplicada al realizar una extensión de rodilla- cadera desde la posición de 90° y 70 ° respectivamente en un aparato de trineo o “sledge apparatus”.
 - RFD: rate of force development (ratio de desarrollo de fuerza):²⁶
 - Relación lineal de la curva fuerza-tiempo medida desde el inicio de movimiento hasta 100 ms.
 - Drop jump:²⁶
 - Evaluación de 3 saltos máximos continuos con caída, donde el segundo y tercer salto define el rendimiento máximo, la potencia instantánea se calculó como el producto de la fuerza y la velocidad. Los parámetros utilizados fueron: tiempo excéntrico, tiempo concéntrico e índice de fuerza.
 - nRM (número de repeticiones máximas)⁹³
 - Se explora la cantidad de repeticiones que puede ejecutar el sujeto hasta llegar al fallo.
 - Velocidad de ejecución⁹³
 - Relacionado al 1RM y a la velocidad con la que se ejecutan los levantamientos para cuya medición, usualmente se utilizan dispositivos electrónicos.
- Funcionalidad: acorde a la Organización Mundial de la Salud “WHO” por sus siglas en inglés, la funcionalidad incluye habilidades mentales y físicas, el entorno donde las personas viven y la manera que interactúan con él. Así pues, la independencia funcional es esencial para los adultos mayores para mantenerse sanos y prevenir posibles adversidades durante el proceso de envejecimiento. Dicha capacidad debe ser medida utilizando instrumentos que evalúen: las habilidades intrínsecas (físicas y mentales) de las personas, su entorno y la interacción entre ambos.⁸⁸

Así pues, las siguientes variables evalúan la funcionalidad:

- Test de marcha de los 6 metros:⁸⁶
 - Se caminan 6 metros 3 veces a la velocidad normal de cada persona, se utiliza una grabación para analizar su marcha, lo cual brinda información sobre la fuerza máxima de apoyo de talón, doble máxima fuerza de soporte (por cada talón), fuerza máxima de despegue de punta con el centro de masa (COM) y el centro de presión (COP) mediante el uso de software.
- Take-off velocity:⁸⁷

- Es la velocidad de despegue al dar un salto
- 6MWT 6: minutes walk test (caminata de los 6 minutos)⁸⁹
 - Consiste en caminar tan rápido como sea posible en 6 minutos a través de una distancia de 20 metros de corrido y la distancia final obtenida se medirá en metros. Existen ya una serie de instrucciones estandarizadas para su aplicación
- 10m fast walk (caminata rápida de los 10 metros):²⁶
 - Se le pide al participante caminar tan rápido como sea posible en línea recta una distancia de 10 metros y se registra el tiempo
- 5xSTS: 5-repetition sit-to stand test (prueba de parado a sentado de 5 repeticiones):²⁶
 - El ejecutante deberá hacer 5 ciclos de pararse y sentarse tan rápido como sea posible con los brazos cruzados en el pecho y el resultado se obtiene en segundos.
- 6-step SA: 6-step stair ascent test (prueba de ascenso de 6 escalones)²⁶
 - Se sube un tramo de 6 escalones lo más rápido posible sin usar el pasamanos, registrándose el tiempo de ejecución
- FFT: Functional fitness test (test de aptitud funcional): consiste en 6 items y cuyos scores varían según los rangos de edad:⁹⁰
 - Fuerza de miembros inferiores (30-second chair stand):
Consiste en contar el número de veces en 30 segundos que una persona puede levantarse a una posición de bipedestación desde la sedestación sin empujar con los brazos
 - Fuerza de miembros superiores (arm curl):
Consiste en hacer un curl de bíceps dentro de un rango completo de movimiento por 30 segundos y contar la cantidad de repeticiones realizadas con un peso en la mano de 5 libras para las mujeres y 8 para hombres. La posición del antebrazo parte de una posición prona y durante la flexión de codo pasa a supinación
 - Flexibilidad de miembros inferiores (chair sit and reach):
Los participantes se sientan en el límite frontal de una silla y extienden una pierna más allá de la cadera con el pie flexionado y el talón sobre el piso, el objetivo es llegar lo más lejos posible o pasar los dedos del pie
 - Flexibilidad de miembro superior específicamente del hombro (Back scratch): es una modificación del test de Apley, envuelve una combinación de abducción, aducción, rotación interna y externa de hombro buscando que ambos dedos mediso de la mano se toquen detrás de la espalda
 - Agilidad/equilibrio dinámico (8-foot Up-and-Go):
Que consiste en levantarse de una silla, caminar 8 pies, darle vuelta a un cono u otro marcador de la distancia y regresar a la silla en el menor tiempo posible
 - Resistencia aeróbica (2 minute step test):
Es una alternativa a la caminata de los 6 minutos; en 2 minutos, el individuo debe permanecer en su lugar levantando las rodillas a una altura media entre la cresta iliaca y la patela midiendo la cantidad de pasos dada en ese tiempo.

6.8 CALIDAD METODOLÓGICA

Una evaluación metodológica fue realizada por el autor de esta revisión, con la finalidad de evaluar la calidad de los artículos utilizados, para ello, se utilizó la escala de la base de datos PEDro, la cual se conforma por 11 ítems que evalúan la calidad científica valorando los siguientes puntos: 1.-criterios de selección especificados, 2.-asignación aleatoria de los sujetos, 3.-asignación oculta de los sujetos, 4.-homogeneidad inicial de grupos, 5.-cegamiento de los sujetos, 6.-cegamiento de los terapeutas, 7.-cegamiento de los evaluadores, 8.-resultados de más del 85% de los sujetos iniciales, 9.-resultados de todos los sujetos por intensión de tratamiento, 10.-comparaciones estadísticas entre grupos, y 11.-medidas puntuales y medidas de variabilidad para al menos un resultado clave.

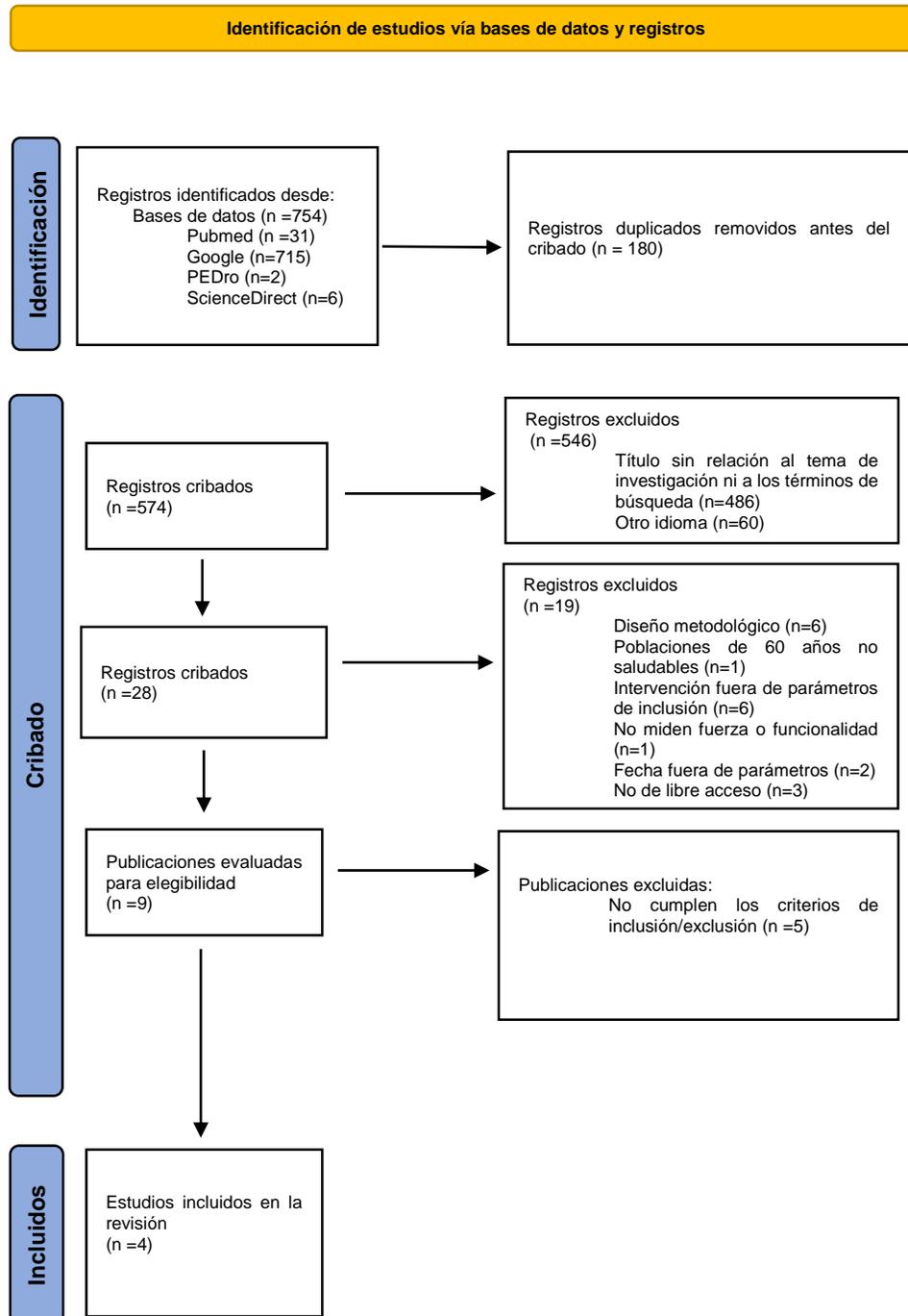
Sin embargo, se debe resaltar que el primer ítem: criterios de selección especificados, no se utiliza para el cálculo de la puntuación de la escala, ya que se relaciona con la validez externa (aplicabilidad del ensayo) para completar la lista Delphi (metodología utilizada en la investigación) por lo cual, se excluye del cálculo para la puntuación. Los ítems se califican como (+) =1 o (-) = 0, recordando que se otorga un valor positivo solo si el criterio se cumple claramente, siendo el resultado máximo de 10 puntos. Considerando el nivel de evidencia según el resultado se dictamina como: <4: pobre; 4-5: aceptable; 6-8: bueno y 9-10 excelente.⁹²

CAPÍTULO 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 SELECCIÓN DE ESTUDIOS

La selección de los artículos se llevó a cabo de la siguiente manera: en primera instancia, se realizó la búsqueda dentro de las bases de datos correspondientes resultando en la identificación de 754 artículos, cuyos títulos fueron extraídos, registrados y ordenados alfabéticamente en una hoja de cálculo con la finalidad de identificar aquellos que se encontrasen duplicados para en esa misma instancia ser descartados, eliminando 180 y quedando un total de 574. Acto seguido, se filtró y eliminó todo texto que, según el título de cada uno, no resultara de interés para la revisión, excluyendo 546 y conservando 28 artículos. Posteriormente se procedió a la lectura del resumen o abstract de cada uno, eliminando 19 y conservando solo los que cumplieran con los criterios de elegibilidad quedando un total de 9 artículos. Por último, se realizó la lectura del texto completo, eliminando 5 documentos que no cumplieron con los criterios de inclusión y conservando un total de 4 artículos, los cuales formarían parte de esta revisión.

7.2 SELECCIÓN CON BASE AL DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA



7.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS, TABLA DE RESULTADOS

En conjunto, los 4 textos reportados en esta revisión registrados en la tabla 2, fueron publicados entre los años 2019 y 2020, con 203 participantes divididos en cuatro grupos: el primero de 60 mujeres de 64.08 años \pm 3.98 físicamente activas y funcionales, un segundo y un tercero con 80 mujeres \geq 65 y con 23 adultos mayores de 66.7 años \pm 5.2 respectivamente, ambos físicamente activos y sanos y un cuarto y último con 40 varones de 69.5 años \pm 3.9.

El total de los sujetos de los artículos se encontraron distribuidos en varios grupos; en cuanto a los grupos control, el primero, contó con 12 integrantes femeninas que realizaron actividades recreacionales supervisadas como nado y aerobics, el segundo (CG), con 20 sujetos femeninos que no realizó actividad física y un tercero conformado por 12 varones que en este caso realizaron ejercicio con peso corporal, equilibrio y coordinación; en cuanto al artículo escrito por Van Roie E, et al. 2020, este último no incluyó grupo control.

En cuanto a los grupos experimentales con pliometría: el primero fue conformado por 11 participantes femeninas que realizaron rutinas con saltos progresivos en cuanto a su dificultad, el segundo (PG) de 20 mujeres con entrenamiento de potencia, un tercero con aplicación a 11 individuos y el cuarto, integrado por 14 sujetos, ambos grupos compuestos por varones.

Por otra parte, los estudios realizados por Monteiro A, et al. 2019 y Van Roie E, et al. 2020 incluyeron 2 grupos experimentales más cada uno, que se distribuyen de la siguiente manera: el primero con 20 participantes femeninos que realizaron entrenamiento multi-componente (MG), el segundo con 14 varones que realizaron caminata, y los últimos, uno conformado por 20 mujeres (RG) y el otro por 12 hombres, realizaron ejercicios de fuerza.

En lo general, los estudios utilizaron diferentes medidas de resultados entre las cuales se encuentran: el test explosive strength test, squat jump test, drop jump test, salto a contramovimiento con y sin movimiento de brazos, tensiomiografía, eficiencia electromecánica con deformación muscular, press de pierna 1RM, máxima contracción isométrica voluntaria de extensión de piernas, ratio de desarrollo de fuerza para la fuerza; y la caminata de los 6 minutos, la prueba de aptitud funcional (functional fitness test), velocidad de despegue, caminata rápida de 10 metros, el test de parado-sentado de 5 repeticiones, y la prueba de ascenso de 6 escalones para la funcionalidad.

Tabla 2 Resultados de los artículos

Artículo	Población	Intervención	Variables	Resultados
Medio Acuático				
Ramírez-Villada J, et al. 2019	60 mujeres activas en lo clínico y funcional, capaces de hacer ejercicio. Edad: 64.08 \pm 3.98 CG: n=12 EG: n=11	EG: Rutinas con saltos, con acciones por nivel de dificultad: • A: saltos básicos con el apoyo y coordinación de ambas extremidades inferiores y superiores,	Fuerza: • Explosive strength test ○ (SJ) ○ (CJ) ○ CJ with arm swing Funcionalidad:	Cambios en fuerza explosiva y potencia (EG vs CG; $p=0.05-001$) Cambios en los parámetros de la

		<p>en el sitio o con desplazamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> B: apoyo unipodal en coordinación con miembros superiores, obstáculos inferiores a 10 cm con o sin desplazamiento C: Apoyo en uno o ambos pies con coordinación limitada de las extremidades superiores; giros y obstáculos combinados o separados con y sin desplazamiento. <p>CG: Actividades recreacionales bajo supervisión; nado y aerobics</p>	<ul style="list-style-type: none"> Caminata de los 6 metros asistida con COM y COP <p>Intervención con pliometría:</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura del agua: 30° Profundidad de piscina: 1.50 m Duración del programa: 8 meses Sesiones por semana: 3 Duración de la sesión: 1 hora Ejercicios: 3 Series por ejercicio 2-3 Repeticiones: 8 Chalecos de peso: 10-30% del peso corporal de la participante Duración de calentamiento: 15 min 	<p>marcha relacionados al COP (EG vs CG; p=0.05-0.001)</p>
Medio Terrestre				
<p>Monteiro A, et al. 2019</p>	<p>80 mujeres físicamente activas y sanas. Edad: ≥65 4 grupos aleatorios: CG: n=20 PG: n=20 RG: n=20 MG: n=20</p>	<p>PG y RG:</p> <ul style="list-style-type: none"> Calentamiento, caminata, bicicleta o remo Ejercicios principales: <ul style="list-style-type: none"> Leg press Leg extensión Leg curl Lat pull down Bench press Arm curl Ejercicios adicionales abdominales 3 sets 15-20 reps <p>MG:</p> <ul style="list-style-type: none"> Calentamiento Ejercicios aeróbicos Ejercicios con bandas de resistencia y pesos libres en circuito <p>CG: Sin actividad física</p>	<p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> FFT <ul style="list-style-type: none"> (30 second chair stand) Arm curl Time up and go Back scratch 2-minute step test Chair sit and Reach <p>Intervención con pliometría:</p> <ul style="list-style-type: none"> Duración del programa: 8 meses Sesiones por semana: 3 en días no consecutivos (lunes, miércoles y viernes) Ejercicios: 6 Series por ejercicio: 3-4 Repeticiones: 3-6 Descanso entre series: 3-5 min Duración de calentamiento: 8-10 minutos, de baja intensidad Percepción del esfuerzo durante ejecución: 12-14 escala de BORG Recuperación; 10 minutos Velocidad de ejecución < 10seg Intensidad de 40% primeras 4 semanas hasta el 60% 1RM 	<p>Cambios positivos e pruebas de flexibilidad en:</p> <ul style="list-style-type: none"> parte superior CG (p = 0,028), MG (p = 0,001), PG (p = 0,002). en parte inferior: MG (p < 0,001), PG (p = 0,003) y grupo de resistencia (p = 0,002); <p>Cambios en resistencia aeróbica solo en grupo de entrenamiento de componentes múltiples (p < 0,001)</p> <p>Cambios en la fuerza</p> <ul style="list-style-type: none"> en cuerpo superior en MG (p = 0,005), grupo de potencia (p = 0,008) y grupo de fuerza (p = 0,007) en cuerpo inferior en grupo de entrenamiento

				de componentes múltiples ($p = 0,045$) y grupo de potencia ($p = 0,006$).
Zubac D, et al. 2019	23 adultos mayores físicamente activos y sanos Edad: 66.7 ± 5.2 PLYO: $n=11$ CTRL: $n=12$	<p>Primeros 30 minutos</p> <ul style="list-style-type: none"> 15 min: activación con trote y estiramiento activo 15 min: ejercicio variado <p>PLYO:</p> <ul style="list-style-type: none"> 5 min saltos calentamiento 20-30 min saltos Descansos de 2-3 minutos entre series <p>Semanas:</p> <p>1-2: 5x10 saltos verticales 3-4: 6x10 saltos verticales 5 Descarga 6-7: 7x10 saltos verticales 8-9: 8x10 saltos verticales 10: evaluación final</p> <p>CTRL</p> <ul style="list-style-type: none"> 30 min de ejercicio habitual (equilibrio, coordinación, estiramiento y ejercicio con peso corporal). 	<p>Fuerza:</p> <ul style="list-style-type: none"> CJ TMG EME con DM <p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Take-off velocity <p>Intervención con pliometría:</p> <ul style="list-style-type: none"> Duración del programa: 8 semanas activas más 1 de descarga a la mitad Sesiones por semana: 3 Duración de la sesión: 1 hora Ejercicios: 1 Series por ejercicio: 5-8 Repeticiones: 10 Descanso entre series 2-3 minutos Duración de calentamiento: 15 minutos 	<p>CMJ aumentó en 14-2% ($p=0.001$)</p> <p>Take-off velocity o velocidad de despegue, aumentó 8.2% ($p=0.01$)</p> <p>EME en GM aumentó 22.9% ($p=0.002$)</p> <p>Tiempos de contracción se redujeron en:</p> <ul style="list-style-type: none"> BF 5.7% ($p=0.001$) GM 9.6% ($p=0.001$) <p>DM en BF se redujo 20.8% ($p=0.001$)</p>
Van Roie E, et al. 2020	40 hombres Edad: 69.5 ± 3.9 años estables de salud RT: $n=12$ PLYO: $n=14$ WALK: $n=14$	<p>PLYO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Calentamiento: <ul style="list-style-type: none"> 10 minutos de cicloergómetro 4x10m high knee skips, 4x10m sideaway skips 8 saltos consecutivos con periodos de contacto cortos Ejercicios: <ul style="list-style-type: none"> forward step-up lateral step-up CJ Semanas: <ul style="list-style-type: none"> 1-3: 2x15-20 sin saltar 4-6: 3x8-1 con, 5 seg de descanso entre repetición 7-9: 4x6-8 con 5 seg de descanso entre repetición 10-12: 4x 6-8 	<p>Fuerza</p> <ul style="list-style-type: none"> Leg press 1RM leg-extensor isometric MVC RFD Force production and jump performance <ul style="list-style-type: none"> SJ CJ DJ <p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> 6MWT 10m fast walk 5xSTS 6-step SA <p>Intervención con pliometría:</p> <ul style="list-style-type: none"> Duración del programa: 12 semanas Sesiones por semana: 3 Duración de la sesión: 35 minutos Ejercicios: 3 Series por ejercicio: 2-4 Repeticiones: 6-12 	<p>1-RM mejoró en RT ($25.0 \pm 10.0\%$) y en PLYO ($23.0 \pm 13.6\%$) en comparación del grupo WALK ($2.9 \pm 13.7\%$) ($p < 0.001$).</p> <p>PLYO mejoró la altura de salto: ($p=0.017$)</p> <p>redujo el tiempo de contracción de salto ($p=0.059$)</p> <p>mejoró potencia: ($p < 0.05$)</p> <p>mejoró rendimiento para subir escaleras en comparación con WALK y/o RT ($p < 0.05$).</p> <p>MVC mejoró solo en RT ($p = 0.028$)</p>

		<p>RT:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cicloergómetro 10 minutos • Ejercicios <ul style="list-style-type: none"> ○ Bilateral leg press ○ Leg extensión ○ Straight-legged calf raises <p>WALK:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasta 1000 pasos al día 	<ul style="list-style-type: none"> • Descanso entre series: 1- minuto • Duración del calentamiento: 10 minutos • Percepción del esfuerzo durante el salto: sub-máximo y máximo 	<p>RFD no mejoró en ningún grupo ($p > 0.05$).</p> <p>No hubo cambios en 5STS para los tres grupos</p> <p>En 10 fast walk y 6MWT las mejoras fueron similares en los tres grupos en general ($p < 0.001$)</p>
--	--	--	---	---

Notas: CG: grupo control; IG: grupo de intervención; SJ: squat jump test; CJ: countermovement jump test; COM: center of masses (centro de masas) COP = Centro de presión; PG = Grupo de potencia; RG: grupo de fuerza; MG: Multicomponent (multicomponente); TMG: Tensiomyography (tensiomiografía); EME: electromechanical efficiency (eficiencia electromecánica); CMJ: countermovement jump (salto en contramovimiento); DM: muscle deformation (deformación muscular); FFT = Functional fitness Test (prueba de aptitud funcional); PT = entrenamiento pliométrico; VL = vasto lateral, BF: bíceps femoral; TA: tibial anterior; GM = gastrocnemio medial; GL = gastrocnemio lateral; EME = eficiencia electromecánica; PLYO = grupo de pliometría; CTRL: grupo control, RT = traditional resistance training (entrenamiento de fuerza tradicional); WALK = Grupo de caminata; 1RM: one-repetition maximum (1 repetición máxima); MVC: maximum voluntary contraction (contracción voluntaria máxima); RFD: rate of force development (ratio de desarrollo de fuerza); DJ: drop jump; 6MWT: 6-minute walk test (prueba de la caminata de los 6 minutos); 5xSTS: 5-repetition sit-to-stand test (prueba de parado a sentado de 5 repeticiones); 10m: 10 metros; SA: stair ascent test (prueba de ascenso de escalones).

7.4 CALIDAD METODOLÓGICA

Se analizaron 4 artículos conforme a la puntuación de PEDro resultando en tres artículos con una puntuación de 4 y uno con puntaje de 5, (no olvidando que el primer ítem, P1, no se toma en cuenta para el total del puntaje obtenido) obteniendo entonces una calidad de aceptable para los 4 artículos mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Evaluación con PEDro

Referencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	TOTAL
Ramírez-Villada J, et al. 2019	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4
Monteiro A, et al. 2019	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4
Zubac D, et al. 2019	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4
Van Roie E, et al. 2020	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5

Fuente: PEDro (Physiotherapy evidence database) Si (+), No (-). P1 criterios de selección especificados, P2 sujetos asignados al azar, P3 asignación oculta, P4 homogeneidad inicial de grupos, P5 sujetos cegados, P6 terapeutas cegados, P7 evaluadores cegados, P8 resultados con más del 85% de sujetos iniciales, P9 resultados de todos los sujetos, P10 comparación estadística, P11 hay medidas puntuales y de variabilidad.

7.5 RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS

1. Ramírez J, et. Al. 2019 tuvo como objetivo, analizar los efectos de un programa de entrenamiento acuático involucrando ejercicios explosivos y de impacto sobre los parámetros de la marcha en mujeres de 64.08 ± 3.98 años de edad; participaron 60 personas físicamente activas, sin limitaciones físicas como deformidades, amputaciones, enfermedades cardiovasculares, lesiones cartilaginosas, medicación para osteoporosis o uso crónico de cortico-esteroides.

Los sujetos fueron divididos en grupo de intervención (IG) y control (CG) con 35 personas por grupo; durante la aplicación no fue posible continuar para 4 elementos en el CG y 6 en el EG; se detuvo la aplicación en 8 individuos para CG y 5 para EG, de los sujetos restantes por criterios de exclusión quedaron 12 y 11 sujetos para el análisis. El grupo IG entrenó 3 veces por semana durante 32 semanas, 3 sesiones por semana una hora de duración, de 2-3 series, 8 repeticiones y chalecos de 10%-30% del peso corporal. Se evaluó la composición corporal, la fuerza explosiva con test de salto y parámetros de la marcha con caminata de 6 metros. Se presentaron diferencias en la fuerza explosiva y la potencia (EG vs CG; $p=0.05-0.001$) así como cambios en los parámetros de la marcha relacionados al COP (EG vs CG: $p=0.05-0.001$) con cambios positivos y significativos para EG, por lo cual el programa de entrenamiento en agua con pliometría induce ganancias en fuerza y potencia muscular lo que mejora la capacidad para caminar.

2. Monteiro A, et al. 2019 tuvo como objetivo evaluar los efectos de tres protocolos de entrenamiento con 8 meses de aplicación en la condición funcional y la composición corporal de mujeres ancianas sanas de 65 años de edad promedio; su criterio principal de inclusión fue no tener historial de manifestaciones de enfermedades crónicas neuromusculares, cardiovasculares, metabólicas.

Para ello, 80 mujeres fueron divididas aleatoriamente en 4 grupos: grupo control (CG), grupo de entrenamiento multicomponente (MG), grupo de potencia (PG) y grupo de fuerza (RG), para su evaluación, se utilizó un escáner DXA y un test de funcionalidad y aptitud física (ff).

La intervención tuvo 3 sesiones por semanas, días alternos, 6 ejercicios, de 3-4 series con entre 3-6 repeticiones, descansos entre series de 3-5 minutos, percepción del esfuerzo entre 12-14 de la escala BORG y velocidades de ejecución <10 segundos con intensidades de 1RM de 40%-60%. Sus resultados reportan cambios positivos para el grupo PG en la flexibilidad de miembro superior ($p=0.002$), de miembro inferior ($p=0.003$), así como mejoras en la fuerza en el miembro superior ($P=0.008$) y en el inferior ($p=0.006$) y de manera general se concluyó que las mujeres mayores, deben mejorar su desempeño funcional con programas de ejercicio apropiados pues producen mejoras en la funcionalidad.

3. Zubac D, et al. 2019 investigó los efectos de un entrenamiento de 8 semanas con pliometría (PT) y sus efectos sobre el salto con contramovimiento (CMJ), la velocidad de despegue, tensiomiografía (TMG),

eficiencia electromecánica (EME), deformación muscular (DM) y bio-marcadores de daño muscular e inflamación. 23 adultos mayores de 66.7 ± 5.2 años fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: PLYO $n=16$ y CTRL $n=15$ sin embargo, debido a diferentes motivos, ninguno por lesión, se realizó el análisis con población de PLYO= 11 y CTRL $n=12$.

Los criterios adicionales para ser admitidos en el estudio, contemplan un índice de masa $<30 \text{ kg/m}^2$ realizar actividad física de 2-3 veces por semana y tener autorización médica, así como no presentar patologías cardiovasculares, anormalidades en electrocardiograma, se tomó en cuenta el historial de lesiones musculoesqueléticas o desórdenes neurológicos, no tener terapias hormonales que pudieran interferir con los resultados de la aplicación, así como no consumir alcohol ni fumar regularmente.

El grupo PLYO entrenó 3 veces por semana 60 minutos por sesión con un modelo de periodización lineal de entre 5-8 series por 10 repeticiones con descansos entre series de 2-3 minutos, teniendo una semana de descarga a la mitad de la aplicación. Los resultados indican una mejora en el CMJ de 14.2% ($p=0.001$), velocidad de despegue 8.2% ($p=.01$) EME en gastrocnemio medial 22.9% ($p=.002$). Así como una reducción en los tiempos de contracción de $p=0.001$ en bíceps femoral con 5.7% y gastrocnemio medial de 9.6% y en DM en 20.8% ($p=0.001$). Sustentando así, la aplicación de la pliometría en adultos mayores al mostrar mejoras en la potencia muscular la contractibilidad muscular y la EME.

4. Van Roie E, et al. 2020 refiere como objetivo comparar los efectos de la pliometría (PLYO) en la potencia, producción de fuerza, salto y desempeño funcional comparado con el entrenamiento tradicional de fuerza (RT) y la caminata (WALK) en adultos mayores. 40 hombres de 69.5 ± 3.9 años fueron aleatoriamente distribuidos en 3 grupos PLYO ($n=14$), RT ($n=12$) y WALK ($n=14$). Para la evaluación se utilizaron los test de 1 repetición máxima (1RM) de prensa de piernas, contracción isométrica voluntaria máxima en extensión de piernas (MVC) y la ratio de desarrollo de fuerza (RFD). Un sujeto en RT por dolor de espalda baja y tres en PLYO, dos por contractura muscular y uno por dolor de rodilla abandonaron la prueba.

La aplicación tuvo una duración de 12 semanas con 3 sesiones por cada una, de 35 minutos en promedio, de 2-4 series con entre 6-12 repeticiones y descansos entre series de 1 minuto. En cuanto a los resultados, 1RM mejoró más en RT ($25.0 \pm 10.0\%$ y en PLYO ($23.0 \pm 13.6\%$) que en WALK ($2.9 \pm 13.7\%$) ($p<0.001$). PLYO mejoró más en la altura, potencia, tiempo de contracción de salto y desempeño al subir escaleras comparado con WALK y RT ($p<0.005$). MVC mejoró solo en RT ($p=0.028$) y RFD no mejoró ($p<0.05$).

El estudio concluye que la pliometría es benéfica por sobre el entrenamiento de fuerza para mejorar la potencia, salto y el desempeño al subir escaleras sin comprometer las ganancias en fuerza. Sin olvidar que contiene inherentemente, altos riesgos de lesión que deben ser tomados en cuenta al diseñar un programa.

CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN

Con base a lo descrito en la literatura, los ejercicios pliométricos en tanque terapéutico para adultos mayores han surgido como una opción de tratamiento o intervención con altas probabilidades de éxito, siempre y cuando se realicen bajo una metodología y objetivos concisos.

Así mismo, será imperativo partir de los cambios propios del envejecimiento y su relación con la actividad física en el adulto mayor, así como los principios de progresión y sobrecarga, manipulando las variables y su dosificación, priorizando siempre la seguridad del paciente y la calidad de la ejecución ante la cantidad.

Si bien el objetivo de esta revisión, es dar una propuesta para dosificar la pliometría en agua para el adulto mayor, se debe tomar en cuenta que aún no existe una metodología contundente para su aplicación independientemente de la población y medio de aplicación, por lo cual, es el terapeuta quien determinará partiendo de la especificidad, los parámetros de aplicación, así como los criterios de inclusión y exclusión con base a la literatura y a la práctica clínica.

Con respecto a los resultados obtenidos para los parámetros de dosificación de la pliometría en adultos mayores, independientemente del medio en que se apliquen, se puede apreciar una estrecha correlación entre ellos y con los parámetros sugeridos por autores como Moran 2018, cuyo abordaje es específico en el adulto mayor, y con los parámetros en sus dosis mínimas descritos por la NCSA y el JSPT o autores como Patel (2014), Davies (2015) o Lannuse (2015) para gente joven y deportista.

En cuanto a la profundidad de inmersión Ramirez-Villada et, al. (2019) reportó una profundidad de 1.50 metros sin mayor especificidad, lo cual, puede ser complementado con lo descrito por Donoghue (2011) que recomienda que la altura total del agua alcance el apéndice xifoides del paciente, o lo descrito por Louder (2017) que lo recomienda a la altura del pecho para reducir por mayor tiempo el peso y hacer más corto el tiempo de propulsión; lo cual apertura una ventana de oportunidad para la investigación con respecto a las posibles diferencias según las referencias anatómicas que se puedan utilizar para la inmersión y la variabilidad que estas puedan brindar en los resultados.

En cuanto al volumen de una intervención, los resultados arrojan parámetros de entre 3 y 12 repeticiones, de 2- 8 series de ejercicio con programas que van desde las 8 semanas hasta los 8 meses de aplicación incluyendo de 1 a 6 ejercicios, y dada la efectividad de todos los programas, puede establecerse una media de 1-4 ejercicios por sesión, 6-12 repeticiones con 2-4 series en promedio y al menos 3 ejercicios diferentes, así como

sugerirse una aplicación de 8-12 semanas, dado que 8 han sido un número efectivo para obtener resultados positivos en las variables medidas.

Respecto a la intensidad, los estudios reportan parámetros de entre 50 a 144 contactos por sesión, si bien hay autores como Moran (2018) que reporta de entre 25-200 saltos por sesión, sin otorgarle una clasificación; Bolam A. (2015) hace mención a que una dosis alta es de 80 saltos por sesión, mientras que una moderada es de 40; considerando lo anterior podría tomarse como referencia una media de entre 50-100 saltos por sesión.

Y aunque los estudios no reportan intensidad basada en el tipo de ejercicio, si se puede hacer una correlación con lo ya descrito en otros trabajos, tomando como ejemplos algunos de los aplicados por Van Roie E, et al. (2020) que incluyen: *forward step-up*, *lateral step-up*, *countermovement jump*, o los saltos verticales en la aplicación de Zubac D, et al. (2019) los cuales caen dentro de la categoría de baja y media intensidad, haciendo de estas dos un parámetro sugerirle en cuanto a la clasificación del ejercicio a ejecutar se refiere.

La frecuencia de la aplicación en todos los estudios reportados es contundente, al establecer 3 sesiones por semana como la media preferida por sus autores con aplicaciones de entre 30-60 minutos, lo cual varía posiblemente en función a los otros criterios para la dosificación del programa,

Los resultados muestran una preferencia de los autores por la aplicación de días alternados, lo cual está se relaciona directamente con la frecuencia para así determinar los periodos de recuperación son de 48 horas en promedio al predominar 3 sesiones por semana; sin embargo, también se menciona que los descansos entre series van desde los 2 a los 5 minutos; indudablemente otras variables del ejercicio juegan un papel fundamental para delimitar un posible descanso óptimo, sin embargo si se establece una media, un periodo de 2-3 minutos sería el sugerido, lo cual asemeja a lo dicho por Watkins CM (2021).

Un periodo de 10 a 15 minutos para una fase de calentamiento o pre-activación, es lo sugerido partiendo de lo descrito en las publicaciones incluidas. Se recomienda que sea específico, de baja intensidad y con movimientos que asemejen el gesto a realizar durante el programa⁵⁴.

La progresión como una de las variables del entrenamiento, es indiscutiblemente necesaria, dado lo reportado en esta revisión se sugiere utilizar un modelo de periodización lineal como lo abordaron Zubac D, et al. (2019) y Monteiro A, et al. (2019), modificando la dosis de la aplicación basándose en los demás parámetros y priorizando siempre la calidad antes que la cantidad².

Monteiro A, et al. (2019) hace referencia al uso escala de percepción del esfuerzo de BORG, toando en cuenta durante su aplicación valores de 12-14 según los resultados obtenidos en esta revisión, dato que tiene similitud con lo reportado por Kieffer (2012) que invita a utilizar la escala de BORG modificada, pues sugiere utilizar esta escala para generar ajustes en el programa de entrenamiento de manera progresiva; lo cual sirve como complemento a lo reportado por Van Roie E, et al. (2020) al describir la percepción del esfuerzo en su estudio como máxima y sub-máxima, lo que es homologable a la escala mencionada en sus puntajes más altos.

Partiendo de lo anterior, es posible sugerir partir de entre un 6-8 en la escala de borg modificada para progresar a 8-10.

Si bien es cierto que se reportan beneficios gracias a la aplicación de la pliometría, autores como Van Roie E, et al. (2020) mencionan que pueden estar sujetos a presentar efectos secundarios como el dolor, enfatizando los dos individuos dados de baja durante ese mismo estudio, uno por dolor y otro por contractura muscular respectivamente; sin olvidar los casos en los que la intervención se detuvo como sucedió en el estudio de Ramirez-Villada J, et al. (2019). Así mismo todos los autores de los artículos incluidos en esta revisión contundentemente concuerdan en que el adulto mayor debe hacer ejercicio de manera regular.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

En resumen, la pliometría en agua es una alternativa que, para promover las variables de fuerza y funcionalidad, resulta tan efectiva como su contraparte en tierra; si bien se ha descrito que esta última es una opción de entrenamiento recomendada para adultos mayores, su aplicación acuática, presenta potencialmente un medio más seguro y con beneficios extras, siendo clave para esto, contar con una metodología y objetivos en concreto, por lo cual es necesario contar con parámetros de dosificación que sirvan como punto de partida para su ejecución.

Es así como la propuesta que se presenta para la dosificación de la pliometría acuática en el adulto mayor consta de los siguientes parámetros:

- Volumen:
 - Programas de 8-12 semanas de aplicación, con 1-4 ejercicios por sesión, 2-4 series por ejercicio con un promedio de entre 8-12 repeticiones.
- Intensidad:
 - Ejercicios de baja o media intensidad
 - Contactos una media de entre 50-100 saltos por sesión
- Frecuencia
 - Una media de 3 aplicaciones a la semana con una duración de 30 minutos a 1 hora por sesión.
- Recuperación
 - 2 minutos en promedio de descanso entre series
 - Entre sesiones un tiempo de 48 horas en promedio
- Calentamiento
 - Duración de entre 10-15 minutos
- Profundidad de inmersión
 - Entre el apéndice xifoides y la cadera
- Progresión
 - Basado en las recomendaciones dadas y en lo descrito por los resultados de la búsqueda, se sugiere progresar de entre los parámetros mínimos a los máximos siguiendo un modelo de periodización lineal
- Percepción del esfuerzo
 - Una media de 8 como punto de partida en la escala de BORG modificada, que, junto con la progresión, marcarán la pauta para la dosificación partiendo de la individualidad de cada persona.

Aunque previamente se han realizado escasos trabajos como el de Kieffer 2012 comparando la aplicación en agua y en tierra en el adulto mayor, en el conocimiento del autor, este es el primer trabajo que pretende proponer pautas de dosificación para la aplicación de pliometría en agua en población geriátrica, y es esperado que pueda establecer una pauta para promover el desarrollo de nuevos programas de investigación y así, ampliar el conocimiento sobre este tema.

CAPÍTULO 10. LIMITACIONES

Una de las limitaciones que presenta este estudio, es la poca disponibilidad de publicaciones con aplicaciones de pliometría en agua en el adulto mayor que enfatizan dicha modalidad de entrenamiento al solo encontrar una publicación, lo cual, señala la necesidad de mayores estudios al respecto, sin dejar de lado la influencia que pueden tener las variables propias del medio acuático; en especial si se toma en cuenta que actualmente, las aplicaciones en tierra presentan una mayor cantidad de estudios e inclusive reportan parámetros de dosificación.

Otra limitante, son los posibles resultados que se pueden obtener, si se considera la cantidad de variables modificables dentro del agua, como: la profundidad de inmersión, la temperatura, resistencia, flotabilidad etc., así como otros criterios y variables comúnmente abordados en las aplicaciones en tierra como: patologías, género, actividad física previa, raza, etc.

Por último, otra de las limitaciones con las que se encuentra esta revisión es la calidad metodológica de los estudios, la cual pudiera mejorarse, dada la relevancia que tiene, al menos la escala PEDro, que funge como pauta y guía en la toma de decisiones clínicas.

CAPÍTULO 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moran J, Ramirez-Campillo R, Granacher U. Effects of Jumping Exercise on Muscular Power in Older Adults: A Meta-Analysis. *Sport Med.* 2018; 48(12):2843–57.
2. Davies G, Riemann BL, Manske R. CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *Int J Sports Phys Ther.* 2015; 10(6):760-86.
3. Jurado-Lavanant, A, Fernández-García, JC, Pareja-Blanco F, Alvero-Cruz, JR. Efectos del entrenamiento pliométrico acuático vs. seco sobre el salto vertical. *Rev Int Med y Ciencias la Act Fis y del Deport.* 2017; 17(65):73–84.
4. Dobbs TJ, Simonson SR, Conger SA. Improving power output in older adults using plyometrics in a body mass–supported treadmill. *J Strength Cond Res.* 2018; 32(9):2458–2465.
5. Franchi MV, Monti E, Carter A, Quinlan JI, Herrod PJJ, Reeves ND, Narici MV. Bouncing Back! Counteracting Muscle Aging With Plyometric Muscle Loading. *Front Physiol.* 2019; 10(178).
6. d’Hyver C, Gutiérrez L. *Geriatría. 3ª edición.* México: Manual Moderno; 2014.
7. Preston J, Biddell B. The physiology of ageing and how these changes affect older people. *Medicine.* 2021; 49(1):1-5.
8. Landinez PNS, Contreras VK, Castro VA. Proceso de envejecimiento, ejercicio y fisioterapia. *Revista Cubana de Salud Pública.* 2012; 38(4):562-580.
9. Moody H, Sasser J. *AGING: CONCEPTS AND CONTROVERSIES.* 10th edition. United Kingdom: SAGE; 2020.
10. Carapeto PV, Aguayo-Mazzucato C. Effects of exercise on cellular and tissue aging. *Aging.* 2021; 13(10):14522-14543.
11. Franceschi C, Garagnani P, Morsiani C, Conte M, Santoro A, Grignolio A, et al. The continuum of aging and age-related diseases: Common mechanisms but different rates. *Front Med.* 2018; 5:61.
12. Kennedy BK, Berger SL, Brunet A, Campisi J, Cuervo AM, Epel ES, et al. Geroscience: Linking aging to chronic disease. *Cell.* 2014; 159(4):709–13.
13. Rattan SI. Hormesis in aging. *Ageing Res Rev.* 2008; 7(1):63-78.
14. Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal muscle performance and ageing. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2018; 9(1):3–19.
15. Pinzón-Ríos ID. Loss of Muscle Mass Induced by Aging. *Rev Cienc Salud.* 2019; 17(2):223-44.
16. Louder T, Dolny D, Bressel E. Biomechanical Comparison of Countermovement Jumps Performed on Land and in Water: Age Effects. *Journal of Sport Rehabilitation.* 2017; 27(3):249-256.
17. Wilkinson DJ, Piasecki M, Atherton PJ. The age-related loss of skeletal muscle mass and function: Measurement and physiology of muscle fibre atrophy and muscle fibre loss in humans. *Ageing Res Rev.* 2018; 47:123-132.

18. Etienne J, Liu C, Skinner CM, Conboy MJ, Conboy IM. Skeletal muscle as an experimental model of choice to study tissue aging and rejuvenation. *Skelet Muscle*. 2020; 10(1):1–16.
19. Grevendonk L, Connell NJ, McCrum C, Fealy CE, Bilet L, Bruls YMH, et al. Impact of aging and exercise on skeletal muscle mitochondrial capacity, energy metabolism, and physical function. *Nat Commun*. 2021;12(1):1–17.
20. De Carvalho FG, Justice JN, de Freitas EC, Kershaw EE, Sparks LM. Adipose Tissue Quality in Aging: How Structural Skeletal Muscle Quality? *Nutrients*. 2019; 11:2553.
21. d'Hyver C, Gutiérrez L, Zúñiga C. *Geriatría*. 4ª edición. México: Manual Moderno; 2019.
22. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31.
23. Rojas BC, Buckcanan VA, Benavides JG. Sarcopenia: abordaje integral del adulto mayor. *Revista Médica Sinergia*. 2019; 4(05):24-34.
24. Wall BT, Dirks ML, van Loon LJ. Skeletal muscle atrophy during short-term disuse: implications for age-related sarcopenia. *Ageing Res Rev*. 2013 Sep; 12(4):898-906.
25. Lui PPY, Wong CM. Biology of Tendon Stem Cells and Tendon in Aging. *Front Genet*. 2020; 10:1338.
26. Van Roie E, Walker S, Van Driessche S, Delabastita T, Vanwanseele B, Delecluse C. An age-adapted plyometric exercise program improves dynamic strength, jump performance and functional capacity in older men either similarly or more than traditional resistance training. *PLoS One*. 2020; 15(8).
27. Hunter SK, Pereira XHM, Keenan KG. The aging neuromuscular system and motor performance. *J Appl Physiol*. 2016; 121(4):982–95.
28. Russ DW, Gregg-Cornell K, Conaway MJ, Clark BC. Evolving concepts on the age-related changes in “muscle quality.” *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2012;3(2):95–109.
29. Renganathan M, Messi ML, Delbono O. Dihydropyridine receptor-ryanodine receptor uncoupling in aged skeletal muscle. *J Membr Biol*. 1997;157(3):247–53.
30. Rekling JC, Funk GD, Bayliss DA, Dong XW, Feldman JL. Synaptic control of motoneuronal excitability. *Physiol Rev*. 2000; 80(2):767–852.
31. Enoka RM, Duchateau J. Inappropriate interpretation of surface EMG signals and muscle fiber characteristics impedes understanding of the control of neuromuscular function. *J Appl Physiol*. 2015; 119(12):1516–8.
32. Haug H, Eggers R. Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiol Aging*. 1991;12(4):336–8.
33. Chen WT, Chou KH, Liu LK, Lee PL, Lee WJ, Chen LK, et al. Reduced cerebellar gray matter is a neural signature of physical frailty. *Hum Brain Mapp*. 2015; 36(9):3666–76.
34. Marnier L, Nyengaard JR, Tang Y, Pakkenberg B. Marked loss of myelinated nerve fibers in the human brain with age. *J Comp Neurol*. 2003;462(2):144–52.

35. Rosano C, Studenski SA, Aizenstein HJ, Boudreau RM, Longstreth WT, Newman AB. Slower gait, slower information processing and smaller prefrontal area in older adults. *Age Ageing*. 2012; 41(1):58–64.
36. Pan X, Kaminga AC, Wen SW, Wu X, Acheampong K, Liu A. Dopamine and Dopamine Receptors in Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Front Aging Neurosci*. 2019; 11:175.
37. McGinley M, Hoffman RL, Russ DW, Thomas JS, Clark BC. Older adults exhibit more intracortical inhibition and less intracortical facilitation than young adults. *Exp Gerontol*. 2010; 45(9):671–8.
38. Noble JW, Eng JJ, Kokotilo KJ, Boyd LA. Aging effects on the control of grip force magnitude: An fMRI study. *Exp Gerontol*. 2011; 46(6):453–6.
39. Tudoraşcul, Sfredel V, Riza AL, Dănculescu Miulescu R, Ianoşi SL, Dănoiu S. Motor unit changes in normal aging: a brief review. *Rom J Morphol Embryol*. 2014;55(4):1295-301.
40. Gonzalez-Freire M, de Cabo R, Studenski SA, Ferrucci L. The Neuromuscular Junction: Aging at the Crossroad between Nerves and Muscle. *Front Aging Neurosci*. 2014; 6:208.
41. Chicharro J, Fernández A. *Fisiología del Ejercicio*. 3ª edición. España: Panamericana; 2010.
42. Chu D, Myer G. *Pliometria. Ejercicios Pliometricos Para Un Entrenamiento Completo*. España: Paidotribo; 2016.
43. Belgacem B. Physiological aspects of plyometric training. 2012; 16.
44. Quetglas Z, Iglesia O, Martinez R. Fundamentos biomecánicos del ejercicio pliométrico. *Lect Educ Física y Deport Rev Digit*. 2012; 167(2000):1–7.
45. Watkins CM, Storey AG, McGuigan MR, Gill ND. Implementation and Efficacy of Plyometric Training: Bridging the Gap Between Practice and Research. *J strength Cond Res*. 2021; 35(5):1244–55.
46. Heinecke, Marc. Review of Literature: Neuromuscular Adaptations to Plyometrics. *International Journal of Strength and Conditioning* 2021; 1(1).
47. Seiberl W, Hahn D, Power GA, Fletcher JR, Siebert T. The Stretch-shortening Cycle of Active Muscle and Muscle-tendon Complex: What, Why and How It Increases Muscle Performance?. *Front Physiol*. 2021; 12: 693141.
48. Tomalka A, Weldner S, Hahn D, Seiberl W, Siebert T. Cross-Bridges and Sarcometic Non-cross-bridge Structures Contribute to Increased Work in Stretch-Shortening Cycles. *Front. Physiol*. 2020; (11):921.
49. Ishikawa M, Komi PV. Muscle fascicle and tendon behavior during human locomotion revisited. *Exerc Sport Sci Rev*. 2008; 36(4):193-9.
50. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech*. 2000; 33(10):1197 206.
51. Parodi A. Análisis crítico de la ley de Henneman. *Educación Física y Ciencia*. 2017; 12(2) e032.

52. Ramírez M, Bravo A, Esteban P, Jiménez F, Abián J. Effects of Plyometric Training on Lower Body Muscle Architecture, Tendon Structure, Stiffness and Physical Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med - Open* 2022; 8(40).
53. Peitz M, Behringer M, Granacher U. A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us? *PLoS One*. 2018; 13(10).
54. Sands W a, Wurth JJ, Hewit JK. *Basics of Strength and Conditioning Manual*. Natl Strength Cond Assoc. 2012; 207(104).
55. Hakkinen K, Komi P V., Kauhanen H. Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. *Int J Sports Med*. 1986; 7(3):144–151.
56. Hirayama K, Iwanuma S, Ikeda N, Yoshikawa A, Ema R, Kawakami Y. Plyometric Training Favors Optimizing Muscle-Tendon Behavior during Depth Jumping. *Front Physiol*. 2017; 8:16.
57. EBBEN P, SIMENZ C JENSEN R. Evaluation of PLYOMETRIC INTENSITY USING ELECTROMYOGRAPHY. *J Strength Cond Res*. 2004; 18(4):719–722.
58. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sport Med*. 2010; 40(10):859–895.
59. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB SS. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *J Athl Train*. 2004; 39(1):24–31.
60. Taube W, Leukel C, Lauber B, Gollhofer A. The drop height determines neuromuscular adaptations and changes in jump performance in stretch-shortening cycle training. *Scand J Med Sci Sport*. 2011; 22(5):671–683.
61. De Villarreal ESS, Kellis E, Kraemer WJ, Izquierdo M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(2):495–506.
62. Zubac D, Paravlić A, Koren K, Felicita U, Šimunič B. Plyometric exercise improves jumping performance and skeletal muscle contractile properties in seniors. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2019; 19(1):38–49.
63. Vetrovsky T, Steffl M, Stastny P, Tufano JJ. The Efficacy and Safety of Lower-Limb Plyometric Training in Older Adults: A Systematic Review. *Sports Med*. 2019; 49(1):113-131.
64. Patel NN. Plyometric training: a review article. *Int J Cur Res Rev*. 2014; 6(15):33-37.
65. Lanusse RC. Análisis del volumen de entrenamiento pliométrico para la mejora del salto. *Apunt Educ Fis y Deport*. 2015; (120):43–51.
66. Lorenz D, Morrison S. CURRENT CONCEPTS IN PERIODIZATION OF STRENGTH AND CONDITIONING FOR THE SPORTS PHYSICAL THERAPIST. *Int J Sports Phys Ther*. 2015; 10(6):734-747.

67. Kieffer HS, Lehman MA, Veacock D, Korkuch L. The Effects of a Short-Term Novel Aquatic Exercise Program on Functional Strength and Performance of Older Adults. *Int J Exerc Sci.* 2012; 5(4):321-333.
68. Strotmeyer ES, Winger ME, Cauley JA, Boudreau RM, Cusick D, Collins RF, et al. Normative Values of Muscle Power using Force Plate Jump Tests in Men Aged 77-101 Years: The Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Study. *J Nutr Health Aging.* 2018; 22(10):1167-1175.
69. Piirainen JM, Cronin NJ, Avela J, Linnamo V. Effects of plyometric and pneumatic explosive strength training on neuromuscular function and dynamic balance control in 60-70year old males. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014; 24(2):246-52.
70. Hoffrén-Mikkola M, Ishikawa M, Rantalainen T, Avela J, Komi PV. Neuromuscular mechanics and hopping training in elderly. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115(5):863-77.
71. Elam C, Aagaard P, Slinde F, Svantesson U, Hulthén L, Magnusson P, et al. The effects of ageing on functional capacity and stretch-shortening cycle muscle power. *Journal of physical therapy science.* 2021; 33(3), 250–260.
72. Walker S, Peltonen H, Häkkinen K. Medium-intensity, high-volume “hypertrophic” resistance training did not induce improvements in rapid force production in healthy older men. *Age (Omaha).* 2015; 37(3).
73. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(7):1334–1359.
74. Grgic J, Schoenfeld BJ, Mikulic P. Effects of plyometric vs. resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A review. *J Sport Health Sci.* 2021; 10(5):530-536.
75. Cameron M. *Agentes físicos en rehabilitación.* 4ª edición. USA: Elsevier; 2013.
76. Mooventhan A, Nivethitha L. Scientific evidence-based effects of hydrotherapy on various systems of the body. *N Am J Med Sci.* 2014;6(5):199–209.
77. Torres-Ronda L, Schelling I del Alcázar X. The Properties of Water and their Applications for Training. *J Hum Kinet.* 2014; 44(1): 237-248.
78. Chiquoine J, McCauley L, Van Dyke JB. *Aquatic Therapy. Canine Sport Med Rehabil: Second Ed.* 2018; 208(26).
79. Kauffman B, Kauffman B. Aquatic therapy. En: Kauffman T, Scott R, Barr J, Moran M, editors. *A Comprehensive Guide to Geriatric Rehabilitation [internet].* Third Edition. Churchill, Livingstone, USA: Edinburgh; 2014 [citado 2022 enero 28]. p. 517-519.
80. Katsura Y, Yoshikawa T, Ueda SY, Usui T, Sotobayashi D, Nakao H, et al. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108(5):957-64.

81. David A. Soto-Quijano, Grabois M. Hydrotherapy. En: Waldman S, Bloch J, editors. Pain Management [internet]. W.B. Saunders, Philadelphia, USA: Elsevier; 2007 [citado 2022 enero 28]. p. 1043-1051.
82. Donoghue OA, Shimojo H, Takagi H. Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports Health*. 2011; 3(3):303–9.
83. Carayannopoulos, A. G., Han, A., & Burdenko, I. N. The benefits of combining water and land-based therapy. *Journal of exercise rehabilitation*. 2020; 16(1): 20–26.
84. Graef FI, Pinto RS, Alberton CL, De Lima WC, Krue LFM. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(11):3150–6.
85. Porter S, Wilson J. *A comprehensive Guide to Sports Physiology and Injury Management: an interdisciplinary approach*. 1st ed. Scotland. Elsevier;2020
86. Ramirez-Villada J, Cadena-Duarte L, Gutiérrez-Galvis AR, Argothy-Bucheli R, Moreno Ramirez-Y. Effects of explosive and impact exercises on gait parameters in elderly women. *Rev. Fac. Med*. 2019; 67(4):493-501.
87. Zubac D, Paravlić A, Felicita U, Simunic B. Plyometric exercise improves jumping performance and skeletal muscle contractile properties in seniors. *J. Musculoskelet Neuronal Interact*.2019; 19(1):38-49.
88. Han Y, Zhang L, Fang Y. Novel subgroups of functional ability in older adults and their associations with adverse outcomes. *BMC Geriatr*. 2022; 22(390).
89. Giannitsi S, Bougiakli M, Bechlioulis A, Kotsia A, Michalis LK, Naka KK. 6-minute walking test: a useful tool in the management of heart failure patients. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2019; 13-10.
90. Rikli E, Jones J. Development and Validation of a Functional Fitness Test for Community-Residing Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 1999; 7(2):129-161

VARIABLES BIBLIOGRAFÍAS

91. Monteiro A, Bartolome R, Forte P, Carvalho J. The Effects of three different types of training in functional fitness and body composition in older women. *Journal of Sport and Med Health Research*. 2019; 11(3):289-304.
92. Domínguez P, Moral J, Casado E, Salazar A, Lucena D. Efectos de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en el ictus: revisión sistemática y metaanálisis. *REV NEUROL*. 2019; 69(06):223-234.
93. Galiano C, Pareja F, Hidalgo J, Sáez E. Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research*. 2022; 36(2): 340–345.

ANEXOS

1.- Lineamientos del *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA)

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

De: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

2.- Escala PEDro

1	Los criterios de elección fueron especificados	no si	donde:
2	Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no si	donde:
3	La asignación fue oculta	no si	donde:
4	Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no si	donde:
5	Todos los sujetos fueron cegados	no si	donde:
6	Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no si	donde:
7	Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no si	donde:
8	Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no si	donde:
9	Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”	no si	donde:
10	Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no si	donde:
11	El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no si	donde:

De: Escala PEDro-Español. PEDro. 2012. Consultado por última vez el: 10 de agosto de 2022. https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_spanish.pdf

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible “ponderar” los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“generalizabilidad” o “aplicabilidad” del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la “validez” de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la “calidad” de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.

Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.

Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.

Criterio 3 La asignación oculta (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.

Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.

Criterio 4, 7-11 Los Resultados clave son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.

Criterio 5-7 Cegado significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran “cegados” si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.

Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente tanto el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos como el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.

Criterio 9 El análisis por intención de tratar significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.

Criterio 10 Una comparación estadística entre grupos implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.

Criterio 11 Una estimación puntual es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las medidas de la variabilidad incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.