



TESINA

**presentada para acceder al título de grado de la carrera de LICENCIATURA EN
KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

Título:

**“Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la prevención
y el tratamiento de la sarcopenia en sujetos adultos mayores”**

Autor:

Navarro, Hernán David 1869

Director:

Dr. Cagnone, Carlos

Fecha de presentación:

24/08/2020

Firma de Autor:

ÍNDICE	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
II.a) General	3
II.b) Específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
III.a) Sarcopenia: evolución del concepto	4
III.b) Etiología y fisiopatología	5
III.b.1) Neuroenvejecimiento: denervación-reinervación parcial	6
III.b.2) Miocito: cambios intrínsecos	7
III.b.3) Mitocondrias: estrés oxidativo y dinámica mitocondrial	8
III.b.4) Inflamación sistémica de bajo grado.....	9
III.b.5) Cambios hormonales.....	9
III.b.6) Síntesis y degradación proteica: resistencia anabólica	10
III.b.7) Alteraciones en las células satélites y microvasculatura	12
III.b.8) Factores modificables: nutrición y sedentarismo	13
III.c) Diagnóstico	14
III.c.1) Encontrar casos.....	16
III.c.2) Evaluar	17
III.c.3) Confirmar	17
III.c.4) Gravedad	19
III.c.5) Puntos de corte.....	20
III.d) Clasificación	22
III.e) Epidemiología	24
III.f) Complicaciones	25
III.g) Tratamiento	27
III.g.1) Farmacológico	27
III.g.2) Nutricional.....	27
III.g.3) Ejercicio	28
III.h) Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo: pasado, presente y futuro	31
III.i) Mecanismo de acción	32

III.i.1) Ambiente isquémico/hipóxico y reclutamiento de unidades motoras.....	33
III.i.2) Quimiorreflejo y respuesta hormonal	33
III.i.3) Reperusión e hinchazón celular.....	34
III.i.4) Angiogénesis y estrés oxidativo.....	34
III.i.5) Síntesis proteica	35
III.j) Dosificación	35
III.j.1) Presión	35
III.j.2) Manguitos	36
III.j.3) Intensidad	36
III.j.4) Volumen.....	37
III.j.5) Pausas	37
III.j.6) Ejercicios.....	37
III.j.7) Frecuencia	38
III.j.8) Progresión	38
III.k) Seguridad	41
III.l) Efectos	44
IV. JUSTIFICACIÓN	45
V. MÉTODOS	47
V.a) Revisión bibliográfica	47
V.b) Caso clínico	48
V.b.1) Selección de pacientes.....	48
V.b.2) Familiarización	49
V.b.3) Entrenamiento	49
V.b.4) Evaluaciones	53
VI. RESULTADOS	58
VI.a) Implementación, dosificación y parámetros de seguridad	58
VI.a.1) Estructura de la sesión de entrenamiento	59
VI.a.2) Modalidad	60
VI.a.3) Manguitos.....	61
VI.a.4) Presión	62
VI.a.5) Ejercicios.....	65
VI.a.6) Intensidad	66
VI.a.7) Volumen	67

VI.a.8) Pausas.....	68
VI.a.9) Frecuencia	68
VI.a.10) Duración.....	69
VI.a.11) Progresión de las cargas de entrenamiento	70
VI.a.12) Seguridad.....	72
VI.b) Entrenamiento de resistencia con restricción del flujo sanguíneo	76
VI.c) Entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo.....	79
VI.c.1) BFRT-F vs EFBI.....	79
VI.c.2) BFRT-F vs EFMI	80
VI.c.3) BFRT-F vs EFAI.....	81
VI.c.4) BFRT-PA vs BFRT-PB.....	82
VI.d) Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en sujetos sarcopénicos	83
VI.e) Mecanismo de acción	84
VI.f) Caso clínico.....	94
VI.f.1) Pacientes	94
VI.f.2) Resultados	95
VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	109
VIII. CONCLUSIÓN.....	118
IX. ANEXOS.....	119
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136

RESUMEN

Introducción: La sarcopenia es una enfermedad muscular de origen multifactorial que ocasiona un trastorno progresivo y generalizado en el musculo esquelético, caracterizado por una acelerada reducción de la masa y función muscular. Asociada a una mayor probabilidad de resultados adversos, incluidas las caídas, el deterioro funcional, la fragilidad y la mortalidad. Siendo común en los adultos de edad avanzada, pero también puede ocurrir antes en la vida. El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFRT) puede ser una opción para combatir esta enfermedad en aquellos pacientes donde la recomendación actual de entrenamiento a alta intensidad no es posible, pero es necesario un mayor conocimiento sobre sus efectos, dosificación y seguridad en adultos mayores. **Objetivo general:** analizar la utilidad del BFRT como herramienta en el tratamiento de la pérdida de masa muscular, fuerza y rendimiento físico asociado a la sarcopenia en sujetos adultos mayores. **Materiales y métodos:** Las bases de datos revisadas para la revisión bibliográfica fueron: PubMed; BVS; Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT; Cochrane Library; LILACS; Medline; IBECS; Elsevier; SciELO; Biblioteca UGR física y virtual. El período de búsqueda comprendió desde el año 2009 hasta 2019, e incluyó artículos que indagaron sobre los efectos del BFRT en la masa muscular, fuerza muscular y/o rendimiento físico de sujetos ≥ 60 años. Se realizó el seguimiento de dos casos clínicos (2 mujeres ≥ 65 años) durante 7 semanas en las que se exploró los efectos del BFRT sobre la fuerza, masa muscular, rendimiento físico y calidad de vida relacionada a la sarcopenia. **Resultados:** Los 11 artículos recolectados y la intervención llevada a cabo concuerdan en que el BFRT combinado con ejercicios de caminata o de fuerza a baja intensidad es capaz de incrementar la fuerza, masa muscular y rendimiento físico en pacientes adultos mayores. **Conclusión:** El BFRT es un método efectivo, seguro, viable y versátil para combatir la sarcopenia en pacientes adultos mayores. Demostrando incrementos en la masa muscular, fuerza y rendimiento físico superiores al entrenamiento de baja intensidad y similares al entrenamiento de fuerza de alta intensidad. Con la ventaja de obtener estos resultados con un volumen de entrenamiento inferior al EFAI y sin la necesidad de alcanzar el fallo muscular.

I. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento es un proceso biológico y fisiológico donde el daño molecular y celular acumulado por el paso de los años llevan al deterioro de los sistemas y a una reducción en su capacidad de adaptación, aumentando el riesgo de desarrollar enfermedades y morir. El músculo esquelético no está fuera de esta norma, a partir de la quinta década de vida la masa y fuerza muscular decrecen 1-2% y 1,5-5% por año, respectivamente. Este proceso puede continuar hasta que el individuo se encuentre por debajo de los valores compatibles con una correcta capacidad funcional y atente contra el envejecimiento saludable, situación conocida como sarcopenia. (1,2)

El término sarcopenia se originó en 1989, pero en las últimas dos décadas surgieron numerosas agrupaciones, entre las que se destaca el Grupo Europeo de Trabajo sobre la Sarcopenia en Adultos Mayores (EWGSOP), que mediante sus esfuerzos han puesto a la sarcopenia como una problemática actual, atrayendo el interés de profesionales e investigadores. Esto llevó a que en 2016 sea reconocida como enfermedad muscular, caracterizada por una pérdida de la masa y función muscular esquelética con riesgo de presentar resultados adversos como discapacidad física, calidad de vida deficiente y mortalidad. Se calcula que esta condición actualmente afecta un número superior a 50 millones de personas y llegará a los 200 millones en los próximos 40 años.(2,3)

Su origen es multifactorial y aún no están del todo comprendidos los procesos que la componen. La evidencia apunta a que su origen se produce por una combinación de cambios a nivel neuromuscular, mitocondrial, bioquímico y endocrino a consecuencia de procesos vinculados con el envejecimiento. A su vez, pueden verse exacerbados por enfermedades, sedentarismo, mal nutrición y efectos secundarios de los fármacos, acelerando el tiempo de aparición y agravando sus consecuencias.(4,5)

En 2018 el EWGSOP publicó una actualización de los criterios diagnósticos junto a recomendaciones sobre puntos de corte, herramientas diagnósticas y un algoritmo que facilita la búsqueda de casos. Este es el primer intento por facilitar un método diagnóstico útil para que los profesionales de la salud puedan detectar casos positivos que requieren de un tratamiento efectivo. Dentro de las opciones de tratamiento se encuentran medidas farmacológicas como el remplazo hormonal, y no farmacológicas como la nutrición y el ejercicio físico.(2-4)

El Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) recomienda el entrenamiento de la fuerza en adultos mayores para limitar la sarcopenia, realizando 3 series de 8 a 12 repeticiones con una intensidad del 60-80% del 1RM. Pero la población adulta mayor presenta un gran número de afecciones cardiovasculares y articulares en las cuales se contraindica el entrenamiento de fuerza a alta intensidad (EFAI). A la vez, que no suelen adherir a estos programas y prefieren el entrenamiento de baja intensidad. Siendo esta opción menos efectiva en el desarrollo de la masa y fuerza muscular.(6–8)

Existe un método de entrenamiento en el cual los ejercicios de resistencia o fuerza a baja intensidad (20-40%1RM) combinados con la restricción del flujo sanguíneo, permiten obtener resultados superiores al entrenamiento de baja intensidad tradicional. Este método fue originado en Japón donde es conocido como kaatsu, pero mundialmente es llamado entrenamiento oclusivo o entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFRT). Esta herramienta es utilizada en el entrenamiento y en el ámbito de rehabilitación para aumentar la masa y fuerza muscular.(9)

El BFRT consiste en aplicar una presión externa por medio de manguitos colocados sobre las extremidades a entrenar con el objetivo de reducir el flujo de sangre arterial y retorno venoso creando un ambiente isquémico-hipóxico. Esta situación produce un cambio al metabolismo anaeróbico y acumulación de metabolitos de la contracción muscular, que determina un mayor reclutamiento de unidades motoras y la producción de un ambiente hormonal favorecedor para el desarrollo muscular. (10,11)

Su uso cotidiano como herramienta de rehabilitación se ve afectado por los temores a efectos secundarios que pueda ocasionar, principalmente sobre el sistema cardiovascular, y la posibilidad de daño neuromuscular. Por el momento los estudios reflejan a la hemorragia subcutánea (13,1%) como el efecto adverso más común, mientras que las consecuencias severas como la trombosis venosa profunda fueron extremadamente bajas (0,055%). (12)

El BFRT parece ser un método adecuado para el desarrollo muscular, que podría ser extrapolado al tratamiento de la sarcopenia, pero es necesario un mayor conocimiento sobre sus efectos, dosificación y seguridad en adultos mayores.

II. OBJETIVOS

II.a) General

Analizar la utilidad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo como herramienta en el tratamiento de la pérdida de fuerza, masa muscular y rendimiento físico asociado a sarcopenia en sujetos adultos mayores.

II.b) Específicos

II.b.1) Describir la implementación, dosificación y parámetros de seguridad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en sujetos adultos mayores.

II.b.2) Comparar los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la fuerza, masa muscular y rendimiento físico con otras modalidades de entrenamiento de resistencia utilizadas en sujetos adultos mayores con o sin diagnóstico de sarcopenia.

II.b.3) Comparar los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la fuerza, masa muscular y rendimiento físico con otras modalidades de entrenamiento de fuerza utilizadas en sujetos adultos mayores con o sin diagnóstico de sarcopenia.

II.b.4) Comparar los efectos de un plan de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la fuerza, masa muscular, rendimiento físico y calidad de vida relacionada a la sarcopenia en dos sujetos adultos mayores. Uno de ellos sin sarcopenia y el otro sujeto en estado de presarcopenia.

III. MARCO TEÓRICO

III.a) Sarcopenia: evolución del concepto

La reducción de la masa muscular producto de la edad es un fenómeno apreciado por la humanidad desde tiempos remotos. Pero es hasta 1989 que Irwin Rosemberg da nombre a esta entidad como sarcopenia, proveniente de la unión de las palabras griegas “sarx” o “sarc” (carne) y “penia” (déficit o pérdida), que puede traducirse literalmente como una pérdida o déficit de carne. A partir de ese momento la sarcopenia es entendida como la disminución de la masa muscular esquelética que se produce con el envejecimiento.(2)

Desde fines de la década del 80 el concepto de sarcopenia se mantuvo estático, pero su impacto en la calidad de vida, discapacidad, hospitalización y mortalidad de la población se incrementaba creando un gran costo social y económico. Es así que surge la necesidad de crear una definición ampliamente aceptada junto con criterios diagnósticos que permitan su identificación para facilitar la intervención. La Sociedad de Medicina Geriátrica de la Unión Europea (EUGMS) en 2009 crea el Grupo Europeo de Trabajo sobre la Sarcopenia en Personas de Edad Avanzada (EWGSOP) compuesto por representantes de cuatro organizaciones: la Sociedad Europea de Medicina Geriátrica, la Sociedad Europea de Nutrición Clínica y Metabolismo, la Asociación Internacional de Gerontología y Geriatria de la región europea y la Asociación Internacional de Nutrición y envejecimiento.(2)

En 2010 el EWGSOP revoluciona el concepto de sarcopenia mediante dos acciones. Primero introduciendo en su definición y criterios diagnósticos la función muscular deficiente (fuerza y rendimiento físico), es decir que no solo debe demostrarse una baja masa muscular si no también pérdida de fuerza y desempeño físico para considerar a una persona sarcopénica. Segundo, definiéndola como un Síndrome Geriátrico, promoviendo su inclusión dentro de este grupo de estados de salud alterado característico y propio de los adultos mayores.(2)

Desde entonces han surgido agrupaciones internacionales, a saber, en 2011 el Grupo Internacional de Trabajo sobre la Sarcopenia (IWGS), en 2014 la Fundación para el Proyecto de Sarcopenia del Consorcio de Biomarcadores de los Institutos Nacionales de Salud (FNIH) y el Grupo Asiático de Trabajo para la Sarcopenia (AWGS). Los cuales han publicado artículos que incluyen su propia definición, criterios y algoritmos diagnósticos, y puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia. Todos ellos se han establecido en la misma línea de trabajo marcada por el EWGSOP, siendo críticas

constructivas con un gran valor complementario a aquel primer paso dado en 2010.(2,13–15) Este trabajo relativamente aislado en diferentes partes del globo culminó en 2016 con, hasta este momento, el mayor suceso en la evolución de esta entidad, su reconocimiento formal como enfermedad muscular con un código de diagnóstico en la décima edición de la Clasificación de Enfermedades Internacionales (CIE-10 o ICD-10).(3)

Las numerosas publicaciones en esta última década motivó al EWGSOP a reunirse nuevamente, dando origen a principios del 2018 al EWGSOP2. Basados en la nueva información disponible divulgan un artículo con la definición, clasificación, algoritmo diagnóstico, criterios diagnósticos, herramientas diagnósticas y puntos de corte utilizados en la actualidad. Siendo estos los de mayor aceptación, aún sin existir un claro consenso en varios de los puntos mencionados anteriormente.(3)

Con cimientos en toda la información difundida a lo largo de los años por las diferentes entidades internacionales, se puede construir un concepto sólido de esta afección y expresarlo de la siguiente manera: la sarcopenia es una enfermedad muscular de origen multifactorial que ocasiona un trastorno progresivo y generalizado en el musculo esquelético, caracterizado por una reducción acelerada de la masa y función muscular. Asociada a una mayor probabilidad de resultados adversos, incluidas las caídas, el deterioro funcional, la fragilidad y la mortalidad. Siendo común en los adultos de edad avanzada, pero también puede ocurrir antes en la vida. (2,3,13–16)

III.b) Etiología y fisiopatología

El origen de la sarcopenia aún no se ha esclarecido, principalmente debido a las dificultades metodológicas que implica el estudio del envejecimiento en el musculo esquelético. Los estudios longitudinales son difíciles de realizar en mamíferos con una vida útil prolongada, como es el caso de los humanos. Mientras que los estudios transversales son particularmente vulnerables a factores de confusión relacionados con aspectos del estilo de vida. Debido a esto la mayor información en este campo proviene de estudios en roedores de laboratorio con un proceso de envejecimiento acelerado, donde a su vez es posible un control absoluto sobre variables como nutrición y actividad física que pueden influir en los datos obtenidos de las muestras.(5)

III.b.1) Neuroenvejecimiento: denervación-reinervación parcial

La unidad motora (UM) es la unidad funcional del sistema motor, cuenta con una motoneurona- α y las fibras musculares inervadas por esta neurona. Durante el envejecimiento el sistema nervioso en todos sus niveles también se ve afectado, este proceso recibe el nombre de neuroenvejecimiento o neurodegeneración, y se cree que es determinado mayoritariamente por el estrés oxidativo y cambios en la microcirculación. A nivel de la médula espinal se ven principalmente afectadas las células de mayor tamaño, es decir motoneuronas- α por sobre motoneuronas- γ . A su vez, siguiendo un orden de tamaño las neuronas motoras de UM rápidas se ven más perjudicadas que las pertenecientes a UM de tipo lento. (5)

Este contexto determina una pérdida acelerada de motoneuronas- α con denervación completa de las fibras musculares que poseía a cargo. A consecuencia de esto ocurre el fenómeno de brotación colateral, en el cual las motoneuronas sobrevivientes desarrollan prolongaciones dirigidas a reinervar las fibras huérfanas. Este proceso es estimulado por los señalizadores químicos liberados por las fibras denervadas y como respuesta adaptativa a la mayor carga de trabajo que es transferida a las UM sobrevivientes.(5)

La reinervación completa no es posible, ya que algunas neuronas motoras se encuentran en un estado “enfermo” que precede a la pérdida final de la misma, este estado reduce su capacidad funcional y las imposibilita de crear nuevos axones. Por otro lado las neuronas motoras “sanas” tienen un límite al cual pueden extender su árbol periférico, porque el gasto energético pone en riesgo su supervivencia. Las fibras reinervadas sufren una conversión al tipo de fibra correspondiente al de la nueva UM. Debido a que las UM de tipo lenta se ven menos afectadas por el proceso de envejecimiento, hay una transición considerable de las fibras rápidas a lentas.(5)

De esta manera la denervación-reinervación parcial producto del envejecimiento ocasiona que el sistema neuromuscular sufra una reorganización de las UM. Como resultado hay un menor número de UM (debido a la muerte de neuronas motoras), pero de mayor tamaño (por la reinervación de fibras mediante brotación colateral) y con heterogeneidad de fibras (consecuencia de incorporar fibras rápidas en UM lentas). También existe una pérdida neta de fibras rápidas producto de la denervación y su transición a lentas al ser reinervadas por UM de tipo lento. Proceso en el cual adquieren características similares a las fibras de contracción lenta como una menor sección transversa anatómica (CSA) y alteraciones en su capacidad metabólica y

dinámica de contracción. Si bien, la reducción en la CSA es mínima en cada fibra, la sumatoria de todas ellas, además de las fibras perdidas por denervación, colabora en la reducción total de la CSA del músculo dando la atrofia y reducción en la generación de fuerza características de la sarcopenia.(5)

III.b.2) Miocito: cambios intrínsecos

En la vejez se aprecia una reducción en el número de mionúcleos y alteraciones en su morfología (aspecto menos regular y fragmentado). Pero el cambio determinante está dado por la agrupación de núcleos en surcos a lo largo de la fibra, ocasionando una distribución menos homogénea que provoca variabilidad en el tamaño del dominio mionuclear (DMN). Parece ser que existe un límite al cual puede extenderse el DMN, y en la vejez se lleva hacia esos límites, donde la capacidad para renovar las proteínas contráctiles, mitocondrias y otros componentes claves para el correcto funcionamiento se ve seriamente comprometida. Acumulando elementos de la maquinaria contráctil deficientes, llevando a una pérdida en la generación de fuerza y tamaño de la fibra.(5)

Otro cambio intrínseco ocurre a nivel del retículo sarcoplasmático (RS), este es el encargado de la liberación y receptación del Ca^{+} intracelular, necesario para desplegar los acontecimientos a nivel sarcoméricos encargados de la contracción y relajación de las proteínas contráctiles, siendo un pieza clave y determinante en la velocidad de contracción. En la vejez se aprecia una desaceleración de la velocidad de contracción isométrica en ambos tipos de UM, que es causado por una alteración en la función del RS, evidenciado por un pico máximo reducido en la liberación de Ca^{+} . Esto contribuye a un decremento en la capacidad de generar fuerza en los adultos mayores.(5)

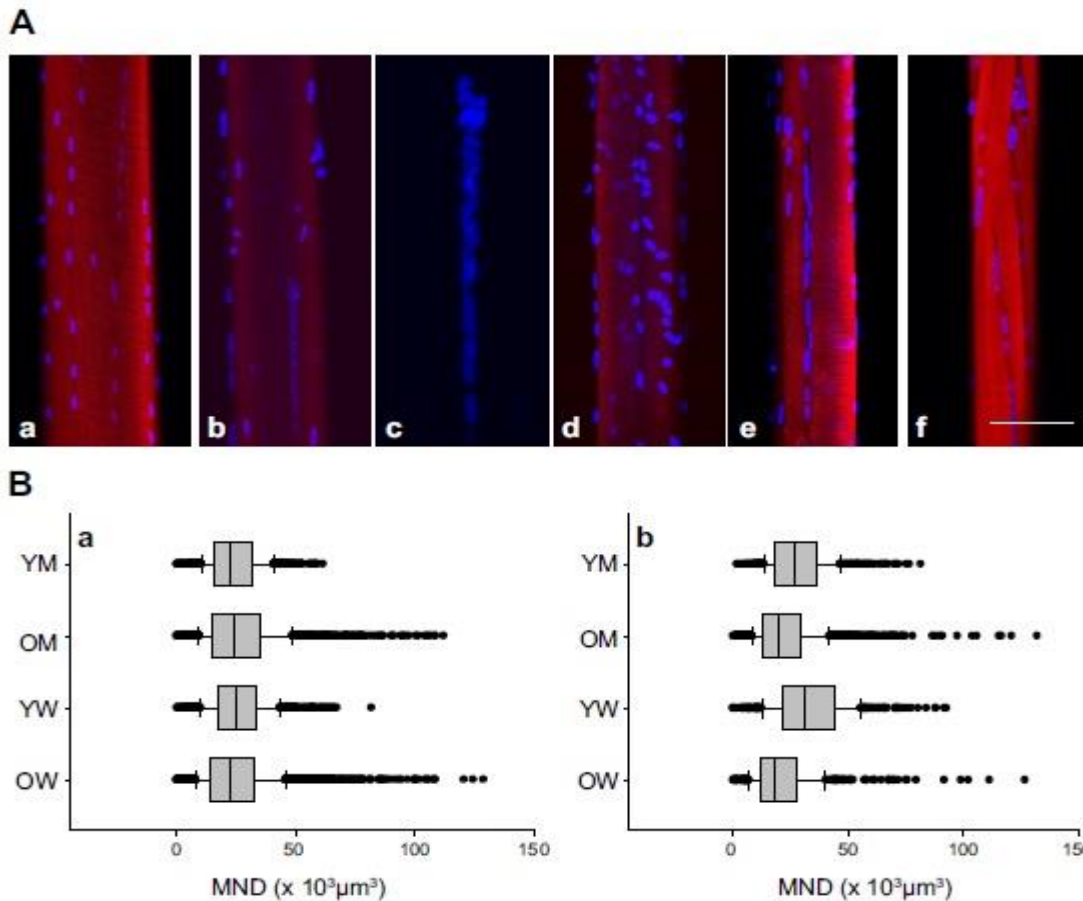


Imagen 1: en el sector A de la imagen puede verse los cambios en la fibra muscular desde un sujeto joven (a) hasta la fase final en un anciano (f). Se puede apreciar como los mionúcleos se reducen en número y se desarrollan grietas en la fibra muscular donde se alojan los núcleos creando una variabilidad en el tamaño del DMN. En el sector B se compara el tamaño del DMN entre personas jóvenes (YM: hombre joven y YW: mujer joven) y adultos mayores (OM: hombre anciano y OW: mujer anciana) tanto en fibras tipo I (a) y IIa (b). En ambas los adultos mayores muestran un aumento en la variabilidad de tamaño de DMN.(5)

III.b.3) Mitocondrias: estrés oxidativo y dinámica mitocondrial.

Las mitocondrias son componentes intrínsecos de la fibra muscular, pero merecen un apartado especial, son las protagonistas del estrés oxidativo, uno de los principales mecanismos responsables de la sarcopenia. Estas organelas poseen una membrana interna donde se ubica la cadena respiratoria (CR), destinada a la producción de ATP mediante la fosforilación oxidativa (FO). Durante la FO se producen especies reactivas de oxígeno (ROS) que interactúan con el ADN mitocondrial (ADNmt) y nuclear (ADNn) creando mutaciones que altera la síntesis de los componentes que integran la CR,

como consecuencia la FO se torna deficiente incrementando la producción de ROS, que aumentan el daño a nivel del ADNmt y ADNn. Este cuadro se retroalimenta y potencia con cada ciclo, al punto tal de comprometer la supervivencia celular. (5)

Pero las mitocondrias no son estáticas, estas pueden unirse para crear mitocondrias de mayor tamaño alojando un número superior de CR y más eficientes en la creación de energía celular, este proceso es conocido como fusión. Pero también, puede ocurrir el paso inverso denominado fisión donde una mitocondria se divide originando mitocondrias de menor tamaño, menos eficientes en la producción de energía y liberadoras de abundante ROS. Las proteínas implicadas en estos procesos son: OPA 1 y mitofusin 1 y 2 en la fusión, y en la fisión DRP1 y FIS1. Se ha demostrado que OPA1 juega un rol protector, pero en los sujetos sedentarios de edad avanzada se registra una reducción de sus niveles, rompiendo la delicada homeostasis mitocondrial. De esta manera se incrementa la fisión, y con ello el número de mitocondrias disfuncionales y el estrés oxidativo.(5)

Las mitocondrias disfuncionales liberan señalizadores químicos activadores de una vía específica de autofagia denominada mitofagia, que permite la eliminación de las mismas. Pero este proceso también se ve alterado en la vejez, resultando en un acumulo de mitocondrias disfuncionales producto de la fisión que perpetúan el estrés oxidativo y llevan a una crisis energética celular. (5)

III.b.4) Inflamación sistémica de bajo grado

En la vejez se detecta un estado proinflamatorio caracterizado por niveles de citoquinas ligeramente elevados en relación a sujetos jóvenes, pero muy por debajo de los niveles registrados en infecciones agudas, esta condición recibe el nombre de inflamación sistémica de bajo grado. La misma está asociada con estilo de vida sedentario, trastornos crónicos de la salud, alteraciones de la nutrición, aumento del tejido adiposo, entre otros. Los niveles elevados de las citoquinas proinflamatorias: PCR, TNF- α , IL-1 e IL-6 se encuentran asociados con discapacidad, mortalidad, pérdida de masa muscular, fuerza y rendimiento físico. Esto se debe a la capacidad de las mismas para activar vías de degradación proteica como el sistema ubiquitina/proteasoma y participar en la señalización de la vía de la apoptosis.(5)

III.b.5) Cambios hormonales

El envejecimiento produce alteraciones en las funciones del eje neuroendócrino, tanto a nivel de las glándulas en la producción y secreción de hormonas, así como en los

sistemas reguladores de retroalimentación y los receptores ubicados en los tejidos diana. De esta manera se originan los estados de menopausia, andropausia, adrenopausia y somatopausia. Estos cambios parecen favorecer un desequilibrio hormonal con prevalencia de estímulos catabólicos sobre los tejidos corporales, impactando negativamente en el músculo esquelético.(17,18)

III.b.6) Síntesis y degradación proteica: resistencia anabólica

La tasa de síntesis y degradación proteica condiciona el número y tamaño de las proteínas contráctiles, organelas y citoplasma, que determinan el tamaño de la célula, y en definitiva el volumen muscular. La atrofia vista en la sarcopenia es adjudicada a una reducción en la síntesis y a una hiperrespuesta de las vías de degradación, creando un balance proteico negativo. Las investigaciones actuales parecen desmentir esta doctrina, señalando que en conjunto a los cambios cuantitativos se adicionan alteraciones del orden cualitativo en los sistemas de síntesis/degradación proteica, volviendo deficientes a estos procesos. Como resultado hay una incorrecta eliminación y renovación de los componentes celulares, con proteínas y organelas sobrevivientes inadecuadas para el óptimo funcionamiento muscular.(5)

La vía IGF-1/PI3K/AKT/PKB/mTOR (desde ahora mTOR) es la principal encargada de la síntesis de proteínas musculares, y capaz de inhibir a la familia FoxO encargada de activar las vías de degradación. Esta vía es iniciada por la unión de IGF-1 con su receptor de membrana celular, pero el decremento de los niveles de este factor de crecimiento en la vejez reduce la actividad de mTOR. También puede ser activada de otra manera, mediante las señales anabólicas creadas por el ejercicio y la nutrición. Estos estímulos durante la vejez parecen no activar de manera eficiente la vía mTOR, aun cuando el nivel en la ingesta de proteínas y la actividad física persiste o se incrementa. Se cree que es por un aumento en el umbral necesario para su activación, volviéndola menos sensible a la señales anabólicas y reduciendo su actividad, este fenómeno se denomina resistencia anabólica.(5)

Las vías esenciales de degradación proteica están dadas por el sistema de ubiquitina/proteasoma y el sistema de autofagia/lisosoma. El primero permite degradar proteínas mediante la unión de la ubiquitina al objetivo, proceso llamado ubiquitinación, que sirve de señal para la activación del proteasoma encargado de la destrucción. El segundo sistema permite también el catabolismo de organulos, incluyendo las mitocondrias proceso conocido como mitofagia. En la vejez no se detecta un incremento de estos sistemas, si no que parecen reducir su actividad o

mantenerla estable. Lo que sí es evidente, es que su función se encuentra alterada, manifestado por el acúmulo de proteínas sarcoméricas deficientes que contribuyen a la debilidad, y el incremento del recuento de mitocondrias disfuncionales que perpetúan y potencian el estrés oxidativo, dañando el ADN y comprometiendo la supervivencia de la célula.(5)

La superfamilia del TGF- β puede participar tanto en la génesis como catabolismo proteico. La BMP al unirse a su receptor de membrana logra desencadenar la fosforilación de Smad4 y su unión al complejo Smad1/5/8 creando una cascada de acontecimientos a favor de la síntesis proteica e inhibición de MUSA1, un vía de degradación proteica. En la vejez se evidencia un decremento de BMP, que es corroborado por el incremento en la actividad MUSA1. Por otro lado los factores de crecimiento y diferenciación 8 y 11 (GDF8 y GDF11) al acoplarse con su receptor logran la interacción de Smad4 con Smad2/3 modulando la transcripción de genes que controlan la atrofia o bloquean la hipertrofia.(5)

GDF8 tiene la función de regular negativamente el desarrollo muscular, y es más conocido como miostatina, cuya fama es otorgada por los ratones de laboratorio hipermusculados resultados de las investigaciones con knockout de GDF8 o de su receptor. Por tal motivo se ha dedicado importancia al estudio de la participación de la miostatina durante la vejez. Inicialmente se reportaron niveles elevados de GDF8 en adultos mayores, adjudicándole parte del proceso sarcopénico. Pero las últimas publicaciones reflejan valores de miostatina normales o reducidos, mientras que expresan la existencia de un incremento en el recuento de GDF11, el cual es de estructura y función similar a la miostatina. Por lo que se requieren más estudios para confirmar el rol de ambos en el desarrollo de la sarcopenia.(5)

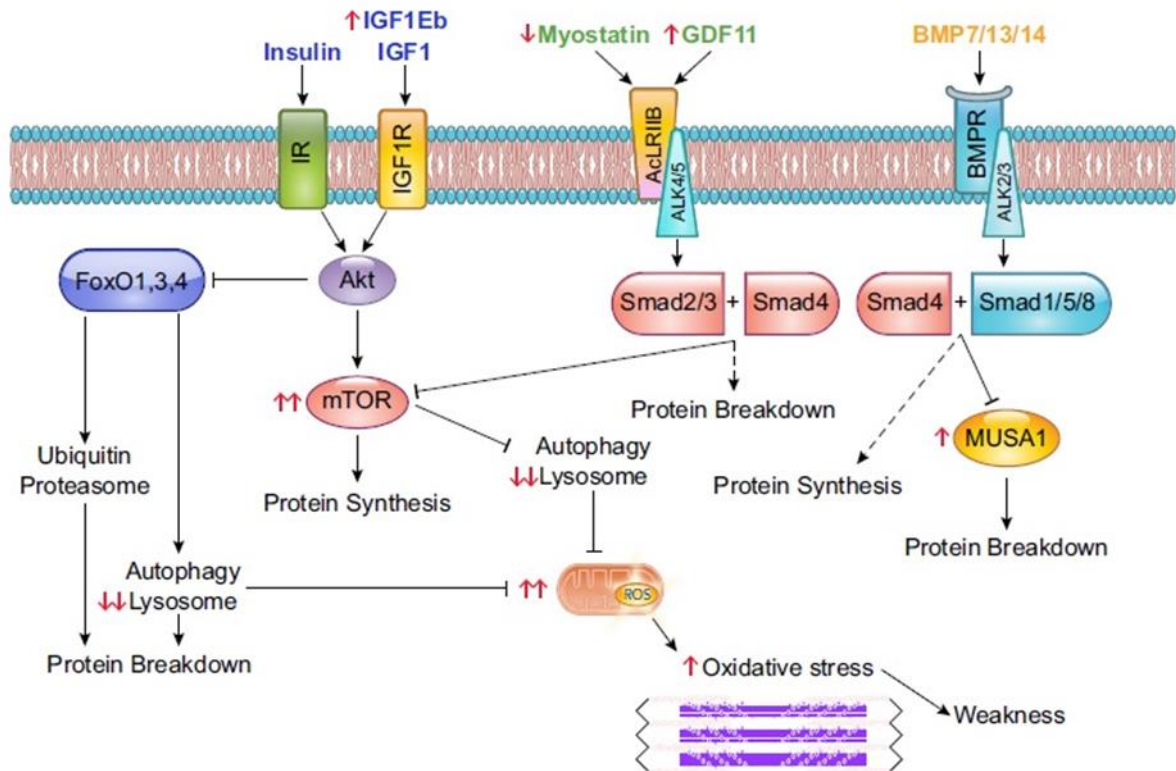


Imagen 2: interacción entre las vías de síntesis/degradación proteica que se vinculan al desarrollo de la sarcopenia. (5)

III.b.7) Alteraciones en las células satélites y microvasculatura

Las células satélites (CS) se encuentran inactivas entre la membrana celular y la lámina basal, pero mediante estímulos fisiológicos o patológicos son capaces de proliferar y diferenciarse para unirse a fibras musculares existentes (hipertrofia) o entre sí para dar lugar a nuevos mocitos (hiperplasia), siendo indispensables en la regeneración/reparación del tejido muscular.(5,19) En la vejez parecen encontrarse alteraciones en el orden cuantitativo, con reducción de su existencia de hasta el 65% en relación a un sujeto joven. Pero algunos investigadores no evidencian tales reducciones y relatan que la falla del tejido muscular para regenerarse se debe a cambios en los factores reguladores miogénicos (FRM) de proliferación y diferenciación de las CS. Cambios provocados por un ambiente anabólico reducido (menor testosterona, IGF-1, entre otros) y estímulos catabólicos incrementados (inflamación sistémica de bajo grado), creando señales anómalas que detienen su actividad, o pueden ser capaces de modificar su diferenciación del fenotipo miogénico hacia al adipogénico o fibrogénico.(5,19,20)

Otro cambio relacionado a la sarcopenia ocurre a nivel de la microvasculatura. En la vejez se aprecia una reducción del número de capilares por fibra muscular (relación capilar/fibra) y por área muscular (densidad capilar), que recibe el nombre de rarefacción capilar. Este cuadro reduce la llegada de nutrientes y hormonas anabólicas, imposibilitando el crecimiento muscular. También se expande la distancia entre las células endoteliales (CE) y CS dificultando su comunicación cruzada que permite el correcto desarrollo de la mioangiogénesis.(5)

III.b.8) Factores modificables: nutrición y sedentarismo

El inicio y progresión de la sarcopenia está vinculado al envejecimiento cronológico y genética, siendo estos eventos incontrolables para los humanos y considerados factores no modificables. Pero existen ciertas elecciones en el estilo de vida, tales como sedentarismo e incorrecta alimentación, que contribuyen con la progresión y velocidad en el desarrollo de la sarcopenia. Sobre estas conductas el humano posee la capacidad de accionar y se consideran factores modificables. Las enfermedades pueden ocupar un puesto intermedio entre los dos factores, ya que dependiendo de su condición pueden o no ser controladas, y/o revertidas de forma parcial o total.(19)

La anorexia del envejecimiento es una ingesta calórica insuficiente debido a reducción del apetito, alteraciones en el gusto y olfato, cambios gastrointestinales, dificultades sociales y limitaciones económicas que acompañan a la vejez. Como consecuencia la disponibilidad de aminoácidos decrece, y con ello la capacidad de síntesis proteica para el correcto mantenimiento muscular. La situación opuesta, es decir una ingesta calórica excesiva, conduce a la obesidad que está íntimamente ligada al proceso de sarcopenia. El tejido adiposo no es metabólicamente inerte, es capaz de secretar abundantes cantidades de señalizadores proinflamatorios, convirtiéndolo en un protagonista de la inflamación sistémica de bajo grado. La señal inflamatoria acelera la sarcopenia al activar vías proteolíticas y la apoptosis mionuclear.(19)

El sedentarismo potencia el avance de la enfermedad muscular, el nexo entre ambos es tan fuerte, que estudios han registrado un incremento del 33% del riesgo de sufrir sarcopenia por cada hora de sedestación. Incluso publicaciones demuestran un pérdida 3 veces mayor en la masa muscular de las extremidades inferiores en adultos mayores inmovilizados en cama en relación a personas jóvenes.(21)

III.c) Diagnóstico

Para identificar la sarcopenia tanto en la investigación como en la práctica clínica existen dos parámetros: la cantidad y función muscular. Expresados por medio de tres variables masa muscular, fuerza y rendimiento físico, de cuya combinación se originan los tres estadios: presarcopenia, sarcopenia y sarcopenia severa. (2,3)

Si bien, los tres criterios diagnósticos se mantiene estables desde el año 2010, la evidencia acumulada en la última década expresa de manera cada vez más contundente que la fuerza es mejor que la masa muscular para predecir resultados adversos.(3) Esto se debe a que la masa muscular baja está asociada con el desarrollo de debilidad muscular, esta última también llamada dinapenia, se asocia fuertemente con pérdida de función y discapacidad, pero la masa muscular por si sola está pobremente o no asociada a la función y discapacidad del sujeto.(14) Sumado a esto ha quedado claro que es difícil medir con precisión la cantidad y calidad muscular, pero por sobre todo las herramientas necesarias son poco accesibles, dificultando que los avances en el área de investigación puedan trasladarse a la práctica clínica.(3)

Motivados principalmente por facilitar la detección temprana y el tratamiento oportuno en la práctica clínica, en conjunto a los motivos mencionados anteriormente, es que el EWGSOP2 coloca la fuerza muscular baja a la vanguardia como indicador primario de sarcopenia. Quedando la estadificación de esta afección muscular de la siguiente manera: ante la presencia de fuerza muscular baja se está en evidencia de un estado de presarcopenia. Si a este cuadro se le suma una evaluación de masa muscular que corrobore la baja cantidad o calidad de la misma, se confirma el diagnóstico de sarcopenia. Por último, el estado de sarcopenia severa se expresa al sumar un desempeño físico deteriorado a la confirmación de la fuerza y masa muscular reducidas.(3)

EWGSOP 2010	Criterios diagnósticos		
	Masa muscular	Fuerza	Rendimiento físico
Estadios			
Presarcopenia	↓		
Sarcopenia confirmada	↓	+	↓
Sarcopenia severa	↓	+	↓
EWGSOP 2018	Criterios diagnósticos		
	Fuerza	Masa muscular	Rendimiento físico
Estadios			
Presarcopenia	↓		
Sarcopenia confirmada	↓	+	↓
Sarcopenia severa	↓	+	↓

Tabla 1: muestra el cambio realizado por el EWGSOP2 en la jerarquía de los criterios diagnósticos y su impacto en la estadificación. (2,3)

Todos los organismos han formulado y propuesto un algoritmo diagnóstico. El EWGSOP en su actualización de 2018 propone la utilización de FACS, este es el acrónimo de Find (Encontrar), Assess (Evaluar), Confirm (Confirmar) y Severity (Gravedad). El mismo es elaborado mediante la información actualizada en la última década y busca ser práctico para fomentar su uso en la clínica donde es necesario detectar, diagnosticar y determinar la gravedad de la sarcopenia en los pacientes. (3)

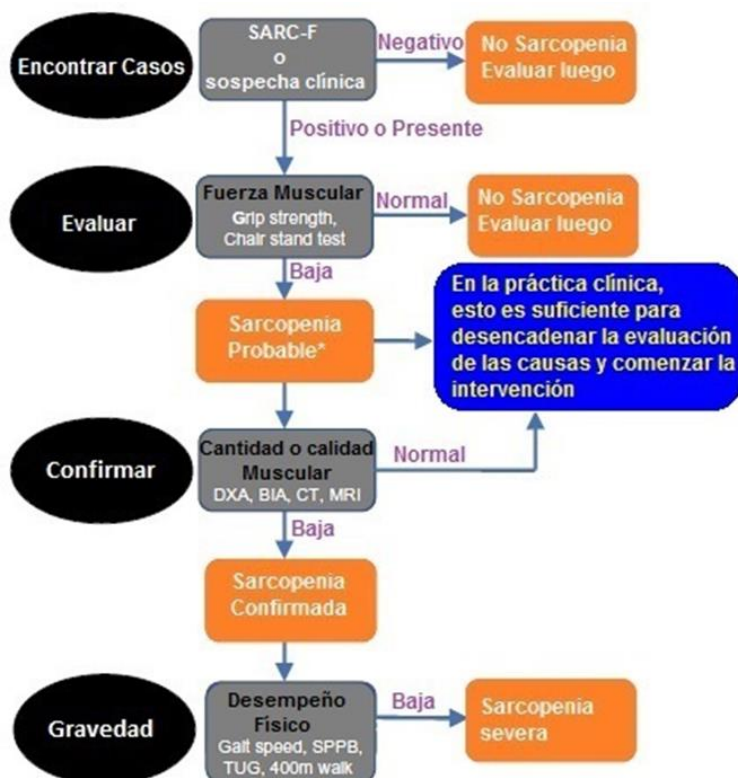


Imagen 3: traducción del algoritmo FACS desarrollado por el EWGSOP2 para la búsqueda de casos, haciendo un diagnóstico y cuantificando la gravedad en la

práctica. * Considere otras razones para la baja fuerza muscular (por ejemplo: depresión, trastornos del equilibrio o vasculares periféricos).(3)

III.c.1) Encontrar casos

Para encontrar casos de sarcopenia es necesario saber dónde y cómo iniciar la búsqueda. Como se mencionó con anterioridad es una entidad frecuente en la tercera edad por lo que la búsqueda debe iniciarse en las personas con una edad superior a 60 o 65 años, o la edad considerada como adulto mayor en el país donde reside la persona, ya que esta definición varía en cada región por contemplar, además de las características biológicas, aspectos sociales como la edad jubilatoria. Por otro lado se sabe, aunque es extremadamente infrecuente, que esta afección puede iniciarse antes de alcanzar la sexta década de vida. Es así que sin importar la edad todo paciente que presente signos y síntomas de sarcopenia, tales como caídas, sensación de debilidad, velocidad lenta en la caminata, dificultad para levantarse de una silla, hospitalización reciente, pérdida de peso/masa muscular debería ser evaluado. (3,13,15)

Si bien, se sospecha que estas poblaciones presenten sarcopenia, no todos los individuos estarán afectados por la enfermedad muscular. Por lo que debería evaluarse en todos ellos la fuerza, masa muscular y rendimiento físico, esto sería un gran costo de recursos. Es por ello que es necesario una herramienta de cribado para detectar con mayor precisión los posibles casos, ahorrando tiempo, dinero y esfuerzo del personal de salud.(3)

El EWGSOP2 recomienda la utilización del SARC-F, un cuestionario autoadministrado que se convierte en una herramienta sencilla y rápida para detectar posibles casos de sarcopenia. Evalúa la percepción del paciente mediante 5 ítems: fuerza, asistencia para caminar, levantarse de una silla, subir escaleras y caídas. Cada componente puntúa la dificultad para realizar una tarea con 0= ninguna dificultad, 1= alguna, 2= mucha o incapaz; a excepción del apartado caídas que indaga el número experimentado en el último año, siendo 0= ninguna 1= 1 a 3 caídas, 2= 4 o más caídas. De esta manera el resultado total varía de 0 a 10 puntos, un valor igual o superior a 4 se considera positivo.(22)

El SARC-F cuenta con una sensibilidad baja a moderada y una especificidad muy alta, siendo útil para detectar casos severos. Debiendo ser necesario complementar con la medición de fuerza y masa muscular para confirmar el diagnóstico.(22) En 2016 la versión original en idioma inglés fue traducida y adaptada culturalmente al idioma

español. La traducción fue desarrollada en México y validada con éxito en 487 adultos mayores a 60 años de ambos sexos residentes de la Ciudad de México (ver anexos).(23)

III.c.2) Evaluar

El camino hacia un correcto diagnóstico inicia con la medición de la fuerza muscular. La fuerza de agarre baja de miembros superiores se considera un predictor de resultados adversos como: mayor estadía hospitalaria, limitaciones funcionales, mala calidad de vida y muerte. Además de correlacionarse moderadamente con los niveles de fuerza de otros segmentos corporales, siendo un sustituto confiable a mediciones más complejas de fuerza en brazos y piernas. Por este motivo, pero principalmente por considerarlo simple y económico el EWGSOP2 recomienda la utilización de la fuerza de agarre, también llamada fuerza de prensión manual o hand grip strength (HGS), como principal herramienta para conocer el nivel de fuerza del sujeto.(2,3)

En situaciones donde no es posible medir la fuerza de prensión producto de discapacidad en la mano se recomienda medir el nivel de fuerza de miembros inferiores. El EWGSOP2 recomienda utilizar la prueba de levantarse de una silla, también conocida como sit to stand test o chair stand test, como una forma económica y sencilla de evaluar la fuerza de los miembros inferiores. Con esta finalidad se propone la versión del chair stand test llamada five time sit to stand test (5STS), en la cual la persona evaluada debe levantarse y sentarse lo más rápido posible de una silla sin la asistencia de sus brazos, en simultáneo se cronometra y registra el tiempo necesario para completar cinco repeticiones. Evaluando así tanto la fuerza como la resistencia muscular de las extremidades inferiores, principalmente el grupo muscular cuádriceps.(3,24)

III.c.3) Confirmar

La evaluación de la masa muscular es la tarea más compleja en este camino hacia la confirmación de la presencia de sarcopenia. Existen múltiples métodos para cuantificar la masa muscular, pero los costos, accesibilidad y facilidad de uso determinan su utilidad en el campo de investigación o en la práctica clínica.(2,16)

Las técnicas de imagen corporal son las más utilizadas, entre ellas podemos encontrar la tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM) y la absorciometría radiológica de doble energía (DEXA). La RM y TC debido a su gran precisión son el estándar de oro para la medición no invasiva del músculo esquelético, pero los costos

elevados, la necesidad de personal altamente capacitado y la preocupación en cuanto a la exposición a radiación dejan relegadas estas técnicas solo al área de investigación. La DEXA es un estudio de cuerpo entero con exposición a mínima radiación, capaz de medir con gran precisión la composición corporal. Esta herramienta es más accesible y por ello es recomendada por el EWGSOP en su publicación de 2010 y actualización de 2018, como la principal opción en el área clínica y el sustituto ideal a la TC y RM en la investigación.(2,3)

El análisis por bioimpedancia (BIA) permite evaluar la composición corporal de manera indirecta midiendo la conductibilidad eléctrica de los tejidos corporales. La preocupación sobre su uso reside en que los valores obtenidos son generados mediante ecuaciones derivadas de estudios por DEXA en poblaciones específicas, cuya edad, origen étnico y otras características pueden no coincidir con el de los pacientes a evaluar afectando la precisión de la medición. Pero su menor costo, la rapidez con la que se obtiene los resultados, no invasividad, nula radiación, facilidad de uso y por sobre todo portabilidad la convierten en un método ideal para el área clínica contando con el total apoyo del AWGS, mientras que el EWGSOP2 considera que su capacidad de traslado pueden convertirlo en una opción preferible a la DEXA.(3,15)

La antropometría es utilizada ampliamente en entornos ambulatorios para valorar la composición corporal, pero no es considerada una buena opción para medir la masa muscular en adultos mayores por aumentar su vulnerabilidad al error a consecuencia de los cambios en la elasticidad cutánea y depósitos adiposos en el envejecimiento. Sumado a esto, existen pocos estudios que hayan validado las medidas antropométricas en personas adultas mayores y obesas. El EWGSOP2 recomienda su uso solo en situaciones donde no existen otros métodos diagnósticos y recomienda una circunferencia de pantorrilla <31 cm como punto de corte, ya que es un valor relacionado a discapacidad, y capaz de predecir el rendimiento y la supervivencia de sujetos adultos mayores.(2,3)

La cantidad de músculo puede expresarse como masa muscular esquelética total del cuerpo (SMM), masa muscular esquelética apendicular (ASM) o como área de sección transversal (CSA) de grupos musculares o segmento corporal específico. Debido a que la masa muscular se relaciona con las dimensiones corporales de la persona, los valores absolutos de SMM o ASM se pueden ajustar al cuadrado de la altura del sujeto (ASM/talla²), peso (ASM/kg) o índice de masa corporal (ASM/IMC). Actualmente todas

ellas son válidas, ya que no existe un consenso sobre cual se adapta mejor a cada población en particular.(2,3)

La masa muscular esquelética debe ser evaluada tanto en cantidad como en calidad. Esta última variable es relativamente nueva, y aún no presenta una definición ampliamente aceptada, pero comprende cambios micro y macroscópicos en la arquitectura y composición del músculo, como a la función muscular administrada por unidad de masa muscular. Es sabido que durante el envejecimiento los depósitos de tejido adiposo intramuscular aumentan y la capacidad de expresar fuerza se deteriora. Esto se debe a que el tejido graso ocupa volumen pero no genera tensión muscular, de esta forma se reduce la fuerza generada por el segmento muscular. Se propone al ultrasonido (US) como herramienta de elección para valorar la calidad muscular, ya que el tejido no contráctil asociado a la mioestatis se revela mediante la hiperecogenicidad. De esta forma se espera que en un futuro el US sea utilizado para cuantificar y valorar la calidad musculo esquelética.(3,13)

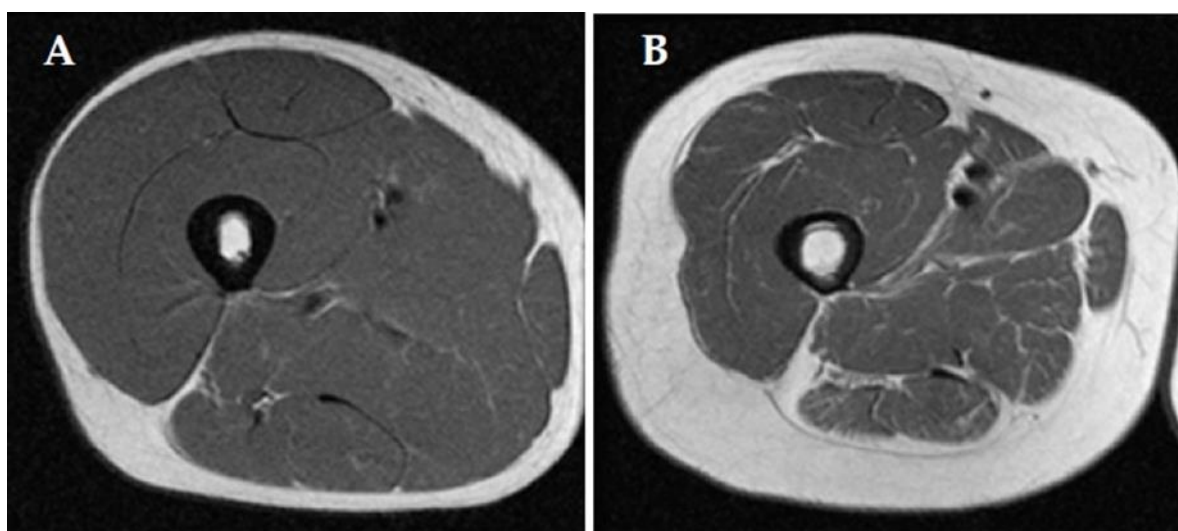


Imagen 4: imagen de RM de dos cortes transversales a mitad del muslo de un hombre de 25 años de edad (A) y de otro de 73 años de edad (B). La región oscura es la masa muscular esquelética del cuádriceps, disminuida en la persona de mayor edad. La región blanca de la periferia es masa grasa subcutánea, y la región blanca interna del adulto mayor es infiltración grasa en el músculo. Por último, la parte blanca del centro corresponde al corte del fémur.(25)

III.c.4) Gravedad

El algoritmo diagnóstico culmina con la valoración de la severidad, y para ello se vale de la exploración del rendimiento físico del individuo. Una herramienta con gran

aprobación a nivel global es la batería breve de rendimiento físico (SPPB), compuesta por 3 pruebas: equilibrio, velocidad de marcha y 5STS. Otro instrumento útil es el timed-up and go test (TUG) o prueba de levántate y anda, donde la persona debe levantarse de una silla y recorrer 3 metros en línea recta, regresar por el mismo camino, para finalmente sentarse nuevamente en la silla de partida. Por último, la prueba de velocidad de marcha habitual o gait speed (GS), consiste en recorrer en línea recta 6 o 4 metros mientras se cronometra el tiempo para completar dicho trayecto.(2,3)

Todos estos test no requieren de materiales costos y pueden aplicarse tanto en la investigación como en la clínica. Pero el EWGSOP2 recomienda utilizar principalmente la prueba de marcha habitual. Esto se debe a que ha demostrado por si sola poseer una validez semejante al SPPB para detectar resultados adversos relacionados con la sarcopenia en poblaciones geriátricas (mortalidad, discapacidad, caídas, necesidad de institucionalización). Esto permite en comparación a evaluaciones más complejas obtener resultados igual de válidos en menos tiempo. La distancia actualmente recomendada es de 4 metros, ya que es suficiente para garantizar una buena fiabilidad.(3,26)

Puntos de corte propuestos Significación clínica	
<i>Utilización transversal: estratificación y clasificación</i>	
< 0,6 m/s	Alta probabilidad de tener salud y función físicas pobres
< 0,8 m/s	Individuos con una supervivencia menor a la estimada para edad y sexo similares
≥1 m/s	Envejecimiento saludable y supervivencia mayor a la estimada para edad y sexo similares
> 1,2 m/s	Expectativa de vida excepcional
<i>Utilización longitudinal: sensibilidad al cambio</i>	
0,03-0,05 m/s	Mínimo cambio apreciable (empeoramiento o mejora)
0,08 m/s	Cambio clínicamente significativo (empeoramiento o mejora)

Tabla 2: muestra la clasificación de acuerdo al tiempo necesario para completar el test de marcha habitual.(26)

III.c.5) Puntos de corte

Aquí se encuentra el principal obstáculo en los avances de las investigaciones y aplicaciones clínicas. Los puntos de cortes establecidos dependen de las técnicas de

medición utilizadas, así como los datos disponibles de estudios de referencia y características de las poblaciones. El EWGSOP2 recomienda utilizar como población de referencia a los adultos jóvenes sanos y establecer como valor límite dos desviaciones estándar del valor de referencia medio (-2DE).(2,3)

Los valores actuales publicados por el EWGSOP2 provienen de estudios realizados en poblaciones europeas jóvenes y sanas (tabla 3). Estos datos pueden diferir con el resto de las poblaciones del mundo, ya que cada región del planeta posee etnias, tamaños corporales, estilos de vida y antecedentes culturales que les distinguen. Esto fue bien entendido por el AWGS que publicó sus puntos de corte luego de aplicar las recomendaciones del EWGSOP en los habitantes del continente asiático. Pero otras regiones como: Sudamérica, Centro América y otras partes del globo, aún no han avanzado en este camino. Actualmente todos los organismos internacionales sobre sarcopenia resaltan la necesidad urgente de nuevos estudios para obtener valores de referencia adecuados para la diversidad de habitantes en el mundo.(2,3,14,15)

Otro asunto controversial es la adopción de -2DE como valor límite, esta postura proviene de estudios que utilizaban solo como criterio de diagnóstico la masa muscular. El primero de ellos fue el estudio epidemiológico de Baumgartner en 1998, donde se comparó los datos de adulto mayores de la encuesta de salud para ancianos de Nuevo México con la información de adultos joven sanos (18 a 40 años) del estudio Rosetta. Para ese entonces no existían puntos de corte, por lo que se tomó un enfoque análogo al utilizado para definir bajo peso, sobre peso y obesidad a partir del IMC. Para ello cuantificó la masa muscular como $ASM/talla^2$ y se eligió como punto de corte -2DE de la media específica para cada sexo en la población de adultos jóvenes.(27)

Una situación similar ocurrió en Estado Unidos en el año 2002 donde se utilizó los datos de la tercera encuesta nacional de examen de salud y nutrición (NHANSES III). Aquí se decidió cuantificar la musculatura mediante el índice de masa muscular (SMI) expresado en formato de porcentaje obtenido al realizar el siguiente cálculo: $SMI = (SMM \text{ (kg)} / \text{masa corporal (kg)}) * 100$. Se clasificó la sarcopenia en niveles de acuerdo al desvío estándar en relación al valor medio de sujetos jóvenes de 18 a 39 años. Un SMI normal equivale a un valor de hasta -1DE, mientras que un valor entre -1DE a -2DE supone una sarcopenia clase 1, y por último valores que exceden los -2DE son clasificados como sarcopenia clase 2. Este enfoque se decidió con el fin de asemejarlo

al utilizado para cuantificar la densidad mineral ósea en los estudios diagnósticos de osteopenia y osteoporosis.(28)

El grupo FNIH es el principal crítico en este punto, ya que considera que estos valores son seleccionados arbitrariamente y adrede solo para coincidir con sistemas de diagnósticos ya establecidos para otras patologías. Esto no es infundado ya que en el propio estudio de Baumgartner expresa que su elección de punto de corte fue totalmente arbitraria. Por lo que es necesario estudios que encuentren valores límites que tengan una mayor relación con la debilidad, deterioro funcional, pérdida de masa muscular y resultados adversos como caídas y mortalidad en los pacientes sarcopénicos.(14,27)

Por el momento el EWGSOP2 es consciente de la falta de consenso y limitaciones generadas en este nivel. Por ello decide publicar sus propios puntos de cortes con valores redondeados con la esperanza de que la pérdida de precisión se compense por la facilidad de uso. Este sería el primer paso en un intento por ganar adhesión y popularidad en un método diagnóstico útil en la práctica clínica, mejorando la detección de pacientes con la enfermedad muscular. También se reconoce que los valores otorgados no son estáticos y se espera que evolucionen en futuras investigaciones logrando mejorar la precisión y coherencia de los mismos, similar a lo ocurrido con los valores de tensión arterial, glicemia y colesterol para el diagnóstico de hipertensión arterial, diabetes e hiperlipidemia, respectivamente.(2,14,16)

Pruebas	Puntos de corte	
	Hombres	Mujeres
Puntos de corte de sarcopenia EWGSOP2 para baja fuerza		
Hand Grip Strength	<27kg	<16kg
Five Time Sit to Stand Test	>15"	
Puntos de corte de sarcopenia EWGSOP2 para baja cantidad muscular		
ASM	<20kg	<15kg
ASM/altura ²	<7 kg/m ²	<6 kg/m ²
Puntos de corte de sarcopenia EWGSOP2 para bajo rendimiento		
Gait Speed	≤0.8 m/s	
SPPB	≤8 puntos	
TUG	≥20"	

Tabla 3: puntos de corte del EWGSOP2.(3)

III.d) Clasificación

Una vez que la sarcopenia es encontrada, evaluada, confirmada y valorada su severidad es necesario iniciar la búsqueda de sus agentes causantes, así como de

implementar un tratamiento oportuno. Para facilitar estos pasos el EWGSOP2 propone clasificarla de acuerdo a su origen y tiempo de evolución.(2,3)

La sarcopenia es una enfermedad muscular observada principalmente en personas de edad avanzada, pero su origen es multifactorial. Esto permite clasificarla en: primaria o relacionada a la edad cuando no se observa ninguna causa evidente en una persona mayor, o secundaria cuando existen factores causales distintos del, o a demás del, envejecimiento.(2,3,16)

De acuerdo al tiempo de evolución es posible distinguir sarcopenia aguda como aquella con <6 meses de evolución, y crónica con un tiempo ≥6 meses. Este último subgrupo suele estar relacionado a enfermedades crónicas y progresivas que aumentan el riesgo de mortalidad. La creación de este sistema intenta estimular el desarrollo de evaluaciones periódicas que permitan detectar el desarrollo o empeoramiento de la enfermedad para prevenir o retrasar su progresión.(3)

Causas subyacentes frecuentes de sarcopenia	
Nutricional	
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo consumo de proteínas • Bajo consumo de energía • Deficiencia de micronutrientes • Malabsorción y otras afecciones gastrointestinales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anorexia (envejecimiento, problemas orales).
Asociado a la inactividad	
<ul style="list-style-type: none"> • Reposo en cama, inmovilidad, descondicionamiento. • Baja actividad, estilo de vida sedentario 	
Enfermedad	
<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades óseas y articulares. • Trastornos cardiopulmonares que incluyen insuficiencia cardíaca crónica y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. • Trastornos metabólicos (particularmente diabetes). • Enfermedades endocrinas (particularmente privación de andrógenos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Desórdenes neurológicos • Cáncer • Trastornos hepáticos y renales.
Iatrogénico	
<ul style="list-style-type: none"> • Admisión hospitalaria • Relacionado con las drogas 	

Tabla 4: causas de sarcopenia.(16)

III.e) Epidemiología

El primer estudio epidemiológico fue realizado por Baumgartner et al., los datos de su publicación muestran una prevalencia que inicia en un 13,5% a 24,1% en adultos menores de 70 años hasta alcanzar el 60% en la población octogenaria. Los datos publicados en el año 2010 por el EWGSOP estiman que la presencia de sarcopenia en las personas entre 60 a 70 años es del 5% al 13%, mientras que predomina entre el 11% y 50% en los sujetos mayores de 80 años. Según esas cifras se calcula que actualmente un número mayor a 50 millones de personas se ven afectadas por esta enfermedad y llegará hasta 200 millones en los próximos 40 años. (2,14,27)

La prevalencia de la sarcopenia depende de la definición utilizada para su diagnóstico, así como de los puntos de corte y herramientas seleccionados. Esto quedó en evidencia en el año 2018 al realizarse una revisión sistemática con metanálisis comparando 8 definiciones utilizadas habitualmente para diagnosticar la enfermedad muscular esquelética, oscilando la presencia de la misma desde un 9,9% hasta un 40,4%. Los valores más bajos fueron hallados al utilizar las definiciones que combinan masa muscular, fuerza y rendimiento físico, las cuales fluctuaban entre 9,9% y 18,6%. Entre las que se encontraban las siguientes definiciones con sus respectivas prevalencias: EWGSOP y AWGS con 12,9% (9,9-15,9%), IWGS 9,9% (3,2-16,6%) y FNIH 18,6% (11,8-25,5%). Mientras que se encontró una mayor presencia de la enfermedad en aquellas que utilizaron solo la masa muscular como criterio diagnóstico, extendiéndose desde los 24,2% a 40,4%. En este grupo se encuentran las siguientes definiciones y prevalencias: ASM/IMC 24,2% (18,3-30,1%), ASM/talla² 30,4% (20,4-40,3%), ASM/kg 40,4% (19,5-61,5%), ASM regresado por peso y altura 30,4% (20,4-40,3%).(29) También quedó expuesto que el porcentaje de individuos con sarcopenia fue mayor cuando se cuantificó la masa muscular con BIA en comparación a la DEXA.(29,30)

Por el momento en Argentina solo se tiene conocimiento de un estudio epidemiológico publicado en 2015. Se aplicó los criterios diagnósticos del EWGSOP en 82 adultos mayores de 65 años habitantes del área metropolitana de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Este grupo era integrado por 67 mujeres (81,7%) y 15 hombres (18,3%) con una edad promedio de 75,37 ± 6,29 años. El 67% de la población estudiada (n=55) presentó algún grado de sarcopenia, con la siguiente distribución 34,1% (n=28) presarcopenia, 28% (n=23) sarcopenia y 4,9% (n=4) sarcopenia severa. Al dividirlos en grupos etarios las cifras se elevan desde un 17% en menores de 70 años, a 35%

entre 70 y 80 años, para alcanzar el 48% en los mayores a 80 años. A medida que incrementaba la edad de las personas en paralelo ascendía el diagnóstico de sarcopenia severa, desde un 25% en los grupos <70 años y 70-80 años, hasta el 50% en >80 años. Otro dato de interés es que el 54,5% de los pacientes diagnosticados con sarcopenia tenía sobrepeso (43,6%) u obesidad (10,9%) indicando la existencia de obesidad sarcopénica. (31,32)

III.f) Complicaciones

Los pacientes sarcopénicos presentan un riesgo 3 veces mayor de deterioro funcional, este desarrollo de alteraciones en la marcha y equilibrio se ve reflejado en un incremento de las tasas de caídas y fracturas en esta población.(33,34) Las caídas son una de las principales causas de hospitalización entre los adultos mayores, los sujetos sarcopénicos ven incrementadas las posibilidades de hospitalización, tiempo de hospitalización, reingreso hospitalario (35,36) y costos de atención.(35–37) A consecuencia de lo mencionado con anterioridad las personas sarcopénicas enfrentan un riesgo de mortalidad 4 veces mayor que sus pares no sarcopénicos.(33)

La sarcopenia ocasiona cambios a nivel del metabolismo de los macronutrientes, originado por la disminución de las hormonas sexuales anabólicas, reducción de la masa muscular y disfunción mitocondrial. El músculo esquelético es el sumidero de glucosa más grande del organismo, por lo que su atrofia, dada principalmente por la pérdida de fibras glucolíticas, impacta en la homeostasis de la glucosa. Conduciendo así al desarrollo de enfermedades como resistencia a la insulina y diabetes. Las alteraciones mitocondriales también reducen la capacidad oxidativa, con serias consecuencias en el equilibrio lipídico, como el incremento de los depósitos de triglicéridos en la fibra muscular, mayor infiltrado graso a nivel muscular y obesidad. (38) El tejido adiposo, muscular y óseo interactúa entre sí por medio de la liberación de señalizadores químicos. El tejido adiposo incrementado secreta grandes cantidades de citoquinas proinflamatorias provocando el deterioro del sistema muscular y óseo (sarcopenia y osteopenia/osteoporosis). Este círculo vicioso autoamplificador concluye en la triada de obesidad, sarcopenia y osteoporosis denominada obesidad osteosarcopénica. Incrementando el riesgo de resultados adversos para la salud del individuo, tales como mortalidad, caídas y fracturas.(39)

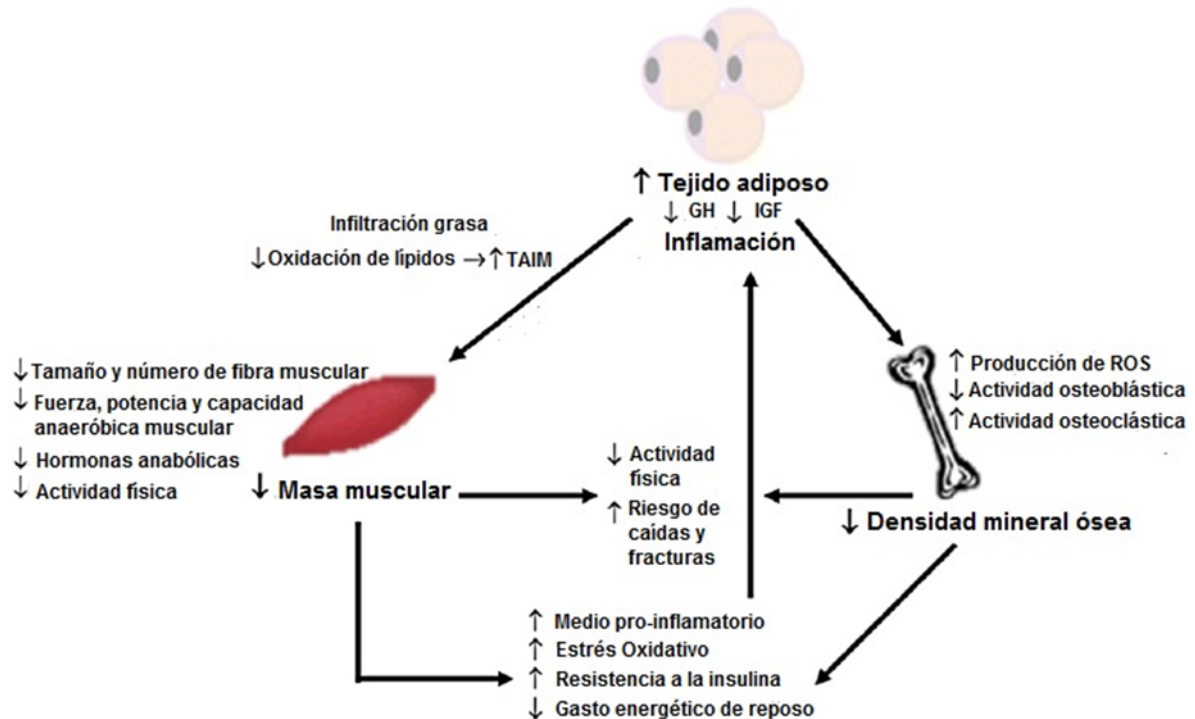


Imagen 5: se aprecia la comunicación entre el tejido adiposo, muscular y esquelético culpable de la obesidad osteosarcopénica. TAIM: tejido adiposo intramuscular. (39)

Las consecuencias de la sarcopenia son tan diversas que incluyen hasta aspectos psicológicos como depresión(40), por lo que está claro que es capaz de ejercer una influencia negativa en la calidad de vida. Diversas investigaciones han utilizado cuestionarios genéricos como Shor-Form36 y EuroQol-5d para evaluar la calidad de vida en sujetos sarcopénicos, pero no han sido capaces de reflejar con precisión el impacto que la misma genera. Por ese motivo surgió SarQol un cuestionario autoadministrado que permite evaluar de manera específica la calidad de vida en pacientes sarcopénicos.(3,41) Este cuestionario tiene un tiempo estimado de 10 minutos para ser completado. Incluye 55 ítems distribuidos en 22 preguntas, permitiendo una puntuación máxima de 100. Cuanto mayor sea el puntaje mejor es la calidad de vida de la persona evaluada. SarQol se encuentra organizado en los siguientes 7 dominios: 1-Salud física y mental (8 ítems), 2-Locomoción (9 ítems), 3- Composición corporal (3 ítems), 4-Funcionalidad (14 ítems), 5-Actividades de la vida diaria (15 ítems), 6-Actividades de ocio (2 ítems) y 7-Miedos (4 ítems).(42)

El cuestionario SarQol original fue desarrollado en idioma francés y validado en Lieja, Bélgica en una población de personas que poseían dicho idioma como lenguaje materno. Desde entonces ha sido traducido y validado en diversos idiomas, siendo posible descargar de manera gratuita su versión en español (ver anexos) del sitio web:

sarqol.org, así como la aplicación SarQol para teléfonos móviles. Esta accesibilidad permite a los profesionales contar con una herramienta útil en la práctica clínica.(42)

III.g) Tratamiento

Las principales opciones de tratamiento pueden dividirse en estrategias farmacológicas y no farmacológicas, esta última está integrada por intervenciones nutricionales y entrenamiento.(2,3)

III.g.1) Farmacológico

El reemplazo hormonal busca por medio de la administración de fármacos elevar los niveles de las hormonas anabólicas, que se encuentran reducidos y están íntimamente relacionados a la fisiopatología de la sarcopenia. Muchos estudios se han centrado en la administración de hormonas como una alternativa o potenciador de los beneficios musculares del ejercicio, siendo esta última modalidad más efectiva que aplicar la droga de manera aislada.(5)

La administración de hormonas anabólicas sexuales (estrógenos y testosterona) se relaciona con una mejora en la cantidad y calidad muscular, reducción de la grasa corporal y mejoras en la resistencia a la insulina, pero los resultados obtenidos en los adultos mayores son mínimos. Se cree que esta situación es producto de las dosis más bajas suministradas a los ancianos ante el riesgo aumentado de efectos secundarios no deseados en esta población, entre los que se encuentran el mayor riesgo de cáncer (principalmente de próstata), enfermedades cardiovasculares y trombosis. Por lo que su uso es cuestionable, y ha sido relegado a condiciones específicas como sujetos hipogonadales, en los que la aplicación de testosterona fue efectiva aún en ausencia de ejercicio.(5,20)

Las investigaciones con GH e IGF-1 demostraron efectos variables en el musculoesquelético. En conjunto a un riesgo elevado de enfermedad cardiovascular, visto principalmente en sujetos mayores sin deficiencia de GH.(5,20)

III.g.2) Nutricional

La ingesta adecuada de aminoácidos provee de la materia prima y el estímulo necesario para iniciar la síntesis proteica. En los ancianos se ve una capacidad de síntesis de proteínas reducidas para una misma dosis dada que en un adulto joven. Tal es así, que se registra un incremento de la síntesis hasta alcanzar su máximo y entrar en una meseta con valores de 35g a 40g en adultos mayores, mismo evento

registrado con solo 20g en los jóvenes. Reflejando así la resistencia anabólica, y resaltando la necesidad de mayores y mejores estímulos para activar la vía mTOR.(43)

Actualmente existe una recomendación diaria de ingesta de proteínas (RDIP) de 0,8g/kg de peso corporal al día, este es el valor mínimo para evitar un balance proteico negativo y mantener la masa muscular. Las nuevas publicaciones demuestran que los adultos mayores que seguían la RDIP perdían masa muscular, mientras que el grupo que consumía una cantidad superior mantenía o incrementaba el volumen muscular. Se estima que el valor óptimo de la RDIP es de 1,2-1,5g/kg de peso corporal por día, como este valor es solo para el mantenimiento muscular, se requiere una dosis mayor en aquellos que realizan ejercicio.(39,43)

Debido a las dificultades físicas, sociales y económicas que se presentan en la tercera edad, una dieta rica en proteínas no está al alcance de todos, es por esto que se debe optimizar la calidad en cada ingesta. Se recomienda una fuente de proteína de rápida absorción con un alto contenido de leucina, este aminoácido de cadena ramificada es clave para activar la vía mTOR incrementando la síntesis proteica postprandial.(43)

III.g.3) Ejercicio

El ejercicio físico es la piedra angular en el tratamiento y prevención de la sarcopenia, demostrando por sí solo mejorar la masa y fuerza muscular, a la vez que logra potenciar los efectos de las intervenciones nutricionales o de remplazo hormonal. La realización de ejercicio físico de manera regular logra intervenir en todos los procesos celulares que dan inicio y potencian el avance de la enfermedad muscular.(8)

El ejercicio logra interrumpir el círculo vicioso autoamplificador que acelera y potencia el desarrollo de la sarcopenia. La tensión mecánica por sí misma es capaz de activar la vía mTOR y las células satélites, pero el despliegue de señales anabólicas permite incrementar el estímulo sobre estos, dando como resultado un mayor potencial para la síntesis proteica. A su vez, logra reducir la inflamación de bajo grado y el estrés oxidativo que actúan como señalizadores proteolíticos y apoptóticos. Los niveles altos de ATP, producto de la funcionalidad mitocondrial mejorada, se asocian con mayor movimiento espontáneo y motivación, necesarios para participar en programas de entrenamiento. De esta manera se reemplaza el círculo autoamplificador por otro, pero esta vez beneficioso y con una potencial retroalimentación positiva. Logrando así el

desarrollo de hipertrofia y aumentar los niveles de fuerza muscular, lo cual se traslada a mayor rendimiento físico.(5,8)

El entrenamiento es la estrategia más sencilla, factible y económica para tratar la sarcopenia, pero no por eso debe ser tomado a la ligera. La selección del tipo de actividad física, frecuencia, intensidad y duración debe ser igual de minuciosa que la prescripción de un fármaco.(8)

Los adultos mayores se benefician de un plan de entrenamiento que fomente el desarrollo de todas las cualidades físicas, pero el entrenamiento de la fuerza (EF), por la especificidad del estímulo que proporciona (imagen 6), es el más adecuado para tratar la sarcopenia. El EF logra desarrollar una intensa señalización celular a favor de la hipertrofia que puede superar las señales a favor de la sarcopenia. Este tipo de entrenamiento logra mejoras en pruebas del rendimiento físico, como caminar y subir escaleras, que se traducen en una vida más activa e independiente. Es por eso que desde el punto de vista preventivo todo adulto mayor debería ser alentado a realizar EF de manera continua. (1,44,45)

El Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) reconoce la capacidad para limitar la sarcopenia y mejorar la calidad de vida con un entrenamiento enfocado a mejorar la fuerza, hipertrofia y potencia muscular del adulto mayor. Por ese motivo realiza las siguientes recomendaciones:

Nivel de evidencia A: realizar ejercicios mono y poliarticulares utilizando pesas libres y máquinas, con una velocidad de ejecución lenta a moderada. Cada ejercicio debe completar un volumen de 3 series integradas por un total de 8 a 12 repeticiones, con una intensidad del 60-80% del 1RM. El descanso contemplado es de 1' a 3' minutos entre series. Por último, la frecuencia de entrenamiento sugerida es de 2 a 3 sesiones por semana.(6)

Existen numerosos inconvenientes en un plan de entrenamiento de fuerza a alta intensidad (EFAI) en la población adulta mayor. Primero, la presencia de una o más patologías que contraindican, o al menos limitan, la ejecución de esta modalidad es frecuente en los individuos de este rango etario. Entre las que se encuentran enfermedades cardiovasculares, hipertensión no controlada y procesos degenerativos articulares como osteoartritis avanzada, donde la tensión impuesta en las estructuras articulares conduce al incremento del dolor y mayor daño articular.(8)

Las investigaciones demuestran que el entrenamiento de fuerza a baja intensidad (EFBI) parece ser más seguro, prueba de ello es el mayor número de lesiones registradas a medida que se incrementa la carga de entrenamiento, incluso en deportistas sanos y experimentados. Sumado a esto, los adultos mayores prefieren los entrenamientos con carga ligera, lo cual se refleja en su mayor adherencia a planes de EFBI. Esto es sumamente importante, ya que en última instancia es la realización de ejercicio a lo largo del tiempo lo que permite obtener los resultados beneficiosos para el sistema musculoesquelético.(7,46)

La evidencia parece indicar que los EFBI estarían más acorde con la población blanco, pero al momento de comparar el entrenamiento de alta intensidad (~80% del 1RM) con intensidad moderada-baja (~45% del 1RM) se pone de manifiesto la superioridad de las cargas elevadas para incrementar la fuerza y desarrollar hipertrofia, confirmando así las recomendaciones de los organismos internacionales.(6,46) La diferencia entre ambas modalidades se ve reducida cuando el trabajo total (series x repeticiones x kg) es igualado, incluso la tasa de síntesis proteica es similar entre el entrenamiento de alta intensidad y el de cargas bajas cuando este último se realiza hasta alcanzar el fallo muscular. Pero el entrenamiento al fallo no es submáximo por definición y ocasiona un gran estrés sobre todo en las estructuras articulares por el alto número de repeticiones que necesita. Esto es de suma importancia sobre todo en las poblaciones de riesgo, donde es necesario mantener el estímulo del ejercicio por debajo de su naturaleza máxima para reducir el estrés y riesgo de lesión.(46,47)

Existe una modalidad de entrenamiento relativamente nueva, que combina ejercicios de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo, incrementando la fuerza y masa muscular utilizando cargas extremadamente bajas (20%1RM), que en estudios sin la restricción artificial del flujo sanguíneo no logran desarrollo muscular alguno o al menos produce cambios no significativos. De esta manera, parece ser posible gozar de los innumerables beneficios del EFBI en los aspectos de seguridad y adherencia. A la vez, que se potencian los resultados obtenidos a nivel de hipertrofia y fuerza muscular asemejándolos más a los brindados por el EFAI, reduciendo así la brecha existente entre ambos.(8)

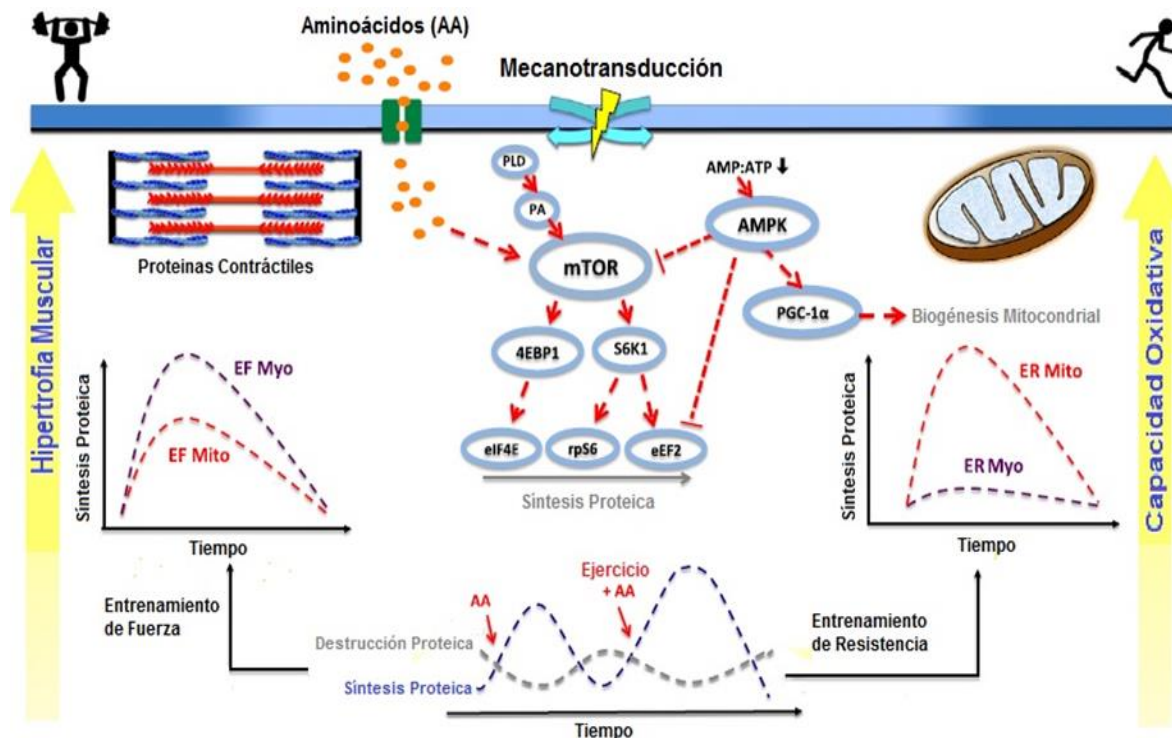


Imagen 6: se puede apreciar como el aumento de aminoácidos intracelulares (AA) es un estímulo capaz de incrementar la síntesis proteica, pero combinado al ejercicio se produce un incremento desmesurado de dicha capacidad. De acuerdo a la especificidad del estímulo del ejercicio los AA pueden ser usados, en mayor proporción, para la génesis de proteínas contráctiles o mitocondriales. El entrenamiento de resistencia (ER) activa la vía de la proteína quinasa activada por AMP (AMPK) que favorece la génesis de componentes mitocondriales (Mito) mejorando la capacidad oxidativa. El entrenamiento de fuerza (EF) activa la vía mTOR convirtiendo los AA principalmente en miofibrillas (Myo), dicho incremento de proteínas contráctiles favorece la hipertrofia muscular.(48)

III.h) Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo: pasado, presente y futuro

Este tipo de entrenamiento tiene su origen en el año 1966 en Japón, donde Yoshiaki Sato, un estudiante de medicina y fisicoculturista, participaba de una ceremonia budista y comenzó a sentir en sus pantorrillas la misma hinchazón que experimentaba en sus entrenamientos extenuantes. Teorizó que era producto de la disminución del flujo sanguíneo por estar arrodillado sobre sus pies, así que comenzó a experimentar en sus entrenamientos con formas caseras de reducir el flujo sanguíneo en las extremidades. Sus investigaciones continuaron hasta obtener en 1983 el formato

actual que ganó popularidad y logró patentar en 1994 bajo el nombre comercial kaatsu.(49)

El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFRT), entrenamiento oclusivo o kaatsu consiste en colocar una presión externa en el sector proximal de la extremidad a trabajar mediante dispositivos neumáticos de control electrónico o manual. Esta presión debe ser lo suficientemente alta para restringir el flujo sanguíneo en el sector distal al manguito, de manera tal que el retorno venoso se detenga pero el suministro de sangre arterial se vea solamente reducido. El BFRT se combina con entrenamientos de baja intensidad para maximizar las ganancias de masa y fuerza muscular, aunque también puede aplicarse de manera aislada para prevenir la atrofia por desuso.(10,50)

Actualmente es una herramienta de rehabilitación y entrenamiento aplicada tanto en atletas como en poblaciones especiales. En Japón se está utilizando en adultos mayores para enfrentar la grave crisis de atención médica producto del incremento de personas mayores con deterioro funcional que requieren de atención a largo plazo.(49) Pensando a futuro se investiga sus efectos para combatir la atrofia muscular esquelética provocada por la microgravedad de los vuelos espaciales, por lo que puede convertirse en un dispositivo indispensable para evitar la atrofia y la intolerancia ortostática que experimentan los astronautas de regreso a la Tierra.(51)

III.i) Mecanismo de acción

Para el desarrollo de la hipertrofia actúan dos mecanismos primarios: la tensión mecánica y el estrés metabólico. Estos por medio de mecanismos secundarios (mecanostrucción, reclutamiento de fibras rápidas, daño muscular, incremento hormonas anabólicas sistémicas y locales, hinchazón celular, aumento de óxido nítrico y proteínas de choque térmico) logran crear señalizaciones autócrinas y parácrinas que favorecen la síntesis de proteínas en conjunto a la proliferación y diferenciación de células satélites.(11)

La mayoría de los mecanismos secundarios son activados principalmente por la tensión mecánica, que a su vez es proporcional a la intensidad del trabajo muscular desarrollado, es por ello que la estrategia tradicional de EFAI demuestra resultados superiores al EFBI. El BFRT puede compensar esta brecha de estimulación, al restringir el flujo de sangre se logra una acumulación descomunal de metabolitos de la actividad muscular, que no pueden ser barridos al verse detenido el flujo venoso,

logrando un gran estrés metabólico que actúa de manera sinérgica con la tensión mecánica, para potenciarse mutuamente y desencadenar los eventos que culminan en una señal anabólica amplificada.(10,11)

III.i.1) Ambiente isquémico/hipóxico y reclutamiento de unidades motoras

Durante los ejercicios de fuerza el reclutamiento de UM sigue un orden denominado principio del tamaño, es así que ante una carga inicialmente baja el trabajo es realizado por las UM compuestas de fibras lentas, pero a medida que la intensidad de la carga incrementa se activan las UM de mayor tamaño que contienen las fibras rápidas. Estas últimas fibras mencionadas son el objetivo principal del entrenamiento de hipertrofia y fuerza, ya que poseen una mayor capacidad para incrementar su tamaño. Este es el fundamento del EFAI, pero el BFRT logra crear un atajo en este sistema que parecía inflexible.(10,11)

La compresión de los manguitos sumada a la efectuada por la actividad contráctil muscular crea una presión efectiva que restringe el paso de sangre por los capilares arteriales, desarrollando así un ambiente isquémico/hipóxico. El suministro de oxígeno reducido deteriora el metabolismo aeróbico y produce una fatiga prematura de las fibras aeróbicas de contracción lenta. Ante la imposibilidad de mantener una tensión muscular acorde a la solicitud de la carga externa, a pesar de su baja intensidad, el sistema neuromuscular recurre anticipadamente a la participación de las fibras anaeróbicas de contracción rápida. El incremento en el reclutamiento de las fibras tipo II fue comprobado mediante estudios electromiográficos, que registran una mayor activación de las UM rápidas al comparar el mismo protocolo de EFBI con y sin restricción del flujo sanguíneo.(10,11)

III.i.2) Quimiorreflejo y respuesta hormonal

El desplazamiento a un metabolismo anaeróbico en comunión a la detención local del flujo venoso, da como resultado el atrapamiento de metabolitos que acidifican el medio intramuscular. Estos cambios en el pH son censados por receptores químicos en la musculatura y envían dicha información por nervios aferentes, lo que al parecer desencadenaría un quimiorreflejo. Como respuesta se produce un aumento en la actividad del eje hipotalámico-hipofisario acrecentando la liberación de GH.(52)

Se ha llegado a registrar incrementos de hasta 290 veces el valor basal de la GH con tan solo una sesión de BFRT, la cual produce sus efectos anabólicos en el musculoesquelético por medio de IGF-1.(52) Aún existe controversia en cuanto a

como el BFRT modifica los valores de otras hormonas (testosterona, catecolaminas y cortisol), en general la respuesta hormonal sistémica ha sido mayor o al menos similar a la evocada por el entrenamiento de alta intensidad, pero con menos esfuerzo mecánico.(53)

III.i.3) Reperusión e hinchazón celular

Una vez retirada la presión sobre la extremidad ocurre el fenómeno de reperusión, el retorno del flujo sanguíneo a la musculatura local se magnifica por la presencia de metabolitos vasoactivos (H⁺, CO₂, lactato).(54) El acumulo de metabolitos en el espacio intersticial e intracelular crea un gradiente de presión que favorece el ingreso de líquido al miocito, este incremento del volumen hídrico intracelular se conoce como hinchazón celular. La reperusión mejorada y el aumento de la hidratación intracelular subsiguiente amenazan a la estructura celular, ocasionando así la activación de osmosensores asociados a integrinas en el interior celular que desencadenan una señalización anabólica capaz de incrementar la síntesis proteica en conjunto a la proliferación y fusión de CS. (11)

III.i.4) Angiogénesis y estrés oxidativo

La respuesta angiogénica, esencial en la hipertrofia, es superior en el BFRT comparado al entrenamiento tradicional. La cual se cree es mediada por incrementos en la expresión del factor de crecimiento endotelial (VEGF).(53,54)

Una situación problemática del BFRT es el incremento de las ROS causado por el fenómeno de isquemia/reperusión. Si bien las ROS se asocian al estrés oxidativo, causante del deterioro muscular en la vejez, parece ser que existe una distinción entre las ROS producidas de manera crónica en condición de reposo y las que son engendradas durante el ejercicio. Estas últimas estarían involucradas en adaptaciones beneficiosas para el músculo, ejemplo de ello sería el ON, una variante particular de ROS, capaz de activar la proliferación y diferenciación de CS y la vía mTOR.(11,53)

A su vez, las condiciones de hipoxia e isquemia/reperusión son el estímulo necesario para la producción de proteínas de choque térmico (Hsp), que participan indirectamente en las vías anabólicas y contrarrestan el estrés oxidativo. Se registraron aumentos de la Hsp72 luego de BFRT, esta acción antioxidante contrarrestaría el incremento de ROS. (11,53)

III.i.5) Síntesis proteica

En última instancia, todos los mecanismos mencionados culminaran en señalizaciones autócrinas (incremento de síntesis proteica y/o disminución del catabolismo de las proteínas) y paracrinas (activación, proliferación y fusión de CS) que actúan de manera sinérgica en el desarrollo de la hipertrofia.(11) Particularmente, se han registrado incremento de la síntesis proteica de 46% en adultos jóvenes y 56% en ancianos (hasta 3 horas posterior al ejercicio) con BFRT a un intensidad del 20%1RM. Este hallazgo es de relevancia ya que el entrenamiento tradicional genera una respuesta anabólica inferior en los adultos mayores en relación a los más jóvenes. (52)

III.j) Dosificación

El BFRT demuestra aumentar los niveles de fuerza y masa muscular tanto en poblaciones clínicas como atletas, pero si el BFRT es aplicado inadecuadamente puede provocar efectos secundarios perjudiciales, así como un estímulo insuficiente que ocasiona resultados del entrenamiento subóptimos. A continuación se exponen las recomendaciones de todas variables a tener en cuenta, basadas en la evidencia científica actual.(55)

III.j.1) Presión

La presión requerida durante BFRT debe ser lo suficientemente alta para ocluir el flujo venoso, pero lo suficientemente baja para permitir la entrada de sangre arterial al músculo en actividad. Las características del manguito y el individuo repercuten en el nivel de presión que puede alcanzarse, es por ello que el BFRT no debe aplicarse universalmente a una presión absoluta.(55)

Para individualizar la presión requerida se pueden utilizar maneras rudimentarias como una escala de presión percibida de 0 (no hay presión) a 10 (presión intensa con dolor), donde el objetivo es mantener una puntuación de 7 (presión moderada sin dolor) que corresponde a un retorno venoso detenido sin oclusión del flujo arterial.(55) La forma idónea de individualizar es obtener la presión de oclusión arterial (POA), que corresponde a la magnitud de presión necesaria para ocluir por completo el flujo de sangre en la extremidad. La POA se puede obtener de manera indirecta mediante diversas fórmulas publicadas que requieren de datos como ancho de manguito, presión arterial, circunferencia de la extremidad, edad y sexo (tabla 5). Pero la forma más fidedigna es insuflar el brazalete con el cual se entrenará hasta el punto en que cesa por completo el flujo sanguíneo de la extremidad, detectado preferentemente

mediante doppler ultrasónico. Se recomienda entrenar con presiones entre el 40-80% de POA que tienen evidencia para respaldar su eficacia.(50)

$$POA_{mmss}(mmHg) = 0.514 (PSB) + 0.339 (PDB) + 1.461 (\text{circunferencia del brazo en cm}) + 17.236$$

$$POA_{mmii}(mmHg) = 0.912 (PSB) + 0.734 (PDB) + 5.893 (\text{circunferencia del muslo en cm}) - 220.046(56)$$

$$POA_{mmii}(mmHg) = 65.290 + 1.110 (\text{circunferencia del muslo en cm}) + 0.178 (PSB) + 1.153 (\text{edad en años}) - 7.984 (\text{sexo, 1 - masculino; 2 - femenino}).(57)$$

$$POA(mmHg) = [(PSB - PDB) * \text{circunferencia de la extremidad en cm}] / 3 * \text{ancho manguito en cm}(58)$$

Tabla 5: fórmulas para el cálculo indirecto de la POA. PSB: presión sistólica braquial y PSD: presión diastólica braquial.

III.j.2) Manguitos

El manguito se ubica proximal a la extremidad a trabajar, esto permite limitar el flujo sanguíneo hacia y desde el músculo en actividad. No existe diferencia entre el material utilizado para la confección del manguito (elástico o nylon), pero si en relación a sus dimensiones.(50,55)

Existe una amplia variedad de anchos de manguito (3-18 cm), y este es un determinante de la presión requerida para reducir el suministro de sangre. Los manguitos más anchos requieren un nivel de presión absoluta menor para alcanzar el mismo nivel de restricción sanguínea a cualquier porcentaje de la POA, esencialmente debido a su mayor superficie de contacto, pero pueden limitar el movimiento articular, impidiendo la correcta ejecución de los ejercicios que impacta negativamente en las adaptaciones al entrenamiento. Es por ello que se prefiere manguitos anchos (6-13,5cm) para los miembros inferiores, donde debido a su mayor circunferencia se requiere de presiones elevadas, y manguitos estrechos (3-6cm) en los brazos, donde la presión necesaria es menor y no limitan el movimiento articular. (50,55)

III.j.3) Intensidad

El BFRT se puede aplicar sin ejercicio, pero los mayores resultados se ven cuando se combina con entrenamiento de resistencia o fuerza. La modalidad más estudiada y que mayor beneficio reporta es BFRT asociado a entrenamiento de fuerza de baja intensidad (BFRT-F).(50)

Intensidades tan bajas como el 10% del 1RM cuando se combinan con BFRT logran mejorías en los músculos restringidos, pero es necesario al menos 20% del 1RM para

alcanzar modificaciones en los músculos del tronco no restringidos. Esto fue evidente al combinar BFRT con caminata donde el músculo glúteo mayor no logró incrementar su masa muscular debido a la baja sollicitación. Es por ello que el rango recomendado es del 20-40% del 1RM demostrando las mayores ganancias en combinación al menor riesgo de lesión.(50,59)

III.j.4) Volumen

Dada la relación inversa entre la intensidad y el número de repeticiones, el BFRT-F al realizarse con baja intensidad requiere de un número elevado de repeticiones. Se recomienda un rango de 50-80 repeticiones por ejercicio, el esquema más utilizado es de 75 repeticiones distribuidas en 4 series de 30-15-15-15.(9,50)

III.j.5) Pausas

El descanso recomendado entre series es de 30"-60", este breve período busca aumentar el estrés metabólico potenciando las respuestas fisiológicas y adaptativas del BFRT. La descompresión durante el descanso (BFRT intermitente o BFRT-I) no se recomienda, al restaurar el flujo venoso permite la eliminación de los metabolitos y reduce la hinchazón celular. Mantener la compresión durante los descansos (BFRT continuo o BFRT-C) parece potenciar las repuestas adaptativas.(50,55)

III.j.6) Ejercicios

La selección del ejercicio también ha demostrado ser un punto relevante, la mayoría de las publicaciones se centran en ejercicios monoarticulares (flexo-extensión de rodilla y/o codo) ya que exploran los beneficios del BFRT en los músculos restringidos de manera directa. Pero los músculos ubicados proximalmente al sitio de compresión también incrementan su fuerza y tamaño durante el BFRT cuando se utilizan ejercicios multiarticulares (sentadilla, remo, press de banca, etc.).(59,60)

Durante la ejecución de ejercicios multiarticulares los músculos distales al manguito se fatigan de manera prematura reduciendo la fuerza que pueden expresar, por ello los músculos proximales deben aumentar su actividad para compensar el déficit de fuerza instaurado. Esto ha sido comprobado mediante EMG durante la ejecución del press banca, donde la actividad del pectoral mayor se incrementó indicando un mayor reclutamiento de fibras tipo II. Debido al mayor tamaño, capacidad de expresar fuerza y a que su reclutamiento es paulatino durante el BFRT los músculos proximales al manguito parecen requerir un volumen de trabajo superior al recomendado en los

ejercicios monoarticulares. Para evitar asimetrías de fuerza y tamaño entre los músculos de las extremidades y el tronco se aconsejan ejercicios multiarticulares con un mayor número de series o repeticiones a los designados en los ejercicios monoarticulares.(59,60)

III.j.7) Frecuencia

Se aconseja una frecuencia de entrenamiento de 2-3 veces por semana, esta ha demostrado ser suficiente para incrementar la masa y fuerza muscular. Aunque debido a que el daño muscular, dolor y disminución de la función muscular posterior al BFRT son similares a los encontrados con baja carga sin restricción del flujo sanguíneo, puede usarse con una frecuencia de 1 a 2 sesiones diarias durante breves períodos de tiempo para acelerar los procesos de rehabilitación o entrenamiento.(50,55)

III.j.8) Progresión

En 2012 Loenneke et al. publicaron un artículo con la progresión ideal de BFRT desde un paciente inmovilizado (joven, anciano, sedentario o atleta) hasta el entrenamiento con altas cargas.(47)

La fase I inicia con el paciente confinado al reposo en cama o con su extremidad inmovilizada, situaciones habituales luego de cirugías, lesión, enfermedad o en ancianos con temor a caerse. La imposibilidad de realizar esfuerzos físicos durante un tiempo prolongado lleva al deterioro del músculo esquelético. El BFRT puede aplicarse de manera pasiva (BFRT-P), es decir sin asociarse a ejercicios, esta modalidad ha demostrado ser capaz de mantener la masa y fuerza muscular, al igual que la tolerancia ortostática durante los períodos de inmovilización.(47) Actualmente el BFRT-P se combina con electro estimulación neuromuscular, este método demuestra que además de prevenir la atrofia logra ganancias musculares.(50)

Modelo de prescripción de ejercicio con BFRT-P	
Pautas	
Frecuencia	1–2 veces por día (duración del reposo en cama / inmovilización)
Tiempo de restricción	intervalos de 5 min
Tipo	Grupos musculares pequeños y grandes (brazos y piernas / uni o bilateral)
Series	3-5
Manguito	5cm (pequeño), 10cm o 12cm (mediano), 17cm o 18cm (grande)
Pausa entre series	3'-5'
Presión	Incierto: puede ser necesaria una presión más alta (70–100% POA)
Forma de restricción	Continua

Tabla 6: recomendaciones para la aplicación de BFRT-P.(50)

Una vez que el sujeto es capaz de deambular se da inicio a la fase II, que combina el entrenamiento de resistencia de baja intensidad (ERBI) con BFRT (BFRT-R). Si bien se encontraron cambios en la masa muscular y fuerza de ancianos con el entrenamiento de resistencia estos necesitaron de una intensidad del 60-80% VO₂ máximo, que no son coincidentes con la capacidad expresada por las personas en periodos tempranos del programa de rehabilitación. Las modalidades utilizadas son el ciclismo y la caminata a baja intensidad (< 50% VO₂ máximo) las cuales demuestran incrementar el VO₂ máximo, así como la sección transversa anatómica y fuerza de las extremidades inferiores.(47,50)

Modelo de prescripción de ejercicio con BFRT-R	
Pautas	
Frecuencia	2-3 veces por semana (> 3 semanas) o 1-2 veces por día (1-3 semanas)
Intensidad	<50% VO ₂ max o FC
Tiempo de restricción	5'–20' por ejercicio.
Tipo	Grupos musculares pequeños y grandes (brazos y piernas / uni o bilaterales)
Series-Presión	Continuo o intervalos 40–80% POA
Manguito	5cm (pequeño), 10cm o 12cm (mediano), 17cm o 18cm (grande)
Modo de ejercicio	Ciclismo o caminata

Tabla 7: recomendaciones para la aplicación de BFRT-R(50)

Una vez que el individuo ha logrado aumentos significativos en el tamaño y la fuerza con el BFRT-R y es físicamente capaz debe continuar en el siguiente nivel de esta progresión. La fase III utiliza el BFRT-F con bajas intensidad, esta modalidad

demuestra ganancias similares al entrenamiento de alta intensidad tanto a nivel muscular como óseo en diferentes poblaciones. Como no siempre resultará posible que ciertas individuos retomen o alcancen el entrenamiento de alta intensidad, esta fase debería ser el objetivo en la mayoría de las poblaciones.(47,50)

Las investigaciones demuestran que al realizar BFRT-F las ganancias de masa muscular son más rápidas y de mayor magnitud que a nivel de fuerza muscular, contrario a lo que sucede con el entrenamiento tradicional de alta intensidad. Esto se debe al orden cronológico en que suceden las adaptaciones.(9,55) El entrenamiento tradicional debe su aumento de la fuerza a las adaptaciones neurales propias del gran reclutamiento de UM, principalmente tipo II, y posteriormente ocurrirá la hipertrofia de las fibras que integran dichas UM. Con el BFRT-F los incrementos en la fuerza se deben al rápido aumento de la masa muscular y no a las adaptaciones neuronales, que parecen suceder pero más tarde en el tiempo. Esta inversión en el paradigma tradicional de las adaptaciones al entrenamiento, parecen ser producto de que el reclutamiento de las UM durante el entrenamiento de alta intensidad es superior al del BFRT-F, hipótesis que tiene sustento en estudios por EMG. Esto justifica la necesidad de combinar ambas modalidades para potenciar las adaptaciones musculares funcionales. (9,47,55)

Modelo de prescripción de ejercicio con BFRT-F	
Pautas	
Frecuencia	2-3 veces por semana (> 3 semanas) o 1-2 veces por día (1-3 semanas)
Intensidad	20-40% 1RM
Tiempo de restricción	5'-10' por ejercicio (reperusión entre ejercicios)
Tipo	Grupos musculares pequeños y grandes (brazos y piernas / uni o bilaterales)
Series	2-4
Manguito	5cm (pequeño), 10cm o 12cm (mediano), 17cm o 18cm (grande)
Repeticiones	(75 repeticiones) 30x15x15x15, o series al fallo.
Presión	40-80% POA
Pausa entre series	30"-60"
Forma de restricción	Continua o intermitente
Velocidad de ejecución	1"-2" concéntrica-excéntrica
Ejecución	Hasta el fallo o cuando se complete el plan de repeticiones

Tabla 8: recomendaciones para la aplicación de BFRT-F.(50)

La fase IV consiste en combinar el BFRT-F con el entrenamiento a alta intensidad, ofreciendo la mejor relación riesgo-recompensa en el desarrollo muscular. Se han observado mejoras funcionales significativas con 1 sesión semanal de alta intensidad sumada a 2 sesiones semanales de BFRT-F. Finalmente se espera que los individuos regresen al entrenamiento exclusivo de alta intensidad, pero la evidencia indica que no todos se adhieren a un programa exclusivo de alta intensidad, sobre todo la población anciana, por lo que pueden permanecer en la fase IV indefinidamente.(47)

Para optimizar los resultados de este modelo de progresión es necesario identificar que fase se adapta mejor a nuestro paciente. La imagen 7 resume los pasos a seguir para llevar estas indicaciones a la práctica clínica. (55)

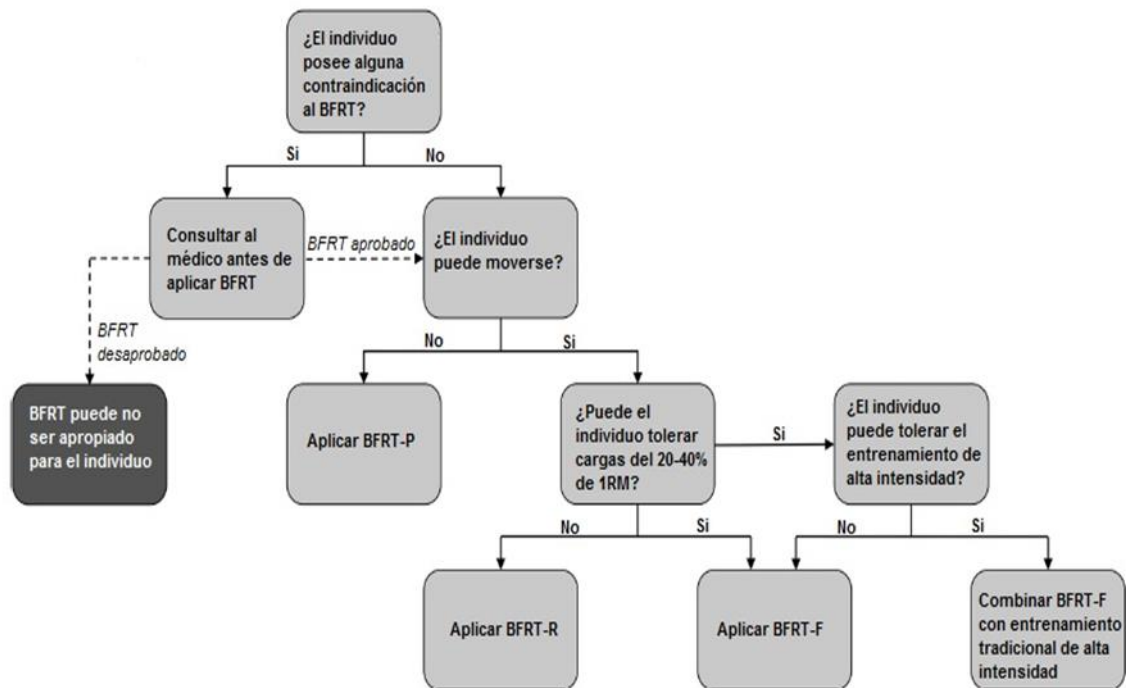


Imagen 7: diagrama para la implementación práctica de BFRT en poblaciones sanas, atléticas y clínicas.(55)

III.k) Seguridad

En 2006 se publicó los datos de una encuesta nacional llevada a cabo en Japón, que recabó datos de 105 instalaciones que utilizan kaatsu, una forma patentada de BFR, entre las que se incluían centros de rehabilitación, gimnasios, hospitales y clínicas, entre otros. Un total de 12.642 personas han recibido BFRT en sus diferentes modalidades, incluyendo personas de todas las edades y con diferentes afecciones:

enfermedades cerebrovasculares, cardíacas, respiratorias, ortopédicas, obesidad, diabetes e hipertensión. Se registró un total de 31.754 visitas anuales para recibir BFRT en las instalaciones, de las cuales las poblaciones más numerosas fueron personas sanas (15.284) los ancianos (5.382), atletas (5.311) y pacientes ortopédicos (2.776). Por lo tanto, el uso principal de BFRT es el fortalecimiento muscular y la prevención de la salud en deportistas, personas mayores y sujetos sanos. Las instalaciones reportaron una tasa de satisfacción del 80% y mínimas complicaciones con esta modalidad de entrenamiento.(61)

La encuesta reportó escasos efectos adversos severos mediante BFRT. El efecto secundario más frecuente es la hemorragia subcutánea registrándose en 1651 casos (13,1%), producto de micro hemorragias causadas por el colapso de vasos capilares, se presentan principalmente en brazos y de carácter transitorio e inofensivo, por lo que no impide la continuación del tratamiento. El entumecimiento de los brazos se reportó en 164 oportunidades (1,297%) causado probablemente por la compresión de nervios periféricos, pero esta situación resolvía de manera espontánea al retirar la compresión de la extremidad.(61) Se especula que el alto estrés metabólico del BFRT puede incrementar el daño muscular, pero se reportó solo un caso de rabdomiólisis (0,008%). Por lo que si bien existe la posibilidad, no hay evidencia que indique un riesgo mayor de rabdomiólisis que el ejercicio tradicional.(50,61,62)

Las mayores preocupaciones se centran en el impacto del BFRT en el sistema cardiovascular de los sujetos mayores. El riesgo de enfermedades tromboembólicas venosas (ETE) se incrementa a partir de la cuarta década de vida desde un incidente cada 10.000 individuos al año, hasta alcanzar 5 a 6 por cada 1000 individuos al año a la edad de 80 años. Este dato sumado a la hipótesis de que el BFRT al ocluir los vasos sanguíneos puede favorecer una cascada de eventos protombóticos, ha elevado el temor al aplicar BFRT. Pero la encuesta realizada en Japón, que debe recordarse integra una población heterogénea, notificó solo 7 casos de trombosis venosa profunda (TVP) y un único caso de tromboembolismo pulmonar (TEP), que equivalen a una tasa de 0,055% para la TVP y 0,008% para el TEP. Estos valores son inferiores a los registrados en la población general asiática, con una incidencia de TVP de 0,2-0,26%. (61,62)

Aún más interesantes son los resultados de investigaciones que demuestran la capacidad del BFRT para estimular el sistema fibrinolítico, evidenciado por un incremento del activador tisular de plasminógeno, una proteína encargada de degradar

trombos. Por lo que actualmente no existe evidencia de un mayor riesgo de ETEV al aplicar BFRT en relación con el ejercicio tradicional.(50,61,62) Sin embargo, para un mayor control del entrenamiento, Nakajima recomienda aplicar el sistema de puntos para TEP y TVP utilizado por los cirujanos (tabla 9). Cuanto mayor sea el acumulo de puntos por parte del paciente mayor será el riesgo, Se debe evitar entrenar a personas que correspondan a la categoría de 5 puntos, así como embarazadas y sujetos con inestabilidad hemodinámica.(62)

5 puntos Historial de TVP; tendencia trombótica hereditaria; síndrome de anticuerpos antifosfolípidos
4 puntos Mujeres embarazadas
3 puntos Varices en las piernas; inmovilización prolongada; fibrilación auricular o insuficiencia cardíaca
2 puntos Personas >60 años; IMC >30; hiperlipidemia; malignidad; uso de anticonceptivos orales o esteroides adrenocorticales; cuadriplejía; alto nivel de hemoglobina
1 punto Personas entre 40-58 años; mujeres; 25<IMC>30

Tabla 9: sistema de puntaje para valorar el riesgo de efectos adversos. Los adultos mayores y pacientes postrados en cama se consideran adecuados para BFRT, pero se debe tomar precauciones.(62)

El BFRT ocasiona la reducción del retorno venoso y esto conlleva una menor precarga ventricular, que es compensada por un aumento de la frecuencia cardíaca (FC) para mantener un gasto cardíaco (GC) estable, a pesar del bajo volumen sistólico (VS). Situación que de no ser compensada reducirá el flujo sanguíneo a órganos vitales, provocando mareos, desmayos o anemia cerebral (35 casos reportados en la encuesta japonesa de 2006).(61,62)

Por otro lado, existen receptores mecánicos y metabólicos locales que durante la actividad muscular son estimulados, y cuyas aferencias incrementan la actividad autónoma simpática a la vez que se reduce la actividad parasimpática, como resultado se obtiene un incremento de la FC y la tensión arterial (TA). Este proceso es conocido como reflejo presor del ejercicio (RPE) y puede verse incrementado a causa del BFRT por una sensibilización de los receptores e incremento de estímulos, debido a la acumulación de metabolitos y la compresión externa que se adiciona a la contracción muscular. Estas respuestas desmedidas pueden resultar peligrosas en sujetos sanos, pero sobre todo en aquellos que presentan hipertensión, insuficiencia cardíaca o

enfermedad arterial periférica, porque dichas condiciones presentan de por sí una hiperactividad simpática en respuesta al ejercicio. Como consecuencia un incremento del doble producto (FCxTA) puede llevar a eventos cardiovasculares adversos.(63)

A pesar de los cambios hemodinámicos, los estudios que comparan el BFRT con el entrenamiento tradicional de baja y alta intensidad, reportan que los incrementos de la FC y TA son mayores que el entrenamiento de baja intensidad sin restricción del flujo sanguíneo, pero aún se encuentran por debajo de los cambios producidos por el entrenamiento de alta intensidad. También debe destacarse que posterior al ejercicio el BFRT comparado a las otras modalidades registra los valores de TA más bajos.(64) A su vez, cuando se analizan las características de los protocolos como la modalidad de BFRT continuo o intermitente y el tamaño del manguito utilizado, se puede apreciar que la descompresión entre series y los manguitos pequeños logran mitigar la brecha entre el ejercicio tradicional y la modalidad con restricción del flujo sanguíneo.(55)

III.I) Efectos

Las publicaciones actuales sugieren que adicionar restricción del flujo sanguíneo al entrenamiento de baja intensidad es eficaz para aumentar la fuerza y el tamaño muscular. Es importante destacar que la investigación sugiere que el EFBI (20-30%1RM) y el ERBI (<70m/min), que no se espera que causen aumentos considerables en la cantidad o calidad muscular en circunstancias normales, cuando se combinó con BFRT produjo una respuesta exagerada para maximizar la fuerza muscular y la hipertrofia.(65)

Se ha demostrado que la inclusión de BFRT logra adaptaciones significativas en la fuerza, masa muscular, capacidad aeróbica y anaeróbica de atletas bien entrenados, lo cuales normalmente no se benefician del entrenamiento con baja intensidad. Por lo tanto, es de esperarse que los resultados del BFRT se magnifiquen en poblaciones clínicas.(66) Existe evidencia del BFRT como herramienta en el ámbito de la rehabilitación, la modalidad BFRT-P resulta útil al momento de combatir la atrofia muscular del cuádriceps por inmovilización, en pacientes que transitan la fase aguda posquirúrgica de reconstrucción del ligamento cruzado anterior.(67)

IV. JUSTIFICACIÓN

Argentina se encuentra en un proceso avanzado de envejecimiento demográfico, los datos del censo nacional del año 2010 reflejan que un 10,2% de la población ha alcanzado la vejez (4,1 millones). De las cuales el 11,1% reside en la provincia de Santa Fe, sólo superada por Ciudad Autónoma y Provincia de Buenos Aires. Se espera para el año 2050 que 1 de cada 5 argentinos tenga ≥ 65 años. (68)

Esto lejos de ser una situación negativa, puede ser una posibilidad para aprovechar los aportes de este grupo etario a la sociedad. La encuesta nacional de calidad de vida en adultos mayores es reflejo de esto, se muestra una población que se mantiene activa y está lejos de su etapa final en la vida, e incluso el 15% de los adultos mayores argentinos brindan un servicio voluntario o gratuito a una organización de su comunidad. (68) Pero todo esto depende de acciones que mantengan y fomenten la capacidad funcional permitiendo el bienestar en la vejez, definido por la OMS como envejecimiento saludable. Por el contrario, el potencial de generar aportes valiosos se verá truncado y requerirán de cuidados a largo plazo con un gran costo social y económico. Se estima que entre los adultos mayores argentinos un 10% presenta dependencia básica y un 22% dependencia instrumental. (1,68)

La sarcopenia reduce la capacidad funcional del individuo y atenta contra el envejecimiento saludable. Si bien, no puede conocerse con exactitud el porcentaje de adultos mayores sarcopénicos, se estima que es elevado. Al observar los datos de un estudio realizado en la ciudad de Buenos Aires con pacientes ancianos residentes en su domicilio y autónomos en las actividades de la vida diaria, el 67% presenta algún nivel de sarcopenia.(31)

Estos datos arrojan una numerosa población que requiere de tratamiento específico para la sarcopenia. Pero la recomendación actual de entrenamiento de alta intensidad para promover la hipertrofia muscular, fuerza y rendimiento físico en personas de edad avanzada no se adapta a la totalidad de esta población, estando contraindicada, siendo superior a la capacidad del individuo o simplemente no es adherida por este público que prefiere el entrenamiento de baja intensidad. Para los cuales es necesario implementar otros métodos de intervención que sean seguros y efectivos.(8)

El BFRT combinado con ejercicios de baja intensidad parece ser una herramienta útil en este contexto, demostrando desarrollar la masa muscular en jóvenes deportistas

físicamente activos y prevenir la atrofia muscular durante periodos de inmovilización. Pero es necesario conocer cómo implementarlo de manera segura y efectiva en pacientes adultos mayores, ya que esta población presenta características distintas. A su vez, la atrofia muscular localizada producto del desuso e inmovilización difiere de la sarcopenia, esta última afecta a la musculatura en su totalidad, y proviene de un proceso más complejo con raíces en el envejecimiento.(67)

V. MÉTODOS

V.a) Revisión bibliográfica

Para el desarrollo de los objetivos planteados se realizó una revisión bibliográfica, las bases de datos revisadas fueron: PubMed; Biblioteca Virtual en Salud (BVS); la Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT; Cochrane Library; LILACS; Medline; IBECS; ElSevier; SciELO; Biblioteca UGR física y virtual. El período de búsqueda comprendió desde el año 2009 hasta 2019.

Para la búsqueda bibliográfica los criterios de inclusión comprendieron artículos que incluyan sujetos mayores de 60 años con o sin diagnóstico de sarcopenia. Los artículos debían indagar sobre los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en una o más de las siguientes variables: masa muscular, fuerza muscular o rendimiento físico. Los criterios de exclusión fueron estudios realizados en animales, así como aquellos que incluyeron sujetos con cáncer, enfermedades o lesiones del SNC o periférico, distrofias musculares y enfermedades musculares infecciosas o inflamatorias.

Se utilizaron las siguientes palabras claves:

“Blood Flow Restriction” (termino libre); Kaatsu (termino libre); “Occlusion Training” (termino libre); Sarcopenia (DeCs/MeSH); Aged (DeCs/MeSH); “Muscle Strength” (DeCs/MeSH); “Muscle Mass” (termino libre); “Physical Performance” (termino libre); Safety (DeCs/MeSH); Protocols (DeCs/MeSH); Dosage (DeCs/MeSH); “Adverse Effects” (DeCs/MeSH); “Resistance Training” (DeCs/MeSH); “Resistance Exercise” (termino libre); “Endurance Exercise”(termino libre); “Endurance Training” (DeCs/MeSH); Hypertrophy (DeCs/MeSH); “Muscle Atrophy” (DeCs/MeSH); Walking (DeCs/MeSH); Running (DeCs/MeSH); Cycling; Swimming (DeCs/MeSH).

A continuación se presentan las combinaciones utilizadas:

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND (Sarcopenia OR Aged)

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND ("Muscle Strength" OR "Muscle Mass" OR "Physical Performance") AND (Aged OR Sarcopenia)

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND (Safety OR Protocols OR Dosage OR "Adverse Effects") AND (Sarcopenia OR Aged)

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND ("Hypertrophy" OR "Muscle Atrophy") AND (Sarcopenia OR Aged)

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND ("Resistance Training" OR "Resistance Exercise") AND (Aged OR Sarcopenia)

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND ("Endurance Exercise" OR "Endurance Training") AND (Aged OR Sarcopenia)

("Blood Flow Restriction" OR Kaatsu OR "Occlusion Training") AND (Walking OR Running OR Cycling OR Swimming)

V.b) Caso clínico

Luego de la búsqueda bibliográfica se procedió con el seguimiento de dos casos clínicos en el establecimiento Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI), cuyas instalaciones se ubican en calle Buenos Aires 1575 en la ciudad de Rosario, perteneciente a la institución UGR. Bajo la supervisión de Lic. Nicolás Bevqua se realizó la intervención con un programa de BFRT-F durante 7 semanas en dos personas adultas mayores. El plan de entrenamiento de la fuerza fue diseñado siguiendo las recomendaciones del AMCS (6,7) y los estudios sobre dosificación de BFRT (9,47,50,55,59,60).

V.b.1) Selección de pacientes

Se realizó una búsqueda de voluntarios con una edad ≥ 65 años, que no presenten historial o sospecha de ETEV (TVP y/o TEP), de acuerdo a las contraindicaciones del BFRT propuestas por Nakajima et al. (62) El objetivo fue hallar un sujeto compatible con un estado de presarcopenia, y otra persona adulto mayor sin sarcopenia. La herramienta diagnóstica utilizada fue el 5STS, aunque la principal recomendación del EWGSOP2 es el HGS. Esta elección se fundó en lo datos de la investigación de Pinheiro et al. en la cual se halló una asociación positiva entre el test y la enfermedad muscular, constatando una sensibilidad del 85,7% y una especificidad del 53,2%, este poder discriminatorio convierte al 5STS en una herramienta útil para detección de sarcopenia.(24)

V.b.2) Familiarización

Las mujeres seleccionadas para la intervención no contaban con experiencia en el entrenamiento de la fuerza, por ese motivo se dedicó la semana inicial al aprendizaje de los ejercicios, que fueron realizados en condición de flujo sanguíneo libre. Por ello, la siguiente sesión de familiarización contó con la medición de la POA para que los pacientes puedan tener un primer contacto con el BFRT. No se encontró un protocolo para medir la POA, por lo que se decidió crear uno propio basado en la técnica correcta para la toma de la TA (ver anexos).(69) Con tal fin se contó con los manguitos Occlusion Cuff Elite® y el Doppler vascular SonoTrax®, que permitieron obtener una medición directa e individualizar de manera idónea la POA en brazos y piernas.

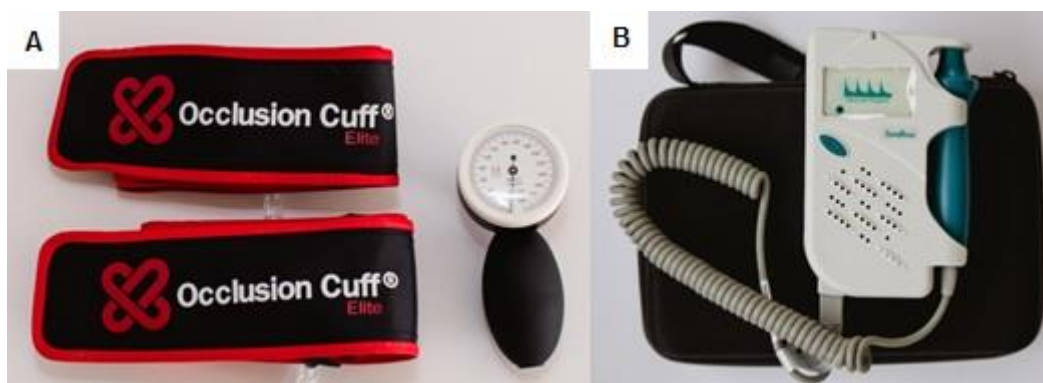


Imagen 8: A) manguitos Occlusion Cuff Elite®, dimensiones del puño: 85x7cm + 15cm de extensión. Se utilizaron para la evaluación de la POA y el BFRT-F. B) doppler vascular SonoTrax®, se utilizó para auscultar el pulso arterial distal durante la individualización de la POA.

V.b.3) Entrenamiento

Estructura de la sesión

El calentamiento consistió en ejercicios de movilidad articular, las pacientes realizaron una única serie de 10 repeticiones de circunducción de tobillos, extensión de rodilla y circunducción de hombros. La etapa final de la sesión se destinó al trabajo de flexibilidad, mediante el estiramiento estático de los grupos musculares implicados en el entrenamiento. Los componentes de la parte principal de la intervención se mencionan en el próximo apartado, y se resumen en la tabla 10.

Criterios de dosificación

De las tres modalidades de BFRT, se implementó la modalidad BFRT-F, ya que los estímulos de fuerza demuestran una mayor especificidad para el desarrollo de la masa musculoesquelética, que otras modalidades de entrenamiento utilizadas en el BFRT como es la resistencia.(48) El plan contó con un total de 12 sesiones, producto de una duración de 6 semanas y una frecuencia de 2 días a la semana. Compatible con las recomendaciones para el entrenamiento de la fuerza en adultos principiantes y el BFRT-F.(6,50)

Siguiendo las recomendaciones del ACSM para el entrenamiento de la fuerza e hipertrofia en adultos mayores, se escogieron ejercicios multi y uniarticulares de pesas libres y en máquinas para el fortalecimiento de miembros superiores e inferiores.(6) Quedando el plan integrado por: sentadillas, curl de femorales, extensión de rodillas, extensión de tobillos, remo, press de banca, extensión de codos y curl de bíceps.

El volumen de entrenamiento fue ligeramente mayor para los ejercicios multiarticulares, ya que los músculos por sobre el sitio de compresión requieren de una mayor cantidad de volumen para adquirir los beneficios del BFRT-F.(59,60) Se programó un incremento cada 2 semanas, lo que permitió transcurrir desde los valores mínimos recomendados hasta alcanzar el techo de los mismos (50-80 repeticiones).

El volumen se repartió en series con un número de repeticiones idéntico, a diferencia de la recomendación de utilizar la distribución de 30-15-15-15. Si bien este es el sistema más popular en las investigaciones, proviene de una rehabilitación exitosa en una lesión de rodilla y no ha demostrado ser capaz de cumplirse en todos los pacientes, llegando en su mayoría al fallo antes de cumplir el volumen establecido en cada una de las 4 series. El entrenamiento al fallo muscular no es submáximo por definición, siendo inadecuado para adultos mayores sin experiencia en el entrenamiento.(55)

La intensidad siguió la progresión del ACSM para sujetos que entrenan con un porcentaje específico del 1RM, por lo que se incrementó la carga un 10% cuando las mujeres fueron capaces de tolerar el incremento de volumen planificado.(6)

La presión progresó de acuerdo a la tolerancia de las pacientes, se consultaba al inicio de cada sesión si eran capaces de tolerar un incremento en la presión de los manguitos, en caso de responder afirmativamente, se incrementaba un 10% en relación a la sesión previa.

Las pausas de trabajo entre series fueron de 30" según lo recomendado para BFRT.(50) Al no hallarse recomendaciones para las micropausas específicas para BFRT, se decidió por aplicar las recomendaciones para el entrenamiento de la fuerza e hipertrofia en adultos mayores. De esta maneas las pacientes descansaban 1-3', pudiendo iniciar antes de alcanzar los 3' si ellas lo deseaban.(6)

La estrategia inicial contemplaba descomprimir los manguitos durante las micropausas, como una medida más de seguridad.(55) Al descomprimir los manguitos estos se desplazaban requiriendo ser acomodados constantemente, situación que era incómoda para las pacientes y dificultaba cumplir los tiempos de descanso programados. Esto motivo a acordar con las pacientes una sesión de prueba con BFRT-C, la cual no registró ningún efecto adverso y fue más amena para las pacientes. Por eso desde la segunda sesión se decidió que los manguitos se mantuvieron inflados en las micropausas y se desinflaton solo entre ejercicios.

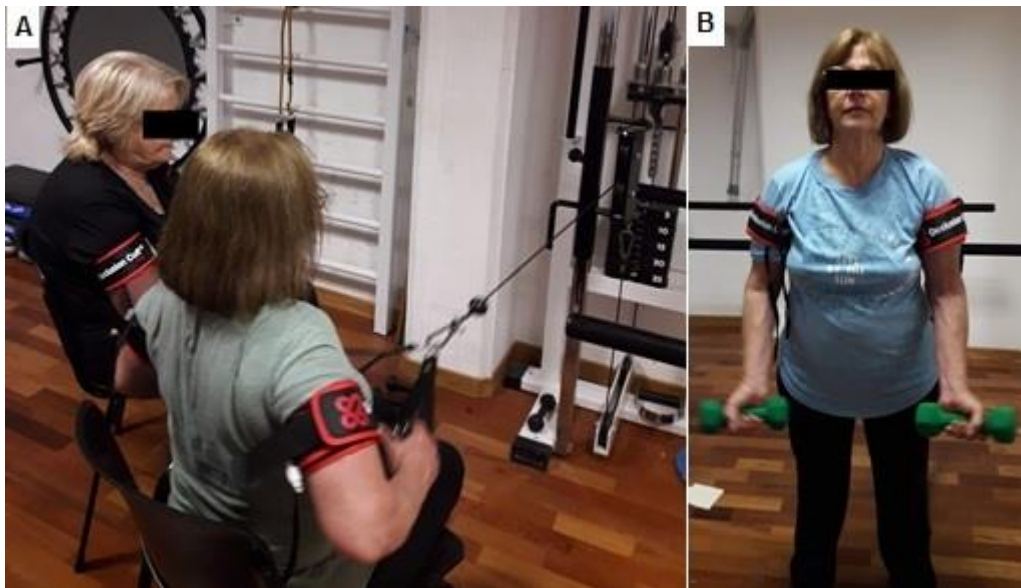


Imagen 9: A) pacientes realizando remo en máquina. B) paciente O ejecutando el ejercicio curl de bíceps.

	BFRT-F					
	Semana 1		Semana 2		Semana 3	
	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6
Intensidad	20%1RM	20%1RM	20%1RM	20%1RM	20%1RM	20%1RM
Presión	50% POA	50% POA	60% POA	60% POA	60% POA	60% POA
Ejercicios + Volumen	Sentadilla 5x12 Press banca 5x12 Curl femorales 5x10 Curl bíceps 5x10	Remo 5x12 Extensión rodillas 5x10 Extensión codos 5x10 Extensión tobillos 5x10	Sentadilla 5x12 Press banca 5x12 Curl femorales 5x10 Curl bíceps 5x10	Remo 5x12 Extensión rodillas 5x10 Extensión codos 5x10 Extensión tobillos 5x10	Sentadilla 5x15 Press banca 5x15 Curl femorales 5x12 Curl bíceps 5x12	Remo 5x15 Extensión rodillas 5x12 Extensión codos 5x12 Extensión tobillos 5x12
Pausas	m: 30" M: 1-3' BFRT-I	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C
	Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Sesión 7	Sesión 8	Sesión 9	Sesión 10	Sesión 11	Sesión 12
Intensidad	30%1RM	30%1RM	30%1RM	30%1RM	40%1RM	40%1RM
Presión	Brazos: 70% POA Piernas: 60% POA	Brazos: 70% POA Piernas: 60% POA	Brazos: 70% POA Piernas: 60% POA	Brazos: 80% POA Piernas: 60% POA	Brazos: 80% POA Piernas: 60% POA	Brazos: 80% POA Piernas: 60% POA
Ejercicios + Volumen	Sentadilla 5x15 Press banca 5x15 Curl femorales 5x12 Curl bíceps 5x12	Remo 5x15 Extensión rodillas 5x12 Extensión codos 5x12 Extensión tobillos 5x12	Sentadilla 4x20 Press banca 4x20 Curl femorales 5x15 Curl bíceps 5x15	Remo 4x20 Extensión rodillas 5x15 Extensión codos 5x15 Extensión tobillos 5x15	Sentadilla 4x20 Press de banca 4x20 Curl femorales 5x15 Curl bíceps 5x15	Remo 4x20 Extensión rodillas 5x15 Extensión codos 5x15 Extensión tobillos 5x15
Pausas	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C	m: 30" M: 1-3' BFRT-C

Tabla 10: características del plan de BFRT-F con el cual se intervino a las pacientes.

V.b.4) Evaluaciones

Las pacientes fueron evaluadas en diferentes puntos de la intervención (tabla 11), mediante los test y puntos de corte del algoritmo diagnóstico FACS del EWGSOP2. Se adicionó el cuestionario SarQol para valorar la calidad de vida, junto a pruebas necesarias para la dosificación y seguridad del entrenamiento.

Evaluaciones									
	Pre	Entrenamiento							Post
	Sem F/E	Sem 1	Sem 2	Sem 3	R-E	Sem 4	Sem 5	Sem 6	
SARC-F	*								*
HGS	*				*				*
5STS	*				*				*
ASM	*				*				*
ASM/talla ²	*				*				*
GS4m	*				*				*
TUG	*				*				*
1RM	*				*				*
CSA	*				*				*
SarQol	*								*
POA	*	**	**	**		**	**	**	
TA		**	**	**		**	**	**	
FC		**	**	**		**	**	**	
SSE		**	**	**		**	**	**	

Tabla 11: cronología de las evaluaciones. Sem F/E: semana de familiarización y evaluación. R-e: re-evaluación.

Evaluaciones FACS

- Find-Encontrar: en primer término las mujeres completaron la versión traducida y adaptada culturalmente al idioma español del cuestionario SARC-F, una puntuación ≥ 4 es indicativo de posible sarcopenia.(3,23)
- Asses-Evaluar: se valoró la fuerza de presión manual mediante un dinamómetro hidráulico de mano Jamar 5030J1®. El EWGSOP2 más allá de recomendar como herramienta principal la valoración del HGS, no expresa opinión sobre que protocolo usar. En esta ocasión se utilizó el protocolo de la Sociedad Americana de Terapeutas de Mano, de acuerdo a lo recomendado por la revisión sistemática de Sousa Santos y Amaral, cuyo objetivo fue comparar los protocolos utilizados para medir la fuerza de prensión manual en estudios sobre el diagnóstico de sarcopenia y fragilidad en adultos mayores.(70) La fuerza de los miembros inferiores se evaluó con la prueba 5STS, para ello se cronometró el tiempo necesario para que las pacientes completen 5 repeticiones de levantarse y sentarse en un silla los más rápido

posible sin usar sus brazos. Se estableció como punto de corte para una debilidad muscular HGS $<16\text{kg}$ y/o 5STS $>15''$.(3)

- Confirm-Confirmar: la masa muscular total y segmentaria se examinó mediante BIA por medio de la balanza Tanita BC 601®. Se definió una baja masa muscular como ASM $<15\text{kg}$ y/o ASM/talla² $<6\text{ kg/m}^2$.(3)



Imagen 10: paciente realizando estudio de BIA.

- Severity-Gravedad: la capacidad funcional se evaluó mediante la prueba de GS, las pacientes debían recorrer en línea recta a su velocidad de marcha habitual la distancia de 4 metros mientras se cronometra el tiempo para completar dicho trayecto. Se optó por la versión de 4 metros (GS4m) ya que posee una validez semejante a evaluaciones más complejas, como el SPPB, para detectar resultados adversos relacionados con la sarcopenia en poblaciones geriátricas. Otro instrumento utilizado fue el TUG, donde las mujeres debían levantarse de una silla y recorrer 3 metros en línea recta, regresar por el mismo camino, para finalmente sentarse nuevamente en la silla de partida. El punto de corte se estableció en $\leq 0.8\text{ m/s}$ para GS4m y $\geq 20''$ en el TUG.(3)

Evaluaciones adicionales

Para valorar la calidad de vida relacionada a la sarcopenia las pacientes completaron la versión traducida al español del cuestionario SarQol descargada del sitio web sarqol.org. Si bien, esta versión está disponible para su uso no fue validada en poblaciones de habla hispana. Para obtener los resultados se trasladaron las respuestas a la aplicación SarQol disponible para smartphone, la cual posee el

formato validado del cuestionario en idioma inglés y permitió obtener de manera instantánea la puntuación del evaluado. El cuestionario no posee un punto de corte o rangos de valoración, simplemente cuanto más cercano a los 100 puntos mejor es la calidad de vida.(42)

Para poder dosificar la intensidad de entrenamiento y obtener una herramienta más en el control de los efectos del entrenamiento sobre la fuerza muscular, se implementó la valoración del 1RM. Debido a la inexperiencia de las pacientes con el entrenamiento de la fuerza, someterlas a una prueba máxima como el 1RM no es la mejor opción, por ese motivo se valoró de manera indirecta por fórmula de Bryzcki:

$$1RM = \text{Peso Levantado} / (1,0278 - (0,0278 \times n^\circ \text{ de repeticiones}))$$

Esta ecuación pierde validez cuando se ejecutan más de 10 repeticiones por ese motivo y mediante una consulta con la docente Lic. Romina González, se optó por 8 repeticiones como el número óptimo para evaluar a las pacientes.

Se adoptó la decisión de medir la POA al inicio de cada sesión previo al calentamiento, con el objetivo de obtener la POA real de la paciente. Ya que la misma se encuentra sujeta a una gran cantidad de factores que confieren una variabilidad que podría derivar en aplicar un valor fuera del rango preciso, dentro del cual se sabe que se obtiene los resultados deseados con el mínimo riesgo de efectos adversos.(55) Los materiales y procedimiento se describieron en el apartado de familiarización.

Para complementar la evaluación de la masa muscular se realizó un estudio por imagen mediante Tomografía Computada Cuantitativa Periférica (pQCT). Se exploró mediante la pQCT Norland Stratec XCT200® la CSA muscular y la CSA músculo-hueso de la pantorrilla. Para ello se utilizó el sistema de máscara muscular realizando un corte de 0,8mm al 33% de la región proximal del largo de la tibia, medido desde la meseta tibial externa hasta el maléolo lateral.

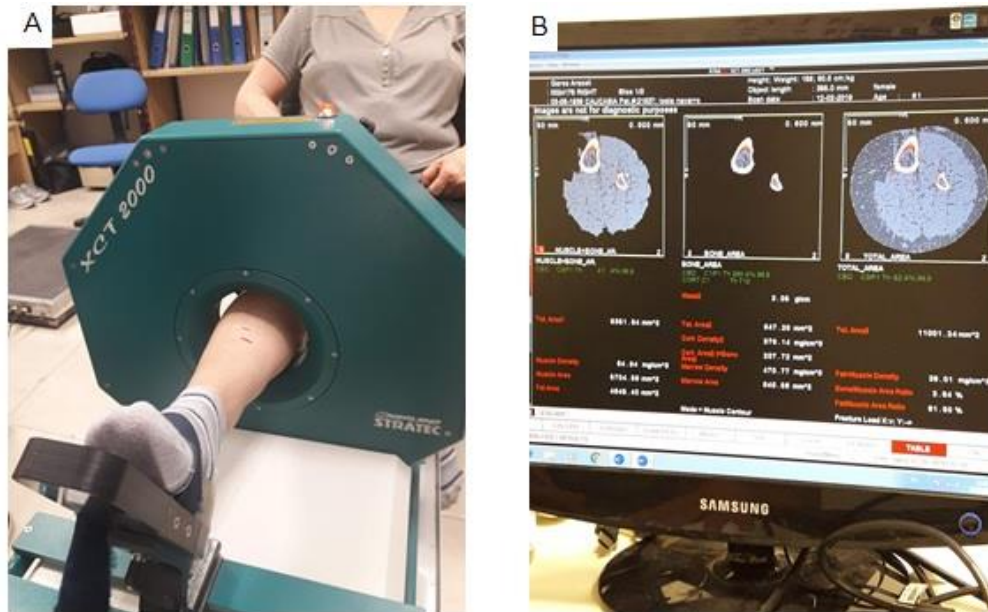


Imagen 11: A) paciente durante la evaluación de la masa muscular mediante pQCT. B) monitor que muestra los resultados del estudio.

Evaluaciones de seguridad

El BFRT se postula como un método seguro, pero existen ciertas controversias sobre su impacto en los parámetros hemodinámicos. Debido a que la mayoría de los estudios se realizan en sujetos jóvenes sanos, y no en personas mayores hipertensas, siendo el caso de una de las pacientes intervenidas.(63) Para un mayor control de las respuestas agudas del organismo ante el BFRT se realizaron evaluaciones periódicas. La TA braquial se evaluó previo al calentamiento y al finalizar la sesión, antes del trabajo de vuelta a la calma, las mediciones fueron realizadas mediante un esfigmomanómetro anerode Coronet®. La FC fue evaluada antes del entrenamiento y durante los periodos de descanso entre ejercicios mediante un oxímetro de pulso Fingertrip®. Por último, durante las pausas se registró la SSE mediante la escala Borg modificada (tabla 20 ver anexo)(71), recomendada por ACSM(7).



Imagen 12: registro de la FC durante una pausa de entrenamiento.

VI. RESULTADOS

Tras realizar la búsqueda bibliográfica, aplicar los criterios de selección y llevar a cabo una lectura minuciosa de los artículos potencialmente válidos para analizar en este trabajo, finalmente se tuvieron en cuenta 11 artículos. Las fuentes de las cuales se obtuvieron dichos artículos son PubMed (n=10) y BVS (n=1).

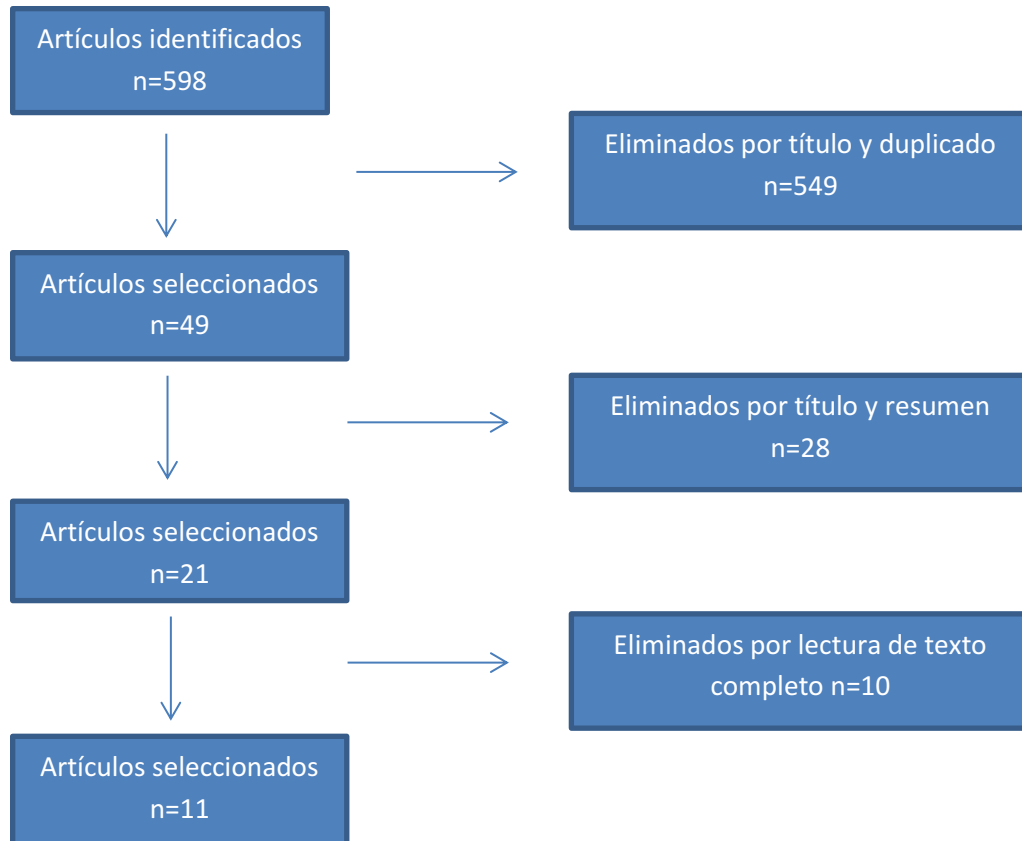


Diagrama 1: los 11 artículos seleccionados corresponden a ensayos clínicos.

VI.a) Implementación, dosificación y parámetros de seguridad

Para poner en funcionamiento el BFRT es necesario planificar una serie de componentes, algunos de los cuales son comunes al entrenamiento tradicional y otros exceden este término, siendo únicos y característicos de esta modalidad. A continuación se relatan los principales hallazgos en los artículos devueltos por la búsqueda bibliográfica.

VI.a.1) Estructura de la sesión de entrenamiento

La sesión de entrenamiento puede dividirse en 3 componentes: parte preparatoria, parte principal y parte final. En la parte preparatoria, también llamada entrada en calor, tal como lo dice su nombre es la fase en la que los sujetos se preparan de manera física y mental a las exigencias de la sesión de entrenamiento. Su contenido es dependiente de los estímulos que se llevarán a cabo en la parte principal. Al ser el BFRT distinto al entrenamiento tradicional es de importancia indagar como los investigadores planificaron esta fase del trabajo diario.(72)

De los artículos recuperados, 6 han implementado una fase preparatoria en sus sesiones de BFRT. Litieri et al. en sus dos publicaciones describe con bastante precisión como programaron las tres fases en sus entrenamientos. La sesión tenía un tiempo total estimado en 40'-50', repartido de la siguiente manera: 10' en la preparación, 20' en la parte principal del grupo BFRT y 30' para los grupos de entrenamiento sin restricción del flujo sanguíneo, y 10' finales dedicados a la vuelta a la calma. El calentamiento albergaba ejercicios de movilidad articular con los sujetos de pie o sentados, pero no especificaron que ejercicios los componían.(73,74)

Algunos autores realizaron los mismos ejercicios planificados para la parte principal pero a una menor intensidad, como Patterson et al. que comenzaban sus jornadas de entrenamiento con 2 series de 10 repeticiones de extensión de tobillo unilateral a una intensidad <20%1RM (5% menos que en la parte principal). Un caso similar es el de Cook et al. cuyo calentamiento consistía en 10 repeticiones a una intensidad aproximada del 5%1RM.(75,76)

Abe et al. implementaron una estrategia distinta al resto de los estudios, ellos utilizaron la presión de los manguitos como la variable para efectuar la preparación. Al inicio de cada sesión insuflaban los manguitos a 100mmHg durante 30" y los desinflaban por completo durante 10", posteriormente se reiteraban ciclos de insuflación mantenida por 30" y de liberación completa de la presión por 10", incrementando en cada ciclo 20mmHg hasta alcanzar la presión designada para el día de entrenamiento. Adoptaron este procedimiento como el calentamiento, y justificaron su implementación con el hecho de que creían que esta estrategia estimularía la circulación central y periférica de la sangre arterial y venosa.(77)

Por último, el trabajo de Harper et al. simplemente mencionan haber realizado una breve entrada en calor, sin más especificaciones.(78)

La parte final busca poner en marcha y acelerar los procesos de recuperación y regeneración que acontecen luego del entrenamiento.(72) Pocos artículos describen haber realizado una parte final, entre ellos se encuentran las dos publicaciones de Litteri et al. que dedicaron 10' a esta fase con ejercicios de relajación que incluían: elongación estática y ejercicios focalizados en la respiración y postura. Harper et al. mencionan haber realizado ejercicios de equilibrio y flexibilidad durante esta fase final de la sesión.(73,74,78)

En este apartado no se hizo mención a la parte principal de la sesión, ya que en los párrafos que continúan se describe con detalle las principales características mencionadas en los estudios en relación a cada componente que integra esta fase en el BFRT (modalidad, manguitos, presión, ejercicios, entre otros). A su vez, se encuentran resumidos en la tabla 14.



Gráfico 1: de los 11 artículos que integran esta revisión bibliográfica, sólo 6 describen una preparación y/o parte final, de los cuales la mitad (n=3) realizó ambas fases.(73–83)

VI.a.2) Modalidad

En la bibliografía el BFRT es subdividido en 3 modalidades (BFRT-P, BFRT-R, BFRT-F) de acuerdo al estímulo que acompaña la presión sobre impuesta a través de los manguitos.(50) En el artículo de Libardi et al. se intervino a los grupos de estudio con un entrenamiento concurrente, es decir combinando sesiones con estímulos de resistencia y fuerza, pero el grupo BFRT solo utilizó los manguitos en las jornadas abocadas a la mejora de la fuerza muscular, por lo que para este trabajo se lo cataloga como BFRT-F.(80)

Otro caso que merece una mención es el calentamiento llevado a cabo en la publicación de Abe et al., el cual cumple con características similares al BFRT-P, ya que se repiten ciclos de compresión y descompresión en ausencia de actividad muscular. Debido a que los autores declaran solo utilizar esta maniobra como una estrategia de la fase preparatoria, y el trabajo principal de cada sesión es el entrenamiento de la fuerza, este artículo se contabilizó como BFRT-F.(77)

De esta manera del total de 11 artículos, la mayoría (n=9) combinó ejercicios de fuerza a baja intensidad con la restricción del flujo sanguíneo(73–76,78,80–83), y un grupo menor (n=2) lo hizo con la caminata de baja intensidad.(77,79)

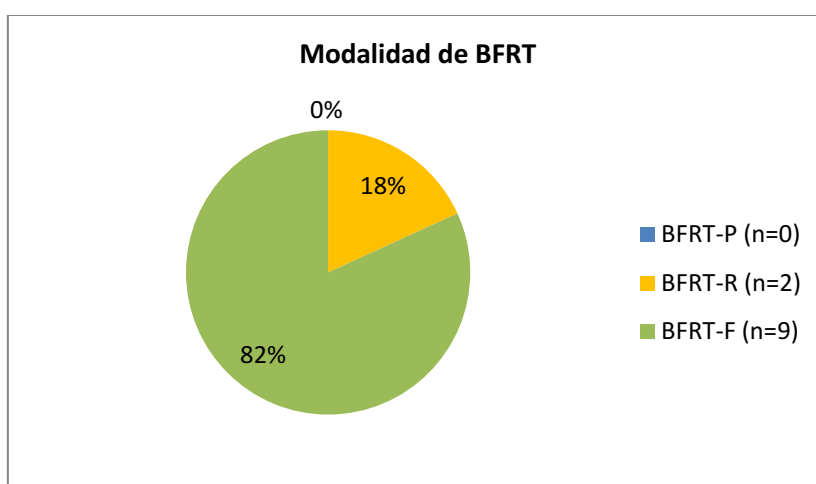


Gráfico 2: distribución de las modalidades de BFRT en los 11 artículos recuperados en la búsqueda bibliográfica.(73–83)

VI.a.3) Manguitos

Para llevar a cabo el BFRT es necesario aplicar una presión externa sobre la extremidad/es que se desean entrenar, la herramienta utilizada se denomina manguito. Las características de dichos manguitos pueden generar variaciones en las presiones generadas y alterar el resultado del BFRT.(50,55) De los 11 artículos analizados solo uno no describe alguna característica(74), el resto aporta datos sobre sus dimensiones, marca comercial y/o ubicación en la extremidad (tabla 12).(73,75–83)

Algunos estudios utilizaron dispositivos específicos para BFRT como la marca comercial Kaatsu®, que fue especificada en 3 investigaciones.(77,82,83) Otros emplearon manguitos e infladores de la marca Hokanson®, que no es específicamente diseñado para BFRT, son utilizados para la medición de la tensión arterial y/o estudios de la salud vascular (73,74,76) Por último, cabe destacar el artículo de Libardi et al.,

que sin especificar la marca comercial, mencionaron que para el estudio utilizaron un dispositivo estándar para la toma de tensión arterial.(80)

De las dimensiones la variable de principal interés es su ancho, el cual fluctuó de 3cm hasta 18cm, curiosamente entre todos los estudios que declararon el ancho del manguito utilizado en ninguno de estos hubo coincidencia. El 63,6% (n=7) de los estudios describen la ubicación del manguito, el principal sitio de colocación fue en la región proximal de muslo o brazo, a excepción de la investigación de Patterson et al. que utilizó los manguitos por sobre el nivel de rodilla.(75,76,78,80–83)

Manguitos			
Autor/año	Marca comercial	Ubicación	Ancho (cm)
Abe et al. 2010(77)	Kaatsu-Master	S-e	S-e
Patterson et al. 2011(75)	S-e	Sobre rodilla	S-e
Vechin et al. 2015(81)	S-e	Porción proximal de muslo	18cm
Libardi et al. 2015(80)	S-e	Pliegue inguinal	17,5cm
Yasuda et al. 2015(83)	Kaatsu-Master	Porción proximal de brazos	3cm
Yasuda et al. 2016(82)	Kaatsu-Master	Porción proximal de muslo	5cm
Cooock et al. 2017(76)	Hokanson	Porción proximal de muslo	6cm
Clarckson et al. 2017(79)	S-e	S-e	10,5cm
Letieri et al. 2018(74)	S-e	S-e	S-e
Letieri et al. 2019(73)	Hokanson	S-e	13cm
Harper et al. 2019(78)	Hokanson	Porción proximal de muslo	S-e

Tabla 12: resumen de las principales características de los manguitos utilizados por los artículos que componen este trabajo. S-e: sin especificar.(73–83)

VI.a.4) Presión

La presión ejercida sobre la extremidad debe ser precisa para lograr reducir el flujo sanguíneo arterial sin ocasionar su interrupción completa.(50,55) A continuación se describen los hallazgos en cada estudio a nivel de la implementación y dosificación de la presión de oclusión. Para facilitar el entendimiento de este apartado, se dividen los artículos en 2 grupos.

Presión de oclusión individualizada.

Aquí se agrupan los 7 estudios que de una manera directa o indirecta individualizaron la presión para los sujetos intervenidos mediante BFRT. Vechin et al. decidieron individualizar la presión de trabajo al 50% de la presión arterial tibial máxima. Con dicho fin, colocaron el manguito en la región proximal a la extremidad a evaluar, y lo

insuflaron paulatinamente hasta detectar la ausencia de pulso por medio de una sonda doppler ubicada sobre la arteria tibial, a continuación liberó el aire lentamente hasta detectar el primer pulso arterial, considerándolo la presión arterial máxima. Si bien durante las 12 semanas se mantuvo estable el porcentaje de presión, el procedimiento de detección de la presión arterial máxima se realizó una vez por semana para ajustar la cifra en caso de existir variaciones, de esta manera la presión media de los manguitos fue de 71 ± 9 mmHg.(81)

Al igual que el caso anterior Libardi et al. optaron por obtener una medición directa de la presión de oclusión, para hallar dicho porcentaje primero detectaron la presión con la cual se interrumpió el flujo circulatorio en cada individuo, valiéndose del uso de un doppler vascular sobre la arteria tibial. Posteriormente entrenaron al 50% POA, manteniendo este valor fijo durante todo el período de estudio, lo que se reflejó en una cifra promedio de 67 ± 8 mmHg.(80)

Durante la sesión de familiarización previa al inicio del entrenamiento Clarkson et al. realizaron la toma de la POA de la extremidades inferiores. No especificaron el material utilizado, ni dieron grandes precisiones sobre el procedimiento, a excepción de que la POA fue testeada con el sujeto erguido para simular la postura adoptada durante el entrenamiento de caminata, maniobra que los distingue del resto de los estudios. La POA fue de 224 ± 7 mmHg, por lo que los manguitos fueron insuflados a una presión de 134 ± 4 mmHg alcanzando el 60% POA estipulada para las sesiones de entrenamiento.(79)

En 2018 Leitieri et al. estudiaron dos grupos de BFRT, uno de presión alta (BFRT-PA) y otro de presión baja (BFRT-PB), estos también se diferenciaron por la estrategia implementada para individualizar dicho valor. El grupo BFRT-PA, entrenó al 80% de la POA obtenida de manera directa con un sistema doppler sobre la arteria tibial censando el valor con el cual se provocaba el cese del pulso arterial. En el grupo restante la presión se obtuvo de manera indirecta mediante la siguiente fórmula, derivada de los estudios de Loenneke:

$$POA (mmHg) = 5,893 (\text{circunferencia del muslo en cm}) + 0,737 (TAD) + 0,912 (TAS) - 220,046.$$

Si bien se aclara que la presión fue menor, no especifica el %POA designado, las presiones promedio fueron $185,75 \pm 5,45$ mmHg y $105,45 \pm 6,5$ mmHg, para el grupo BFRT-PA y BFRT-PB, respectivamente. Más tarde en 2019 estos autores, utilizaron

el mismo %POA y método para su individualización, que la realizada previamente en el grupo de BFRT-PA.(73,74)

En el estudio de Harper et al. se obtuvo indirectamente la presión, pero a diferencia del artículo publicado por Leitieri et al. en 2018, no especificaron el valor de presión calculado en mmHg ni en % POA.(78) La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Presión (mmHg)} = 0,5 (\text{TAS}) + 2 (\text{circunferencia del muslo}) + 5.$$

Presión de oclusión no individualizada

Los autores de estos artículos decidieron utilizar el mismo valor de presión de oclusión en todos los sujetos de su estudio. Abe et al. utilizaron un rango de 160-200mmHg basado en sus estudios previos en sujetos jóvenes y la experiencia clínica en individuos mayores. La presión de trabajo inicial fue de 160mmHg, y se incrementó semanalmente 10mmHg hasta alcanzar los 200mmHg. Al inicio de cada sesión los manguitos se insuflaban a 100mmHg durante 30" y se desinflaban 10", posteriormente se reiteraban ciclos de insuflación mantenida por 30" y de liberación completa de la presión por 10", incrementando en cada ciclo 20mmHg hasta alcanzar la presión designada para el día de entrenamiento.(77)

En 2015 Yasuda et al. llevaron a cabo un método de características similares al descrito anteriormente, ellos decidieron trabajar entre 120-270mmHg basados también en estudios previos. Cada sesión iniciaba con una presión de 30mmHg que se elevó gradualmente hasta alcanzar la presión de trabajo, que fue incrementada 10-20mmHg en cada sesión siempre y cuando sea tolerada por el paciente. El valor promedio de presión en este estudio alcanzó los 196 ± 18 mmHg. Los mismos autores en 2016 procedieron con un esquema casi idéntico, pero esta vez el rango de presión fue 120-200mmHg. Las jornadas de entrenamiento comenzaban insuflando los manguitos a 50mmHg, para luego elevar la presión cuidadosamente alcanzando el valor diario, la progresión de la presión fue idéntica al estudio previo.(82,83)

Por último, a diferencia del resto de los estudios de este segmento Patterson et al. implementaron un valor fijo de 110mmHg durante las 4 semanas que duró el entrenamiento, y sin especificar el origen de la elección de esta cifra.(75)

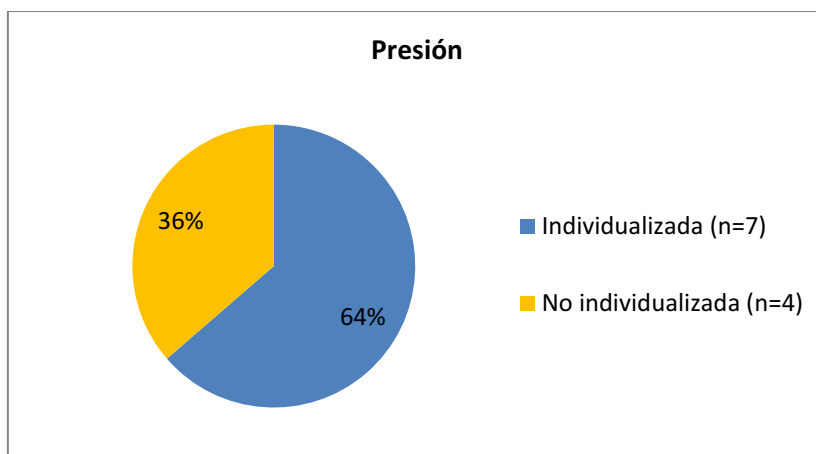


Gráfico 3: cantidad de publicaciones de acuerdo a su estrategia para seleccionar la presión de entrenamiento.(73–83)

VI.a.5) Ejercicios

En la mayoría de los artículos (n=10) los autores exploraron los efectos del BFRT al entrenar las extremidades inferiores, ya sea mediante ejercicios de fuerza o resistencia, y sólo Yasuda et al. (2015) intervinieron su grupo de BFRT con ejercicios para la musculatura de los miembros superiores. En ningún artículo se combinaron ejercicios para extremidades superiores e inferiores en una misma sesión o diferentes sesiones del plan de entrenamiento.(73–83)

El ejercicio de elección para el BFRT-R fue la caminata en cinta(77) y campo(79). Para los grupos BFRT-F la selección de ejercicios fue variada, incluyendo ejercicios poliarticulares como: sentadilla, prensa de piernas horizontal y a 45°, los ejercicios monoarticulares utilizados fueron: extensión de tobillo, flexo-extensión de rodilla y codo. Casi en su totalidad ejecutados de manera bilateral exceptuando el estudio de Patterson et al. que optó por la extensión unilateral de tobillo. Para realizar los ejercicios en su gran mayoría se valieron de máquinas, aunque debe aclararse que en el estudio de Letieri et al. no especificaron si las sentadillas fueron realizadas en máquina o pesos libres. Un caso aparte lo constituye los dos estudios de Yasuda et al. que emplearon bandas elásticas de diferentes intensidades para oponer resistencia al movimiento corporal de los sujetos.(73–76,78,80–83)

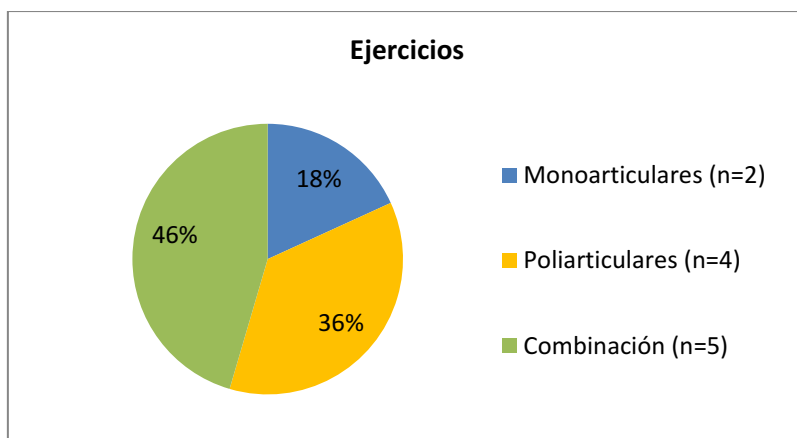


Gráfico 4: características de los ejercicios seleccionados.(73–83)

VI.a.6) Intensidad

Se aconseja dosificar el BFRT-R en relación al VO₂ máx. o FC de los entrenados, en los estudios devueltos en esta búsqueda, los planes de BFRT-R graduaron la intensidad de acuerdo a la velocidad de marcha.(50,77,79) En el caso de Abe et al. se seleccionó una caminata de 67m/min, justificada con el fin de facilitar la comparación de resultados con el grupo control, a su vez registraron la FC mediante oximetría de pulso, la intensidad del ejercicio se reflejó en un $45 \pm 9\%$ de la FC máxima teórica de los participantes, encontrándose dentro del rango propuesto $<50\%$ V_{O2} o FC máxima.(77) Mientras que Clarkson et al. prefirieron una velocidad de caminata en 4km/h, sin explicar el motivo de su elección.(79)

En el BFRT-F se aconseja dosificar la intensidad en relación al 1RM, un total de 7 sobre 9 artículos que aplicaron BFRT-F adoptaron esta postura.(50,73–76,78,80,81) El 1RM se evaluó de manera directa en 71% (n=5) de los casos, mientras que el resto (n=2) evaluó de manera indirecta mediante el test de varias repeticiones y su posterior conversión a 1RM por fórmula de Bryzcki. De los cuales sólo Cook et al. especificaron el número de repeticiones en la prueba, siendo este de 10 repeticiones, y en su publicación de 2018 Leitieri et al. no informaron el número de repeticiones utilizadas en su test.(74,76)

Las intensidades declaradas por estos estudios fluctuó entre 20-50% 1RM.(73–76,78,80,81) Entre los estudios que combinaron ejercicios uniarticulares y multiarticulares, solo Cook et al. diferenciaron las intensidades, siendo 30% para la flexo-extensión de rodilla y 50% para la prensa de piernas, esta decisión fue justificada en base a que los músculos glúteos participan en el ejercicio, pero al estar por sobre el

nivel del manguito no se ven afectados de manera directa por la restricción del flujo sanguíneo.(76)

Por otro lado, Yasuda et al. en 2015 implementaron un sistema de intensidad basado en las bandas elásticas de ejercitación, los hombres utilizaron bandas elásticas de color verde clasificadas como “pesadas”, y las mujeres elásticos amarillos denominados “ligeros”. Los mismos autores en su investigación de 2016 graduaron la intensidad de los ejercicios entre 5-9 puntos de la escala OMNI de esfuerzo percibido para ejercicios de fuerza (OMNI-RES), si se encontraba fuera de este rango la longitud de reposo de las bandas elásticas era acortado o alargado, para reestablecer la intensidad de trabajo deseada. A su vez, utilizaron bandas elásticas con el doble de resistencia en el grupo de entrenamiento a alta intensidad, asegurándose que la intensidad sea la mitad en el grupo de BFRT-F.(82,83)

Debido al entrenamiento los niveles de fuerza de los sujetos intervenidos puede variar, y la carga inicial que representaba un determinado porcentaje de su 1RM puede ya no coincidir con dicho porcentaje. Para evitar el inconveniente de aplicar estímulos por debajo de la intensidad deseada, algunos investigadores decidieron reevaluar el 1RM de manera periódica para ajustar las cargas en caso de ser necesario, el procedimiento tuvo lugar a las 6 (76,80), 3 (78) y 2 (74,75) semanas.

VI.a.7) Volumen

Los estudios de Abe et al. y Clarckson et al., donde la modalidad implementada fue BFRT-R, dosificaron el volumen de entrenamiento en relación a un tiempo total de caminata, siendo de 20' y 10', respectivamente.(77,79) Acorde con el rango de 5'-20' recomendado para restringir el flujo de sangre en las extremidades durante el BFRT-R.(50)

En cuanto a las investigaciones de BFRT-F la dosificación del volumen de entrenamiento (series x repeticiones) fue algo más heterogéneo, en su mayoría (n=6) se aplicó el modelo sugerido de 1 serie inicial de 30 repeticiones seguida de 3 series de 15 repeticiones.(73,74,80-83) Letieri et al. 2018 introdujeron este volumen de manera paulatina a lo largo del plan de entrenamiento, durante las primeras 2 semanas el volumen fue de 30-15-15, para luego incrementar a 30-15-15-15 hasta el final del estudio. En su publicación de 2019 describen poner en funcionamiento un sistema similar, pasando de 3 a 4 series, pero no especificaron el momento en el cual se incrementó el volumen.(73,74) El resto de los estudios aplicaron 3 series hasta

alcanzar el fallo muscular, exceptuando la investigación de Harper et al. que no especifica las series realizadas al fallo.(75,76,78)

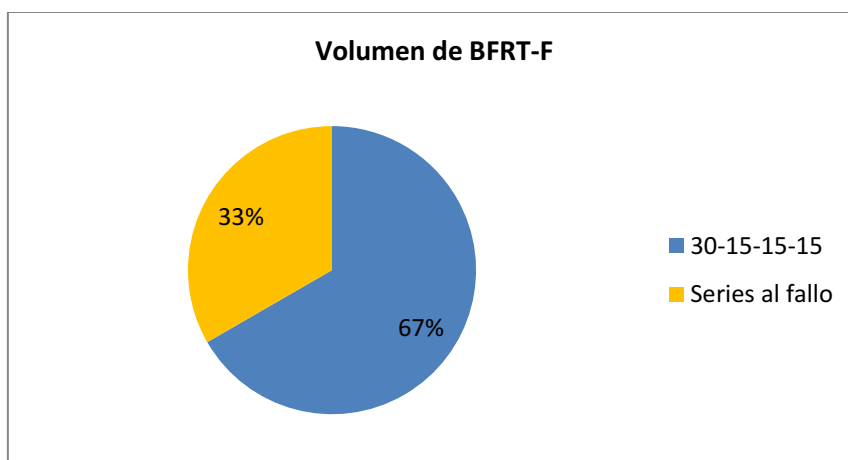


Gráfico 5: relación entre los diferentes métodos adoptados al dosificar el volumen de entrenamiento en el BFRT-F.(73–76,78,80–83)

VI.a.8) Pausas

En el BFRT además de dosificarse el tiempo de las pausas entre series, micropausas (m), y ejercicios, macropausas (M), se debe contemplar la posibilidad de liberar (BFRT-I) o no (BFRT-C) la presión del manguito. Ambas modalidades de BFRT descripta en los 11 estudios de esta revisión bibliográfica implementaron el BFRT-C entre series, e incluso Yasuda et al. en sus 2 publicaciones mantuvieron la restricción del flujo sanguíneo entre ejercicios. El tiempo de las m varió de 30" a 60", tiempo acorde a las recomendaciones, sólo los estudios de BFRT-R no contaron con m, debido a que la caminata fue continua y de intensidad única. Las M no estuvieron presente en todos los estudios, ya que algunos contaban con un único ejercicio, pero su tiempo fluctuó entre 90"-180".(73–83)

VI.a.9) Frecuencia

Todos los estudios registraron una única sesión diaria de BFRT, y el número de sesiones semanales de entrenamiento varió de 3 hasta 5 veces por semana. Debe mencionarse que en el estudio de Libardi et al. intervinieron un grupo con BFRT-CT el cual entrenaba 4 veces semanalmente, pero solo 2 de ellas correspondían a la modalidad con flujo sanguíneo restringido. Las sesiones fueron más numerosas en los grupos de BFRT-R con una frecuencia de 4-5 sesiones semanales, superior a lo recomendado de 2-3 veces por semana. Mientras que la modalidad de BFRT-F se

mantuvo en el rango de 2-3 sesiones semanales, coincidiendo con las recomendaciones.(73–83)

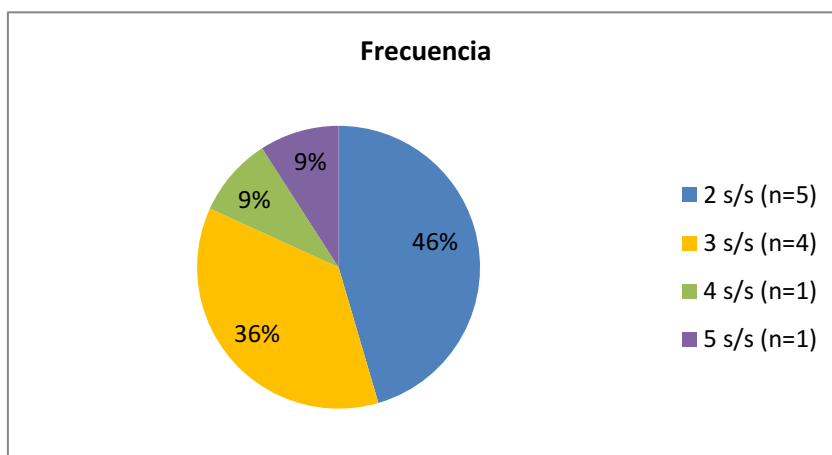


Gráfico 6: distribución de las sesiones semanales (s/s).(73–83)

VI.a.10) Duración

Los programas de entrenamiento se extendieron desde 4 semanas hasta 16 semanas. La cantidad de estímulos en ese lapso de tiempo depende de la interacción de la frecuencia y duración total programada en el plan de entrenamiento, por lo que el número de entrenamientos totales fluctuó desde 12 hasta 48.(73–83)

Total de entrenamientos			
Autor/año	Frecuencia (s/s)	Duración (semanas)	Entrenamientos
Abe et al. 2010(77)	5	6	30
Patterson et al. 2011(75)	3	4	12
Vechin et al. 2015(81)	2	12	24
Libardi et al. 2015(80)	2	12	24
Yasuda et al. 2015(83)	2	12	24
Yasuda et al. 2016(82)	2	12	24
Cooock et al. 2017(76)	2	12	24
Clarckson et al. 2017(79)	4	6	24
Letieri et al. 2018(74)	3	16	48
Letieri et al. 2019(73)	3	16	48
Harper et al. 2019(78)	3	12	36

Tabla 13: los programas de entrenamiento más extensos no siempre fueron los que produjeron más sesiones de entrenamiento. s/s: sesiones semanales.(73–83)

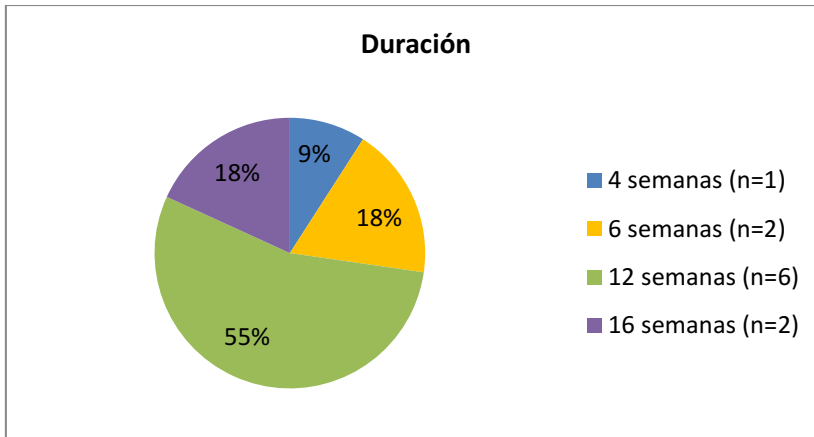


Gráfico 7: distribución de la duración de los planes de entrenamiento.(73–83)

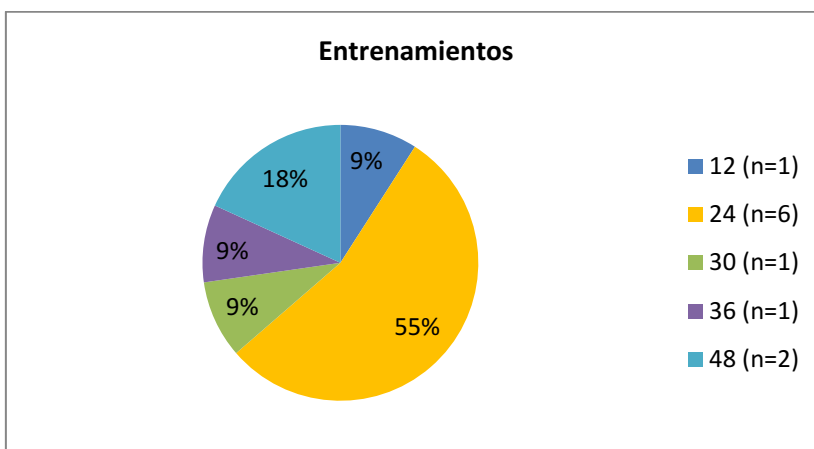


Gráfico 8: cantidad total de entrenamientos efectuados. (73–83)

VI.a.11) Progresión de las cargas de entrenamiento

En esta revisión ningún artículo llevo a cabo la progresión propuesta por Loenneke et al. para llevar a un paciente inmovilizado hasta el entrenamiento de alta carga, pero si se describen diversas estrategias de progresión en las cargas de entrenamiento.(47) Para facilitar su comprensión se dividirán en tres grupos: intensidad, volumen y presión.

Presión

Abe et al. aplicaron BFRT-R con una camita de intensidad y duración continua durante las 6 semanas de su plan de entrenamiento, también describen con claridad como incrementaron progresivamente la presión con la cual ajustaba los manguitos. En este caso comenzó con una presión inicial de 160mmHg que elevó semanalmente 10-20mmHg hasta alcanzar los 200mmHg, sólo 2 sujetos no alcanzaron esta cifra por el alto nivel de fatiga durante la caminata de BFRT-R, registrando 180mmHg en sus manguitos al finalizar el estudio.(77)

En las dos publicaciones de Yasuda et al. se implementó un sistema con volúmenes e intensidades inflexibles, pero la presión de insuflación de los manguitos progresó 10-20mmHg en cada jornada, hasta alcanzar un valor máximo de 270mmHg (publicación de 2015) o 200mmHg (publicación de 2016).(82,83)

Intensidad

Los estudios de Vechin et al. y Libardi et al. aplicaron la misma estrategia, incrementaron la intensidad de la prensa de piernas del 20% 1RM durante las primeras 6 semanas, al 30%1RM el resto del plan de entrenamiento.(80,81)

Volumen

Letieri et al. en 2018 realizó una progresión del volumen de entrenamiento, durante las 2 primeras semanas los participantes realizaban 3 series, la primera de ellas de 30 repeticiones y las 2 restantes de 15 repeticiones cada una. Desde la tercera semana hasta el final de estudio los ejercicios fueron efectuados en 4 series de 30-15-15-15 repeticiones. En su publicación de 2019 narra una progresión similar de 3 a 4 series en cada ejercicio pero no el momento en que esta se realizó.(73,74)

Por su parte Cook et al. llevaron a cabo un plan de entrenamiento que consistía en alcanzar el fallo muscular, esta estrategia impide tener un control absoluto del volumen de entrenamiento, ya que el número de repeticiones será impuesto por cada participante del estudio. Pero su estrategia consistió en incrementar las series en cada ejercicio, iniciando con una única serie la primera semana, 2 series la segunda semana, y 3 series desde la tercera semana hasta finalizar el programa de entrenamiento.(76)

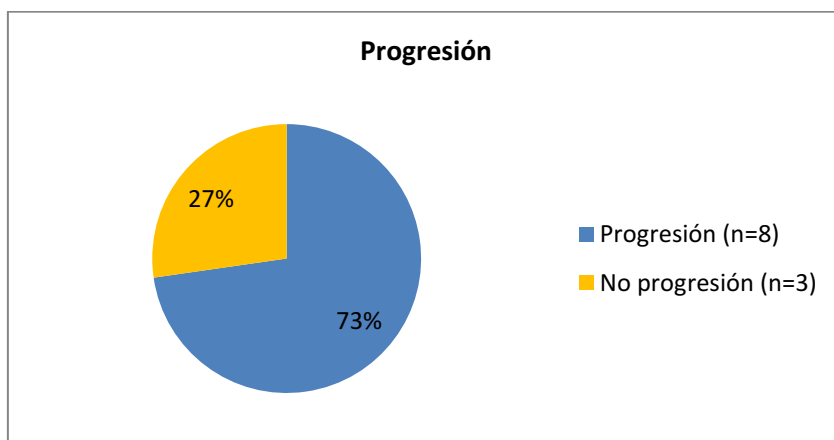


Gráfico 9: cantidad de estudios que realizaron algún tipo de progresión en su plan de entrenamiento.(73–83)

Algunos estudios realizaron ajustes en las cargas de entrenamiento revaluando la POA o 1RM. Estas acciones si bien no puede catalogarse como una progresión, son maniobras que favorecen al impacto de las adaptaciones del sujeto y merecen su mención. Este es el caso de Vechin et al, que revaluó semanalmente mediante Doppler vascular la POA para ajustar los manguitos en el valor correcto de presión en mmHg, manteniendo siempre una intensidad del 50%POA.(81)

Por otro lado, algunos estudios mantuvieron el %1RM estable, pero revaluaron el 1RM ajustando el peso del ejercicio en caso de ser necesario, estos fueron descritos en el apartado de intensidad. Un caso particular es el estudio de Cook et al., los autores mantuvieron fijo el trabajo en 30%1RM y 50%1RM para los ejercicios monoarticulares y poliarticulares, respectivamente. Pero además de reevaluar el 1RM a las 6 semanas y realizar los ajustes correspondientes, su estrategia consistió en incrementar la carga de trabajo 2-5kg, si el sujeto podía realizar más de 30 repeticiones antes de alcanzar el fallo muscular, en 2 o más series de un mismo ejercicio. No informaron el número de veces que efectuaron esta maniobra, así como tampoco en que ejercicios y cantidad de sujetos.(76)

VI.a.12) Seguridad

En este apartado se describen aquellos hallazgos vinculados con los efectos indeseados que pueden acompañar al BFRT, como puede ser la presencia de algún efecto adverso durante el desarrollo de los estudios, las decisiones que lo autores adoptaron al dosificar el entrenamiento para evitar su aparición, así como resultados de las investigaciones que aporten mayor información sobre la seguridad de este método de entrenamiento

Todos los estudios que componen esta revisión no adoptaron una medida específica en la dosificación del BFRT para evitar potenciales efectos adversos. En cuanto a la presencia de los mismos, algunas publicaciones como Libardi et al. y . Letieri et al. 2018 informaron que los sujetos del grupo intervenido con BFRT-F no presentaron efectos adversos a lo largo del estudio.(74,80) Cook et al. tampoco registraron efectos adversos o lesiones durante la investigación, además la tasa de cumplimiento del plan de entrenamiento fue de 95% y 96% para el grupo ejercitado con flujo sanguíneo libre y el grupo BFRT, respectivamente. Los sujetos que abandonaron el estudio fueron motivados por circunstancias ajenas al entrenamiento.(76)

Otros estudios indagaron aún más sobre la posibilidad de que el BFRT genere alguna alteración sobre el flujo sanguíneo de los sujetos intervenidos. Patterson et al. evaluaron la TA y el flujo sanguíneo antes y después de intervenir a su grupo de entrenamiento con 4 semanas de BFRT-F y EFBI sin restricción del flujo sanguíneo. No registraron diferencias en la TA y el flujo sanguíneo en reposo, pero si en el flujo sanguíneo pos oclusivo con un incremento en el grupo que entrenó bajo la restricción, lo cual se adjudicó a un posible aumento de la capilaridad. A su vez, describen haber demostrado la viabilidad del BFRT en adultos mayores, indicando que es tolerable y seguro, ya que todos los sujetos del estudio completaron el plan de entrenamiento sin complicaciones o quejas.(75)

En las publicaciones de 2015 y 2016 hechas por Yasuda et al. se informó que al emplear BFRT-F con bandas elásticas no registraron cambios negativos en parámetros hemodinámicos (FC y TA), rigidez arterial, función endotelial vascular, factores de coagulación y daño muscular. Considerando el BFRT por estos autores un método seguro para combatir la sarcopenia en adultos mayores.(82,83)

Harper et al. investigaron la seguridad y viabilidad del BFRT-F en comparación a un grupo de entrenamiento fuerza a intensidad moderada (EFMI) con flujo sanguíneo libre en adultos mayores con osteoartritis de rodilla. Informaron 34 eventos de dolor espontáneo de rodilla (13 BFRT-F y 21 EFMI), del total solo 21 estaban vinculados o posiblemente relacionados al estudio, siendo más numeroso en el grupo EFMI (n=14) que en el grupo BFRT-F (n=3). Notificaron 5 eventos adversos severos, 3 correspondientes al grupo EFMI y 2 en BFRT-F, pero sólo uno de los 5 eventos estaba relacionado al entrenamiento, y pertenecía al grupo BFRT-F. No especificaron cual fue el evento no deseado, a pesar de ello consideraron al BFRT una intervención segura y con menos informes de dolor de rodilla que el entrenamiento tradicional. En cuanto a la viabilidad ambos grupos tuvieron una adherencia mayor al 80%, indicando que los participantes aceptaron y toleraron el BFRT en igual medida que el entrenamiento tradicional.(78)

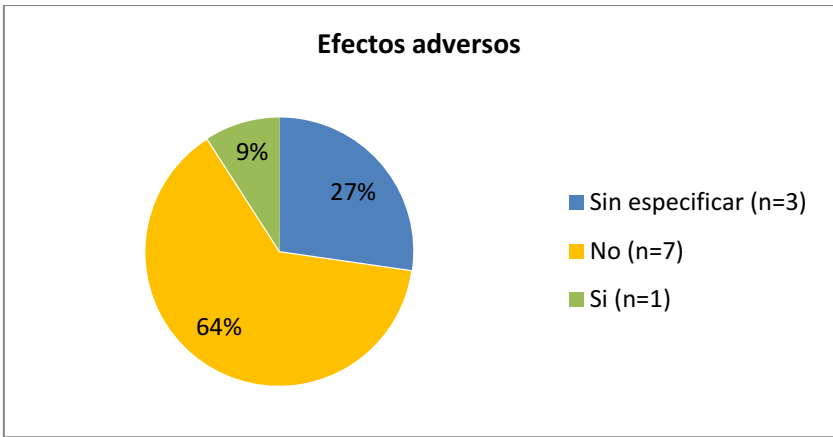


Gráfico 10: efectos adversos notificados en las publicaciones analizadas.(73–83)

Dosificación BFRT									
Autores Año	Modalidad	Manguito (ancho)	Presión	Ejercicio	Intensidad	Volumen	Pausas	Frecuencia (s/s)	Duración (semanas)
Abe et al. 2010(77)	BFRT-R	S-e	160-200mmHg	Caminata	67m/min	20'	m:No M:No BFRT-C	5	6
Patterson et al. 2011(75)	BFRT-F	S-e	100mmHg	Extensión de tobillos (unilateral)	25%1RM	3 x fallo	m:60" M: No BFRT-C	3	4
Vechin et al. 2015(81)	BFRT-F	18cm	50% POA (71±9mmHg)	Prensa de piernas a 45°	20-30%1RM	30-15-15-15	m:60" M:No BFRT-C	2	12
Libardi et al. 2015(80)	BFRT-F	17,5cm	50%POA (67±8mmHg)	Prensa de piernas a 45°	20-30%1RM	30-15-15-15	m:60" M:No BFRT-C	2	12
Yasuda et al. 2015(83)	BFRT-F	3cm	120-270mmHg	Flexión y extensión de codo	H: elástico verde M: elástico amarillo	30-15-15-15	m:30" M:90" BFRT-C	2	12
Yasuda et al. 2016(82)	BFRT-F	5cm	120-200mmHg	Sentadilla, extensión de rodilla	5-9 pts. Escala OMNI-RES	30-15-15-15	m:30" M:90" BFRT-C	2	12
Coock et al. 2017(76)	BFRT-F	6cm	184±25mmHg	Prensa de piernas horizontal, flexión y extensión de rodillas	30%-50%1RM	3 x fallo	m:60" M:180" BFRT-C	2	12
Clarckson et al. 2017(79)	BFRT-R	10,5cm	60% POA (134±4mmHg)	Caminata	4km/h	10'	m:No M:No BFRT-C	4	6
Letieri et al. 2018(74)	BFRT-F	S-e	BFRT-PA: 80%POA (185,75±5,45mmHg) BFRT-PB: S-e%POA (105,45±6,5mmHg)	Sentadilla, prensa de piernas, flexión y extensión de rodillas	20-30%1RM	30-15-15-15	m:30" M:90" BFRT-C	3	16
Letieri et al. 2019(73)	BFRT-F	13cm	80%POA	Sentadilla, prensa de piernas, flexión y extensión de rodillas, extensión de tobillos	20-30%1RM	30-15-15-15	m:30" M:90" BFRT-C	3	16
Harper et al. 2019(78)	BFRT-F	S-e	S-e	Prensa de piernas, flexión y extensión de rodillas, extensión de tobillos	20%1RM	S-e x fallo	m:30" M:90" BFRT-C	3	12

Tabla 14: se resumen los principales hallazgos en las variables de dosificación del BFRT. S-e: sin especificar, H: hombres, M: mujeres, m: micropausa, M: macropausa, BFRT-F: entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo, BFRT-R: entrenamiento de resistencia con restricción del flujo sanguíneo, BFRT-PA: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo con presión alta, BFRT-PB: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo con presión baja, BFRT-C: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo con compresión continua en las pausas, POA: presión de oclusión arterial, s/s: sesiones semanales.(73–83)

VI.b) Entrenamiento de resistencia con restricción del flujo sanguíneo

En este apartado se comparan los efectos en la masa y fuerza muscular, así también como el rendimiento físico en los participantes de los diferentes programas de entrenamiento de resistencia con o sin restricción del flujo sanguíneo (tabla 15).

De los 11 estudios que componen este trabajo solo uno examinó los efectos en la fuerza y masa muscular al aplicar un programa de ERBI con y sin restricción del flujo sanguíneo en los miembros inferiores de adultos mayores. Demostrando que aplicar BFRT combinado a la caminata de baja intensidad, por tan solo 6 semanas, logra incrementos significativos en la fuerza y masa muscular de los miembros inferiores. La caminata por sí sola no produjo variaciones en el tamaño muscular y la capacidad de expresar fuerza.(77)

Es de interés destacar que Abe et al. consideran que tanto los participantes del grupo BFRT como aquellos entrenados con flujo sanguíneo libre recibieron la misma intensidad de estímulo. Pero en el estudio el grupo control (CON) no fue intervenido, los integrantes mantuvieron un estímulo de caminata diaria que era habitual en ellos y no contaron con ningún tipo de supervisión de los investigadores.(77)

Abe et al. reconocen que los incrementos en la fuerza muscular en su estudio (7-16%) son casi similares a los hallados en estudios de EFAI (10-19%). También informan que el potencial hipertrófico, es decir el porcentaje de aumento de la CSA dividido el total de sesiones, del muslo demostrado en su estudio (~0,19% por sesión), se equipara a los resultados de los EFAI y de un estudio previamente realizado por estos autores en adultos jóvenes (~0,15% por sesión).(77)

El BFRT combinado a caminata de baja intensidad demostró incrementar el rendimiento físico tanto en adultos mayores físicamente activos como sedentarios en

las pruebas de 30"STS, TUG, 6 minute walk test (6'WT) y una versión modificada del queen college step test (QCST), en mayor medida que la caminata en condiciones de flujo sanguíneo libre.(77,79)

En el estudio de Clarckson et al. no se examinó el impacto de la intervención en la fuerza muscular, pero a pesar de ello los autores atribuyen los resultados en el 30"STS, QCST y TUG a la capacidad del BFRT-R para incrementar la fuerza muscular de las extremidades inferiores. Abe et al. llegaron a la misma conclusión, pero en este caso la afirmación encuentra su sustento reflejado en el aumento de los valores de fuerza isométricos (11,8%) e isocinéticos (7,1-16,1%) hallados al finalizar la investigación.(77,79)

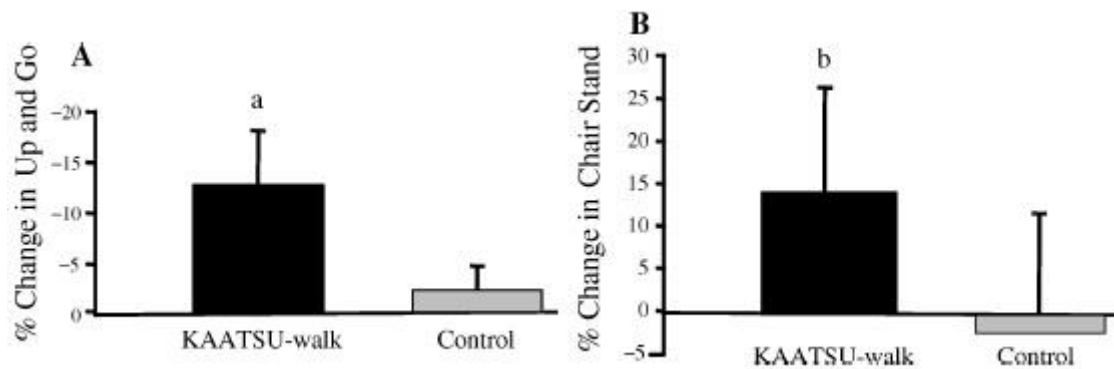


Imagen 13: porcentaje de cambios en el rendimiento de Timed Up and Go (A) y 30" Sit to Stand Test (B) en el estudio de Abe et al. Grupo Kaatsu-walk (BFRT-R) vs grupo control. a= $p < 0,001$, b= $p < 0,05$.(77)

Autor Año	Muestra	Intervención	Variables de estudio	Resultados	Conclusión
Abe et al. 2010(77)	<p>n= 19 (H:4,M:15)</p> <p>Edad: 60-78 años</p> <p>Sin enfermedades crónicas</p> <p>Físicamente activos (caminata diaria de 8.000-20.000 pasos)</p> <p>No participaban de un programa de entrenamiento de la fuerza o resistencia, al menos hace 2 años.</p>	<p>BFRT-R: n=11 (H:2,M:9) <u>Ejercicio:</u> caminata <u>Intensidad:</u> 67m/min <u>Volumen:</u> 20' <u>Presión:</u> 160-200mmHg (aumento de 10mmHg semanalmente) <u>Frecuencia:</u> 5 s/s <u>Duración:</u> 6 semanas</p> <p>CON: n=8 (H:2,M:6) <u>Ejercicio:</u> mantuvieron la caminata diaria de 8.000-20.000 pasos</p>	<p>Masa muscular: CSA de muslo y pantorrilla SMM de muslo, pantorrilla, tronco y total</p> <p>La CSA (cm²) y SMM (kg) fueron obtenidos indirectamente por formulas y estudios de US.</p> <p>Fuerza: MCV isométrica de extensores de rodilla</p> <p>MCV isocinética de extensores y flexores de rodilla. Registrada a 3 velocidades: 30°/s, 90°/s y 180°/s.</p> <p>La fuerza fue explorada mediante dinamometría (N/m)</p> <p>Rendimiento Físico: TUG 30°STS</p>	<p>La CSA en el grupo BFRT-R se incrementó significativamente (muslo 5.8% y pantorrilla 5,1%). La SMM total y de muslo aumentaron significativamente (6% y 10,7%, respectivamente), pero no en pantorrilla (2,6%) y tronco (1,8%). Tanto la CSA (muslo -0,1% y pantorrilla -1,5%) y la SMM total (-2,1%) y segmentaria (muslo -2,9%, pantorrilla -2,3% y tronco 0%) no cambiaron significativamente en el grupo control.</p> <p>La fuerza isométrica de extensión se incrementó significativamente el grupo BFRT-R (11,8%), pero no el grupo CON (-2,2%).</p> <p>En el grupo BFRT-R la fuerza isocinética aumentó significativamente para extensores (7,1-12,2%) y flexores de rodilla (13,4-16,1%) en todas las velocidades, a excepción de la flexión a 180°/s: (12,9%). El grupo CON no presentó cambios significativos en la fuerza isocinética de extensores (-2,7- -5,1%) y flexores de rodilla (-2,3- -5,4%).</p> <p>Las dos pruebas funcionales presentaron mejorías estadísticamente significativas en el grupo BFRT-R. No así en el CON.</p>	<p>6 semanas de BFRT-R pueden producir aumentos en la fuerza y tamaño muscular, así como la capacidad funcional de los participantes adultos mayores.</p>
Clarckson et al. 2017(79)	<p>n= 19 (H:11,M:8)</p> <p>Edad: 60-80 años</p> <p>Sin enfermedades cardiovasculares, musculoesqueléticas o neurológicas</p> <p>Sedentarios (<150' de actividad física semanal)</p>	<p>BFRT-R: n=10 (H:6,M:4) <u>Ejercicio:</u> caminata <u>Intensidad:</u> 4km/h <u>Volumen:</u> 10' <u>Presión:</u> 60%P.O.A. (134±4mmHg) <u>Frecuencia:</u> 4 s/s <u>Duración:</u> 6 semanas</p> <p>CON: n=9 (H:5, M:4) Mismo entrenamiento, pero con flujo sanguíneo libre.</p>	<p>Rendimiento Físico: TUG 30°STS 6°WT QCST</p>	<p>El BFRT resultó en una mejora de 2,5-4,5 veces mayor en todas las medidas de función física en comparación al CON.</p> <p><u>Cambio porcentual a las seis semanas:</u></p> <p>BFRT-R: 30°STS (28±6%), 6°WT (9±1%), TUG (12±2%), QCST (80±11%)</p> <p>CON: 30°STS (8±4%), 6°WT: (2±1%), TUG (5±1%), QCST: (21±7%)</p>	<p>La mayor mejoría en la función física con la restricción del flujo sanguíneo demuestra cómo esta adición puede aumentar la calidad del ejercicio de caminar para las poblaciones que puede estar contraindicado el entrenamiento de alta intensidad.</p>

Tabla 15: resumen de los estudios de BFRT-R. Los resultados mostrados corresponden al porcentaje de cambio entre la evaluación al inicio y fin de la investigación, no se muestran valores de revaluaciones intermedias. BFRT-R: entrenamiento de resistencia con restricción del flujo sanguíneo, CON: control, POA: presión de oclusión arterial, CSA: sección transversa anatómica, SMM: masa muscular esquelética, MCV: máxima contracción voluntaria, 30"STS: 30" sit to stand test, TUG: time up and go test , 6'WT: 6 minute walk test, QCST: queen college step test, S-e: sin especificar, s/s: sesiones semanales.(77,79)

VI.c) Entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo

En este apartado se comparan los efectos en el tamaño muscular, fuerza y rendimiento físico en los participantes de los diferentes programas de entrenamiento de fuerza con o sin restricción del flujo sanguíneo (tabla 16). Para facilitar su interpretación se agruparon los resultados de acuerdo a la intensidad que se ejecutaron los ejercicios en el grupo no intervenido con BFRT.

VI.c.1) BFRT-F vs EFBI

La selección de artículos demuestra que el BFRT logra mejoras en la fuerza muscular superiores al EFBI, comprobado por pruebas de 1RM y dinamometría de fuerza máxima isométrica e isocinética a diferentes velocidades tanto en brazos como piernas. Este hallazgo es un patrón constante sin importar la duración de la intervención (4, 12 o 16 semanas), material de entrenamiento (bandas elásticas, máquinas o pesos libres), ejercicios seleccionados (multi o poliarticulares) o volumen de entrenamiento (30-15-15-15 o series al fallo).(74,75,83)

A nivel de miembros inferiores la fuerza de los extensores de tobillo aumentó significativamente en la prueba de 1RM (14%), fuerza isométrica (18%) y fuerza isocinética (11-20%) solo en el grupo BFRT, y con diferencias significativas a favor de este para las pruebas de 1RM, dinamometría isométrica e isocinética a 30°/s. También se notificaron aumentos significativos en la fuerza isocinética de los extensores (15,75-27,2%) y flexores de rodilla (22,79-36,7%) al ser entrenados con BFRT. Las personas entrenadas con EFBI no presentaron variaciones de carácter significativo en los niveles de fuerza de las extremidades inferiores.(74,75) El BFRT en miembros superiores demostró incrementos significativos en la fuerza isométrica máxima de los extensores (7,8%) y flexores (16,1%) de codo, mientras que el entrenamiento tradicional de baja intensidad no logró modificaciones.(83)

Los efectos del BFRT en el tamaño muscular solo fueron examinados en los miembros superiores, logrando incrementos significativos en la CSA de los músculos flexores y extensores de codo obtenida por RM (17,6% y 17,4%, respectivamente), mientras que el grupo EFBI no presentó variaciones. Yasuda et al. comunicaron que el EFBI empleado bandas elásticas no produjo ningún cambio en la masa muscular, lo que sugiere que no es efectivo para inducir hipertrofia muscular. Por otro lado, el potencial hipertrófico (0,73% por sesión) hallado en el grupo BFRT es superior al notificado por el entrenamiento tradicional a intensidades del 80%1RM (0,47% por sesión) y el BFRT al 30-50%1RM empleando pesos libres (0,59% por sesión). Este grupo también demostró ganancias de fuerza (0,33% por sesión) similares a los entrenamientos tradicionales de alta intensidad (0,39% por sesión) y BFRT utilizando pesas libres (0,32 % por sesión).(83)

Ninguno de los estudios evaluó el impacto en el rendimiento físico, pero a pesar de esto Patterson et al. destacan que el incremento en la fuerza muscular de los extensores de tobillo visto en su estudio puede mejorar la capacidad funcional de los participantes, dada la importancia de este grupo muscular durante las tareas funcionales en individuos adultos mayores.(75)

VI.c.2) BFRT-F vs EFMI

El trabajo de Harper et al. es el único que comparó el BFRT con un programa de intensidad moderada (60%1RM). Los investigadores centraron sus esfuerzos en examinar la seguridad y viabilidad de estas dos modalidades de entrenamiento de la fuerza en adultos mayores con osteoartritis de rodilla (OA), con el fin de refinar los elementos necesarios para realizar en el futuro ensayos de gran potencia que estudien los efectos en la fuerza y función física de estas intervenciones en la misma población.(78)

El estudio no brindó información detallada y precisa de sus métodos de evaluación y dosificación de los planes de entrenamiento. Además, no contó con la capacidad de detectar diferencias estadísticas en los resultados que permitan reconocer cambios significativos en las variables de estudio y diferencias significativas entre BFRT y EFMI. Sin embargo, luego de 12 semanas ambos métodos resultaron útiles para incrementar la fuerza de los miembros inferiores y rendimiento físico de los participantes. Por lo que consideran al BFRT una alternativa segura para adultos mayores con OA, y si bien estiman que el BFRT puede tener una eficacia menor al EFMI reconocen la necesidad de un futuro estudio para corroborar esa hipótesis.(78)

VI.c.3) BFRT-F vs EFAI

Los investigadores utilizaron evaluaciones por dinamometría y 1RM al momento de examinar los efectos de estas intervenciones en la fuerza muscular de los sujetos. A nivel de las pruebas de 1RM se encuentra que las dos estrategias lograron aumentos significativos en las pruebas de prensa de piernas y extensión de rodilla, pero solo el EFAI logró incrementos en la fuerza de flexión de rodilla. Libardi et. al no encontraron diferencias significativas entre los grupos, mientras que Cook et al. hallaron una diferencia significativa en el valor de prensa de piernas a favor del EFAI.(74,76,80–82)

Las pruebas por dinamometría de fuerza máxima isométrica de Yasuda et al. encontraron aumentos significativos en la extensión de rodilla (13,7%) del grupo BFRT, el grupo EFAI no registro cambios. Sin embargo, Cook et al. para la misma prueba hallaron que durante las primeras 6 semanas de entrenamiento el grupo EFAI logró una mejora significativamente mayor en relación al grupo BFRT (16% vs 0%), pero desde la semana 6 a 12 el grupo BFRT incrementó los valores un 10%, disipando las diferencias entre grupos una vez finalizada la intervención (18% vs 10%). En cuanto a la flexión de rodilla el primer trabajo no encontró cambios en ninguno de los grupos, mientras que Cook et. al encontró mejoras significativas solo con el EFAI pero estas no fueron superiores a las experimentadas por los sujetos del grupo BFRT.(76,82)

La fuerza isocinética fue explorada solamente por Letieri et al. obteniendo incrementos significativos y de igual magnitud en los grupos musculares extensores y flexores de rodilla en el grupo BFRT y EFAI después de 16 semanas de entrenamiento, no hallaron cambios en los grupos EFBI y CON.(74)

Al momento de examinar el tamaño muscular todos los artículos de este segmento utilizaron la RM para cuantificar los efectos sobre la CSA de la masa músculo esquelético de miembros inferiores. Se puede apreciar que 12 semanas de entrenamiento son suficientes para generar cambios significativos en la CSA del músculo cuádriceps con BFRT o EFAI, sin diferencias entre grupos. Este objetivo se puede alcanzar llegando al fallo muscular como en el caso de Cook et al. (~3cm²) o sin aplicar este recurso como los trabajos de Libardi et al. (BFRT: 7,6% y EFAI: 7,3%) y Yasuda et al. (BFRT: 6,9%). Por su parte, esta última investigación encontró incrementos de la CSA de cuádriceps solo con el BFRT, y no con el EFAI. A su vez, el entrenamiento con flujo sanguíneo libre y restringido no fueron capaces de generar cambios en la CSA de los músculos aductores, isquiotibiales y glúteo mayor.(76,80,82)

Para cerrar el bloque de fuerza e hipertrofia es necesario mencionar que aunque Libardi et al. encontraron resultados similares en fuerza y masa muscular con los dos métodos, destacan que el volumen de entrenamientos (series x repeticiones x kg) del grupo BFRT fue significativamente menor (~37,5%) que el del grupo EFAI. Debido a esto consideran que el menor estrés mecánico en las articulaciones con BFRT confiere una ventaja en los adultos mayores, sobre todo aquellos con problemas articulares.(80)

El impacto de ambos métodos de entrenamiento en el rendimiento físico fue explorado solo por Cook et al. quienes hallaron una mejora general de 3,5% en la velocidad de marcha que representa 20" menos para completar el 400MWT. Aunque esta fue una mejora significativa en el estudio, los autores no lo consideran un cambio realmente significativo en la función (50-60"). La puntuación del SPPB no presentó cambios, sin embargo 2 de las 3 pruebas (5STS y GS) que componen la batería de pruebas presentaron mejoras significativas. En este estudio también se declara que las intervenciones no provocaron cambios en la calidad de vida, explorada por el cuestionario WHOQOL-BREF, pero los autores reconocen que este resultado es producto del valor inicial elevado, 4,6 puntos de 5 posibles, dejando poca capacidad de mejoría. A su vez, reconocen que el aumento de la interacción social, junto a los efectos psicológicos y físicos positivos del entrenamiento que mejoran la calidad de vida no fueron evaluados correctamente por la encuesta.(76)

VI.c.4) BFRT-PA vs BFRT-PB

En 2018 Litieri et al. compararon los efectos en la fuerza muscular luego de 16 semanas de BFRT con diferentes niveles de presión. Sus resultados muestran que el BFRT-PA (185,75±5,45mmHg) y BFRT-PB (105,45±6,5mmHg) son igual de efectivos para incrementar la fuerza de miembros inferiores que el EFAI, mientras que en el mismo lapso de tiempo el EFAI no produjo cambios. Cuando compararon los resultados en la fuerza isocinética de los grupos BFRT entre sí, hallaron que el BFRT-PA presentó valores 8,91% y 7,19% superiores en la extensión de rodilla de la pierna derecha e izquierda, respectivamente, en relación al BFRT-PB. Sin embargo, este último superó a su homólogo de presión superior en los valores para la flexión de rodilla derecha e izquierda, en un 0,33% y 4,29%, respectivamente.(74)

Este estudio tiene la particularidad de que los investigadores reevaluaron a los sujetos luego de 6 semanas de desentrenamiento. Si bien, hallaron que todos los grupos redujeron sus niveles de fuerza, los grupos BFRT y EFAI se mantuvieron por sobre el

valor de inicio, efecto que adjudicaron a posibles adaptaciones neuronales al ejercicio. Pero destacan que el grupo BFRT-PA presentó valores porcentuales de reducción de la fuerza menores al grupo BFRT-PB y EFAI. Los autores especulan que los protocolos con mayor presión de oclusión vascular periférica y/o mayor intensidad del ejercicio pueden incrementar las respuestas anabólicas.(74)

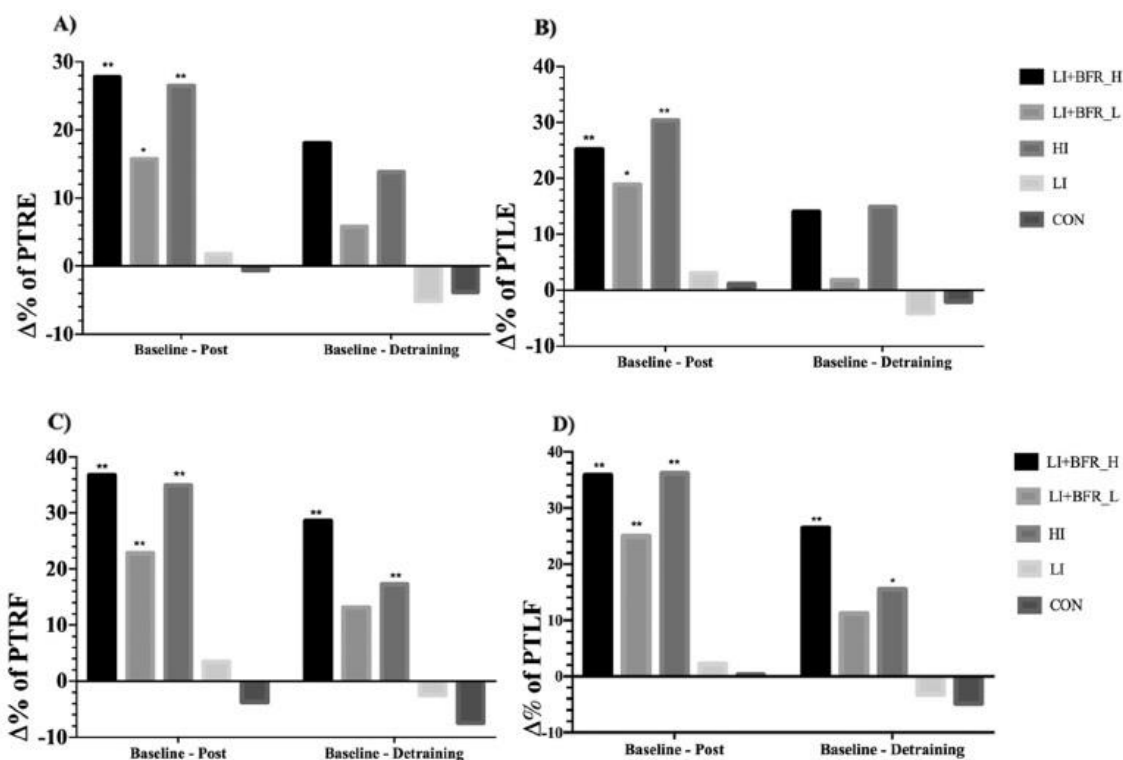


Imagen 14: valores de $\Delta\%$ del pico de torque (N/m) dentro de los grupos en diferentes momentos (post-entrenamiento y desentrenamiento) en relación con la línea base. a) $\Delta\%$ de PTRE = porcentaje de cambio de la extensión derecha, b) $\Delta\%$ de PTLE = porcentaje de cambio de la extensión izquierda; c) $\Delta\%$ de PTRF = porcentaje de cambio de flexión derecha d) $\Delta\%$ de PTLF = porcentaje de cambio de flexión izquierda. LI + BFR_H = baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo "alta"; LI + BFR_L = baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo "baja"; HI = ejercicio de alta intensidad; LI = ejercicio de baja intensidad; CG = grupo de control. ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$.

VI.d) Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en sujetos sarcopénicos

La esencia de este trabajo es examinar el impacto del BFRT en sujetos adultos mayores sarcopénicos, a pesar de ello entre los artículos devueltos por la búsqueda bibliográfica solo un estudio intervino un grupo de personas diagnosticadas con

sarcopenia. Sin embargo, al compararse el BFRT-F con un grupo CON sin ejercicio, los resultados hallados no pudieron describirse en los apartados previos.(73)

Litieri et al. en su publicación de 2019 implementaron 16 semanas de BFRT-F en 11 mujeres mayores diagnosticadas con sarcopenia ($IMM < 5,45\text{kg/m}^2$ y $TUG > 10,85''$). La reevaluación de las variables del estudio acusaron una mejora significativa en la fuerza, masa muscular y rendimiento físico, a pesar de ello se mantuvieron clasificadas como sarcopénicas. Los autores declaran al BFRT un método efectivo en el proceso de intervención utilizando el ejercicio como estrategia en el control de la sarcopenia.(73)

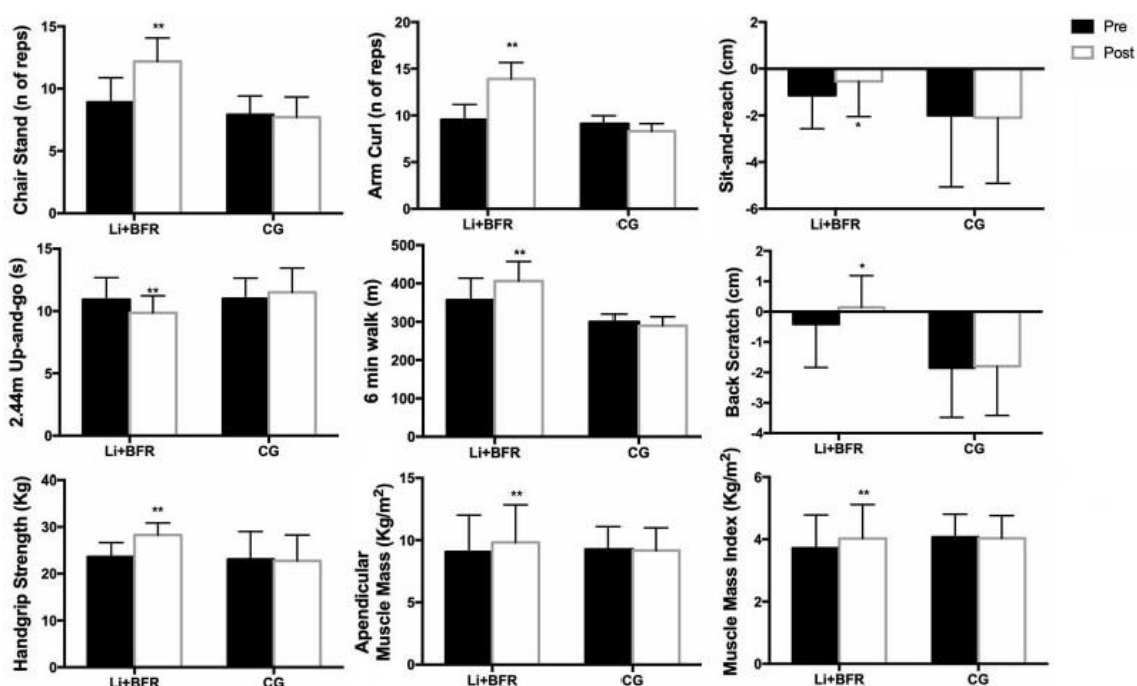


Imagen 15: comparación de los valores iniciales (pre) y luego de 16 semanas de intervención (post) con BFRT en mujeres mayores sarcopénicas. LI+BFR: entrenamiento de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo, CG: grupo control.(73)

VI.e) Mecanismo de acción

Todos los investigadores adjudican los efectos del BFRT sobre la fuerza, hipertrofia y rendimiento físico de los adultos mayores a la capacidad de este método de entrenamiento para incrementar el reclutamiento de UM, principalmente de umbral alto, y su capacidad para activar vías de síntesis proteica. Pero a pesar de este accionar reiterado solo Yasuda et al. ofrecen en sus investigaciones evidencia al respecto.(82,83)

Estos autores en 2015 realizaron electromiografía de superficie (EMGS) durante la sesión de entrenamiento de los músculos flexores y extensores de codo a baja intensidad en sujetos con sus brazos en condición de flujo sanguíneo libre o restringido. Para ello se colocó los electrodos en la superficie del vientre del bíceps y tríceps braquial, registrando de manera continua la actividad electromiográfica que se expresó en valores que agrupaban 5 repeticiones consecutivas. Los resultados demuestran un aumento significativo en la actividad del músculo agonista perteneciente al grupo BFRT. Incremento que ocurrió de manera progresiva desde la primera hasta la última serie en la flexión de codo, y en la tercera y cuarta serie de la extensión de codo, logrando una diferencia significativa a favor del grupo BFRT en la última serie de flexión de codo.(83)

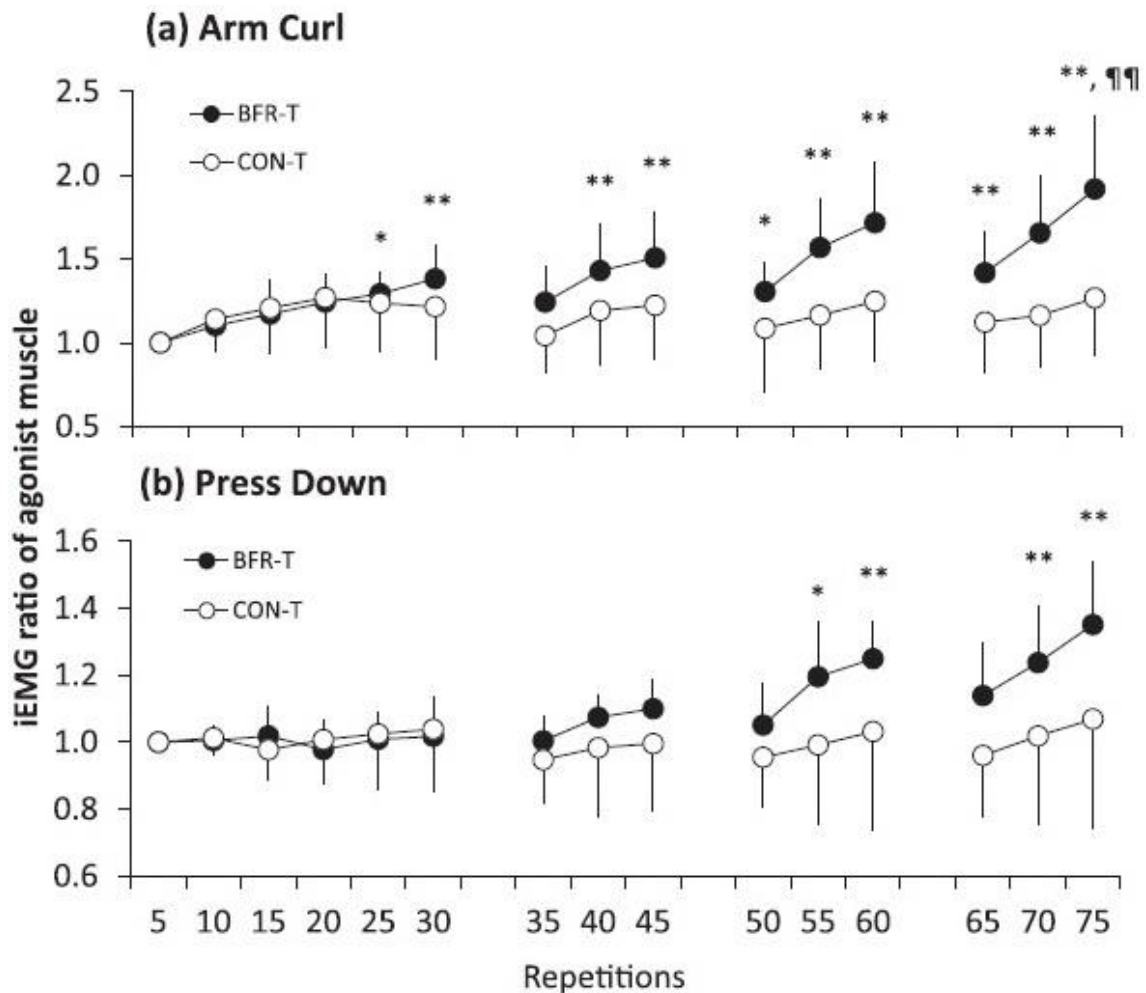


Imagen 16: relación iEMG (electromiografía integrada) de los músculos bíceps braquial y tríceps braquial durante la flexión (a) y extensión de codo (b) para cada serie realizada. El promedio de cada cinco repeticiones se representó como un único punto de datos. Los valores son medios y DE. **Diferente de las primeras cinco

repeticiones, $p < 0,01$. *Diferente de las primeras cinco repeticiones, $p < 0,05$. ¶¶Diferente de CON-T, $p < 0,01$. BFR-T: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo, CON-T: entrenamiento tradicional de baja intensidad.(83)

En la misma investigación se examinó los efectos agudos sobre la masa muscular. Empleado un US midieron el grosor muscular (MTH), es decir la distancia perpendicular entre la interfaz tejido adiposo-músculo y la interfaz músculo-hueso, de la región anterior y posterior del brazo. La medición se realizó previa e inmediatamente posterior al desarrollo del entrenamiento. Los investigadores encontraron que el MTH fue significativamente superior para el grupo BFRT en comparación al EFBI en la parte anterior (14,2% vs 7%, respectivamente) y posterior del brazo (8,5% vs 3,3%, respectivamente).(83)

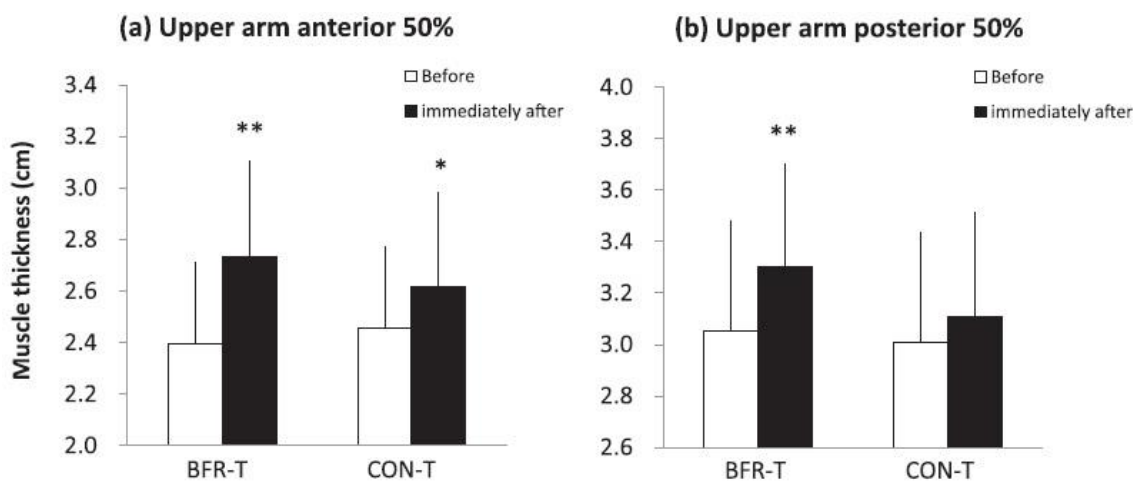


Imagen 17: espesor muscular (MTH) de los flexores del codo (a) y los extensores del codo (b) antes e inmediatamente después de la sesión de ejercicio. Los valores son medios y DE. **Diferente de antes, $p < 0,01$. *Diferente de antes, $p < 0,05$. BFR-T: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo, CON-T: entrenamiento tradicional de baja intensidad.(83)

En 2016 repitieron este proceso, pero en esta ocasión se comparó los efectos en el MTH a nivel de la musculatura en la cara anterior y posterior de muslo para una sesión de BFRT y EFAI. Los investigadores hallaron un aumento significativo en el MTH en la región anterior de muslo con ambas intervenciones, pero no en los grupos musculares posteriores. Sin embargo, el cambio porcentual en el MTH tendió a ser mayor ($p = 0,062$) en el grupo BFRT (pre: $3,8 \pm 0,6$ cm vs. post: $4,2 \pm 0,6$ cm: 10,6%) en comparación con el grupo EFAI (pre: $3,7 \pm 0,5$ cm vs. post: $3,9 \pm 0,6$ cm: 6,3%).(82)

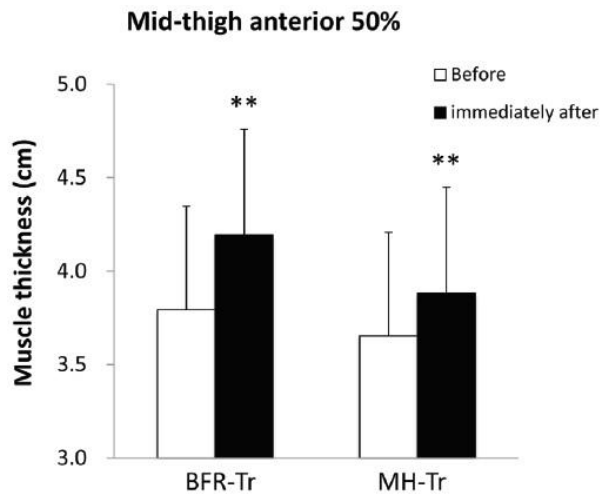


Imagen 18: espesor muscular del sector anterior de muslo antes e inmediatamente después de la sesión de ejercicio. BFR-Tr: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo, MH-Tr: entrenamiento tradicional de alta intensidad. Los valores son medios y DE. **Diferente de antes, $p < 0,01$.(82)

Yasuda et al. señalan que sus hallazgos en el tamaño muscular inmediato son un índice de la hinchazón del miocito, considerando que el BFRT induce una mejora en el metabolismo de las proteínas con su consecuente hipertrofia muscular.(82,83)

Autor Año	Muestra	Intervención	Variables de estudio	Resultados	Conclusión
Patterson et al. 2011(75)	<p>n=10 (H:8, M=2)</p> <p>Edad: 62-73 años</p> <p>Físicamente activos: realizan caminata, trote o jardinería durante 30', 2-3 veces a la semana</p> <p>No participan en entrenamiento de fuerza.</p>	<p>BFRT-F: n=10 (H:8,M:2)</p> <p><u>Ejercicio:</u> extensión de tobillo unilateral</p> <p><u>Intensidad:</u> 25% 1RM</p> <p><u>Volumen:</u> 3 x fallo</p> <p><u>Presión:</u> 110mmHg</p> <p><u>Pausas:</u> m: 60" M: no hubo(BFRT-C)</p> <p><u>Frecuencia:</u> 3 s/s</p> <p><u>Duración:</u> 4 semanas</p> <p>EFBI: n=10 (H:8,M:2)</p> <p>Mismo plan a diferencia de:</p> <p><u>Volumen:</u> 3 series no al fallo, pero si con las mismas repeticiones que el grupo BFRT-F</p>	<p>Fuerza:</p> <p>MCV isométrica de extensores de tobillo</p> <p>MCV isocinética de extensores tobillo.</p> <p>Registrada a 3 velocidades: 30°/s, 60°/s y 120°/s.</p> <p>1RM extensión de tobillo en prensa</p> <p>La MCV fue explorada mediante dinamometría (N/m)</p>	<p>Hallaron diferencias significativas en el aumento de la fuerza muscular entre la pierna entrenada con BFRT-F y EFBI de un mismo sujeto en la prueba de 1RM (14% vs 4%), fuerza isométrica (18% vs 4%) y fuerza isocinética a 30°/s (20% vs 0%). También lograron incrementos significativos en la fuerza isocinética a 60 y 120°/s para el grupo BFRT-F (17% y 11%, respectivamente) pero sin diferencias significativas con la pierna entrenada en condiciones de flujo sanguíneo libre (4% y 3%, respectivamente).</p>	<p>Los parámetros de fuerza y flujo sanguíneo en adultos mayores se pueden aumentar más después de una intervención de 4 semanas usando BFRT-F, en vez de sólo EFBI.</p>
Vechin et al. 2015(81)	<p>n=23 (H:14 M:9)</p> <p>Edad: 64,04 ±3,81 años</p> <p>Sin DBT, ECV o condiciones muscular esqueléticas que impidan el ejercicio físico</p> <p>No participaban en planes de fortalecimiento al menos 6 meses previos al estudio</p>	<p>BFRT-F: n=8</p> <p><u>Ejercicio:</u> prensa a 45°</p> <p><u>Intensidad:</u> 20-30% 1RM</p> <p><u>Volumen:</u> 30-15-15-15</p> <p><u>Presión:</u> 50% PATM (71±9mmHg)</p> <p><u>Pausas:</u> m: 60" M: no hubo(BFRT-C)</p> <p><u>Frecuencia:</u> 2 s/s</p> <p><u>Duración:</u> 12 semanas</p> <p>EFAI: n=8</p> <p>Mismo plan, cambia:</p> <p><u>Intensidad:</u> 70-80% 1RM</p> <p><u>Volumen:</u> 4 x 10</p> <p>CON: n=7 Sin intervención</p>	<p>Fuerza:</p> <p>1RM prensa de piernas a 45°</p> <p>Masa muscular:</p> <p>CSA de cuádriceps (cm²) por RM.</p>	<p>Los valores de 1RM aumentaron significativamente para el grupo EFAI (~54%) y se observó una tendencia hacia valores significativamente mayores en el grupo BFRT-F (~17% p=0,0067).</p> <p>La CSA del cuádriceps aumentó significativamente para el grupo EFAI (6,6%) y BFRT-F (7,9%).</p> <p>El grupo CON no presentó cambios en los valores de 1RM y CSA de cuádriceps.</p>	<p>Ambos regimenes de entrenamiento fueron efectivos para aumentar la CSA del cuádriceps y el 1RM de prensa de piernas. Sin embargo, el EFAI parece inducir mayores ganancias de fuerza.</p>

<p>Libardi et al. 2015(80)</p>	<p>n= 25 Edad: 64,7±4,1 años Sedentarios No obesos (IMC= 30kg/m²) Sin ECV o ENM</p>	<p><u>Entrenamiento concurrente:</u> <u>BFRT-CT:</u> n=10 <u>Fuerza</u> <u>Ejercicio:</u> prensa a 45° <u>Intensidad:</u> 20-30%1RM <u>Volumen:</u> 30-15-15-15 <u>Presión:</u> 50% POA (67±8mmHg) <u>Pausas:</u> m: 60",M: no hubo(BFRT-C) <u>Frecuencia:</u> 2 s/s <u>Duración:</u> 12 semanas <u>CT(EFAI):</u> n=8 <u>Fuerza</u> Mismo plan, pero se diferencia por: <u>Intensidad:</u> 70-80%1RM <u>Volumen:</u> 4 x 10 <u>BFRT-CT y CT(EFAI): Resistencia</u> <u>Ejercicio:</u> caminata o trote <u>Intensidad:</u> 60-85%VO2 máx. <u>Volumen:</u> 40'-50' <u>Frecuencia:</u> 2 s/s <u>Duración:</u> 12 semanas <u>CON:</u> n=7 Sin intervención</p>	<p><u>Fuerza:</u> 1RM prensa de piernas a 45° <u>Masa muscular:</u> CSA de cuádriceps (cm²) por RM.</p>	<p>Los valores de 1RM aumentaron significativamente para el grupo EFAL (38,1%) y BFRT-F (35,4%), no se detectaron diferencias entre grupos. La CSA del cuádriceps aumentó significativamente para el grupo EFAL (7,3%) y BFRT-F (7,6%). El grupo CON no presentó cambios significativos en los valores de 1RM (-4,3%) y CSA de cuádriceps (-2,2%).</p>	<p>La aptitud aeróbica, la fuerza y la hipertrofia muscular aumentaron de manera similar después de la combinación de entrenamiento de resistencia con EFAL (entrenamiento concurrente tradicional) o BFRT-F. Los hallazgos sugieren que el BFRT-CT puede ser un enfoque alternativo efectivo a las recomendaciones actuales con respecto a la prescripción de ejercicios para los ancianos.</p>
<p>Yasuda et al. 2015(83)</p>	<p>n=17 (H:3, M: 14) Edad: 61-85 años Sin enfermedades</p>	<p><u>BFRT-F:</u> n=9 (H:2, M:7) <u>Ejercicio:</u> flexión y extensión de codo <u>Intensidad:</u> banda elástica H: verde, M: amarillo</p>	<p><u>Fuerza:</u> MCV isométrica de extensores y flexores de codo</p>	<p>Se hallaron aumentos significativos en el grupo BFRT-F para la CSA de los flexores y extensores de codo (17,6% y 17,4%, respectivamente), así como en la MCV isométrica de los flexores y</p>	<p>El BFRT utilizando bandas elásticas provocó ganancias notables en el CSA y la fuerza de los músculos en la parte superior del brazo y no afectó negativamente a la rigidez arterial en</p>

	<p>crónicas</p> <p>No participaban en programas de entrenamiento al menos 6 meses antes del estudio</p>	<p>Volumen: 30-15-15-15 Presión: 120-270mmHg Pausas: m: 30", M: 90" (BFRT-C) Frecuencia: 2 s/s Duración: 12 semanas</p> <p>EFBI: n=8 (H: 1, M:7) Mismo plan</p>	<p>Masa muscular: CSA de extensores y flexores de codo.</p> <p>La MCV (N/m) fue explorada mediante dinamometría y la CSA (cm²) por RM.</p>	<p>extensores de codo (7,8% y 16,1%, respectivamente). El grupo EFBI no presentó cambios en la fuerza y tamaño muscular.</p>	<p>adultos mayores sanos. Por lo tanto, los hallazgos demuestran que el BFRT sería beneficioso en el desarrollo de métodos seguros y efectivos para promover la hipertrofia muscular en adultos mayores.</p>
<p>Yasuda et al. 2016(82)</p>	<p>n=30 (H: 0, M: 30)</p> <p>Edad: 61 a 86 años</p> <p>Sin enfermedades crónicas</p> <p>No estaban en terapia de reemplazo hormonal</p> <p>No participaban en programas de entrenamiento al menos 6 meses antes del estudio</p>	<p>BFRT-F: n=10 M Ejercicio: sentadilla-extensión de rodilla Intensidad: 5-9 puntos de la escala OMNI-RES Volumen: 30-15-15-15 Presión: 120-200mmHg Pausas: m: 30", M: 90" (BFRT-C) Frecuencia: 2 s/s Duración: 12 semanas</p> <p>EFAI: n=10 M Mismo plan, pero elásticos con el doble de tensión.</p> <p>CON: n=10 M Sin intervención</p>	<p>Fuerza: MCV isométrica de flexores y extensores de rodilla. 1RM prensa de piernas a 45° y extensión de rodillas</p> <p>Masa muscular: CSA de cuádriceps, aductores, isquiotibiales y glúteo mayor.</p> <p>La MCV (N/m) fue explorada mediante dinamometría y la CSA (cm²) por RM.</p>	<p>La MVC isométrica de extensores de rodilla aumentó significativamente para el grupo BFRT-F (13,7%), pero no en el grupo EFAI. No hubo cambios en la MCV isométrica de los flexores de rodilla en ningún grupo. Aumentó significativamente el 1RM en la prensa de piernas en el grupo BFRT-F (17,6%) y EFAI (16,4%). El 1RM de extensión de rodilla tendió a un aumento significativo en el grupo BFRT-F (7,6% p=0,076), pero no en el grupo EFAI.</p> <p>El CSA del músculo cuádriceps aumentó significativamente (6,9%) en el grupo BFRT-F, pero no en el grupo EFAI. No hubo cambios en la CSA de aductores, isquiotibiales y glúteo mayor en ninguno de los grupos.</p> <p>El grupo CON no registró cambios en las pruebas de fuerza y tamaño muscular.</p>	<p>El uso de BFRT-F empleando bandas elásticas provocó ganancias marcadas de la CSA y fuerza del cuádriceps, y no disminuyó la función vascular en mujeres mayores. Demostrando que sería beneficioso en el desarrollo de métodos seguros y efectivos de atención y prevención de la sarcopenia en adultos mayores.</p>
<p>Coock et al. 2017(76)</p>	<p>n=36 (H: 15, M:21)</p> <p>Edad: ≥65 años</p> <p>Sin enfermedades</p>	<p>BFRT-F: n=12 (H:5, M:7) Ejercicio: prensa de piernas, flexión y extensión de rodillas Intensidad: 30-50%1RM</p>	<p>Fuerza: 1RM de prensa de piernas, extensores y flexores de rodilla MCV isométrica de</p>	<p>Dentro de las 6 semanas de entrenamiento los aumentos en todas las medidas de fuerza y CSA fueron evidentes en el grupo EFAI, y las ganancias fueron significativamente</p>	<p>Ambos programas de entrenamiento dieron como resultado mejoras en el CSA muscular y el EFAI tuvo ganancias de fuerza más pronunciadas que el BFRT después de 6 semanas, y estas fueron</p>

	<p>crónicas</p> <p>No participaban en programas de entrenamiento al menos 6 meses antes del estudio.</p> <p>Debilidad con riesgo de deterioro funcional (RFP: H<1,71Nm/kg, M<1,34Nm/kg)</p>	<p><u>Volumen:</u> 3 x fallo <u>Presión:</u> 1,5 TASB (184±25mmHg) <u>Pausas:</u> m:60" M:180" (BFRT-C) <u>Frecuencia:</u> 2 s/s <u>Duración:</u> 12 semanas</p> <p><u>EFAl:</u> n=12 (H:5, M:7) Mismo plan, a diferencia de: <u>Intensidad:</u> 70%1RM</p> <p><u>CON:</u> n=12 (H: 5, M:7) <u>Ejercicio:</u> flexibilidad de torso y brazos, fortalecimiento de brazos.</p>	<p>extensores de rodilla. RFP</p> <p>Masa muscular: CSA de cuádriceps, aductores, isquiotibiales y glúteo mayor.</p> <p>Rendimiento Físico: SPPB 4OOMWT</p> <p>La MCV (N/m) fue explorada mediante dinamometría y la CSA (cm²) por RM.</p>	<p>mayores que el grupo CON. El grupo BFRT tuvo aumentos de fuerza en la extensión de la pierna y las pruebas de 1RM de prensa de pierna, pero fueron significativamente más bajos en la MCV isométrica y 1RM de extensión de rodilla que el grupo EFAl. A las 12 semanas, el entrenamiento EFAl y BFRT no difirió en MCV. La velocidad al caminar aumentó un 4% entre todos los grupos de entrenamiento y no se observaron cambios en la puntuación general SPPB y QOL.</p>	<p>más similares después de 12 semanas de entrenamiento. Estos cambios en ambos grupos no se transfirieron a mejoras en QOL, SPPB y velocidad de caminata. Dado que ambos programas producen ganancias de fuerza y CSA, aunque a diferentes velocidades, la investigación futura debería considerar el uso de una combinación de entrenamiento EFAl y BFRT en adultos mayores con debilidad muscular profunda y limitaciones de movilidad.</p>
<p>Letieri et al. 2018(74)</p>	<p>n= 56 (H:0, M: 56)</p> <p>Edad= 68,8 ± 5,09 años</p> <p>Recreacionalmente activos, pero sin participar en un programa de entrenamiento.</p> <p>Sin enfermedades crónicas.</p>	<p>BFRT-PA: n= 11 M <u>Ejercicio:</u> sentadilla, prensa de piernas, extensión y flexión de rodillas <u>Intensidad:</u> 20-30%1RM <u>Volumen:</u> 30-15-15-15 <u>Presión:</u> 80% POA (185,75 ± 5,45mmHg) <u>Pausas:</u> m: 30",M: 90" (BFRT-C) <u>Frecuencia:</u> 3 s/s <u>Duración:</u> 16 semanas</p> <p>BFRT-PB: n= 11 M Mismo plan, cambia: <u>Presión:</u> S.e% POA (105,45 ± 6,5 mmHg)</p> <p>EFAl: n= 10 M</p>	<p>Fuerza: Fuerza isocinética máxima de flexores y extensores de rodilla. Evaluado mediante dinamometría (N/m)</p>	<p>Se observó un incremento significativo en la fuerza de los grupos BFRT-PA, BFRT-PB y EFAl en la extensión de rodilla derecha (27,2%, 15,75% y 13,81%, respectivamente) e izquierda (25,2%, 18,95% y 30,39%, respectivamente) y la flexión de rodilla derecha (36,7%, 22,79% y 34,97%, respectivamente) e izquierda (35,8%, 24,93% y 26,14%, respectivamente), pero no el grupo EFBI y CON.</p> <p>Después del período de desentrenamiento (6 semanas) los grupos BFRT-PA, BFRT-PB y EFAl disminuyeron los valores de fuerza, pero se mantuvieron sobre el valor basal.</p>	<p>BFRT aumenta los niveles de fuerza muscular en un grado similar al ejercicio EFAl, especialmente con las presiones de oclusión más altas. Las ganancias se conservaron bien, y puede explicarse por posibles adaptaciones neuronales al ejercicio.</p> <p>Los métodos BFR pueden considerarse un método efectivo para promover y retener la fuerza muscular en mujeres mayores y puede ser una alternativa al ejercicio tradicional, con un costo relativamente bajo y bien tolerado, en individuos que no pueden tolerar de manera segura el ejercicio con altas tensiones musculares o para aquellos con limitaciones crónicas o incluso aquellos en el proceso de rehabilitación posquirúrgica que necesitan minimizar los efectos nocivos de la pérdida de fuerza y</p>

		<p>Mismo plan, cambia: <u>Intensidad:</u> 70-80%1RM <u>Volumen:</u> 3-4 x 6-8 <u>Pausas:</u> m: 60",M:90"</p> <p>EFBI: n= 12 M S-e intervención</p> <p>CON: n= 12 M Sin intervención</p>			masa muscular.
Letieri et al. 2019(73)	<p>n=23 (H:0, M:23) Edad: ≥60 años</p> <p>Diagnóstico de sarcopenia: IMM:<5,45kg/m² TUG: >10,85"</p>	<p>BFRT-F: n= 11 M <u>Ejercicio:</u> sentadilla, prensa de piernas, extensión y flexión de rodillas, extensión de tobillo. <u>Intensidad:</u> 20-30%1RM <u>Volumen:</u> 30-15-15-15 <u>Presión:</u> 80% POA <u>Pausas:</u> m: 30",M: 90" (BFRT-C) <u>Frecuencia:</u> 3 s/s <u>Duración:</u> 16 semanas</p> <p>CON: n= 12 M Sin intervención</p>	<p>Fuerza: HGS</p> <p>Masa muscular: ASM IMM (ASM/talla²)</p> <p>Rendimiento Físico: Chair Stand Arm Curl Sit-and-reach TUG Back Scratch 6'WT</p> <p>El HGS (kg) fue explorado mediante dinamometría. La ASM (kg) e IMM (kg/m²) obtenidos por ecuación</p>	<p>El grupo BFRT-F tuvo una mejora significativa en el rendimiento de HGS y todas las pruebas funcionales. Después de la intervención las mujeres seguían clasificadas como sarcopénicas, a pesar del incremento significativo en el ASM e IMM.</p>	<p>El BFRT puede ser efectivo en el proceso de intervención utilizando el ejercicio físico como estrategia auxiliar en el control de la sarcopenia.</p>
Harper et al. 2019(78)	<p>n=35 (H:10 M:25) Edad: ≥60años</p> <p>Con limitaciones físicas y OA</p>	<p>BFRT-F: n=16 (H:6 M:10) <u>Ejercicio:</u> prensa de piernas, flexión y extensión de rodillas, extensión de tobillo</p>	<p>Fuerza: 1RM de prensa de piernas, flexión y extensión de rodillas, extensión de tobillo</p>	<p>Los cambios en 1RM (libras) para los cuatro ejercicios fueron los siguientes (media y IC del 95%): prensa de piernas 72.29 (40.47, 105.11), extensión de rodillas 41.34 (27.50, 55.19), extensión de tobillo 75.16</p>	<p>Los hallazgos de este estudio piloto no deben interpretarse en exceso, pero proporcionan datos que apoyan el potencial del BFRT como un régimen de entrenamiento alternativo para mejorar el dolor y la función entre los adultos</p>

	<p>sintomática de rodilla</p>	<p><u>Intensidad:</u> 20%1RM <u>Volumen:</u> S-e x fallo <u>Presión:</u> S-e <u>Pausas:</u> m y M:S-e (BFRT-C) <u>Frecuencia:</u> 3 s/s <u>Duración:</u> 12 semanas</p> <p><u>EFMI:</u> n=19 (H:4, M:15) Mismo plan, se diferencian en: <u>Intensidad:</u> 60%1RM</p>	<p>MCV isocinética de extensores de rodilla. Registrada a 3 velocidades: 60°/s, 90°/s y 120°/s.</p> <p><u>Masa muscular:</u> S-e</p> <p><u>Rendimiento</u> <u>Físico:</u> SPPB 4OOMWT</p> <p>La MCV (N/m) fue explorada mediante dinamometría.</p>	<p>(45,64, 104,68) y flexión de rodillas 17,67 (7,61, 27,72). Las diferencias entre los grupos fueron las siguientes (BFRT en relación con EFMI): prensa de piernas -50.81 (-117.22, 15.60), extensión de rodillas -26.60 (-54.94, 1.74), extensión de tobillos -30.66 (-91.05, 29.73), y flexión de rodillas -16.46 (-36.05, 3.13).</p> <p>El cambio en el torque pico (N/m) de extensión de rodilla promedio fue de 9.96 (5.76, 14.16). El cambio medio entre los grupos fue (BFRT en relación con EFMI) -1,87 (-10,96, 7,23).</p> <p>El cambio medio en la masa magra total (kg) fue de 0,40 (-0,61, 1,40). Entre los grupos (BFRT en relación con EFMI), el cambio medio fue de -1,10 (-3,44, 1,24). El cambio en la masa magra de la parte inferior del cuerpo (kg) fue de 0,71 (1,07, 0,36), con una diferencia entre los grupos de -0,44 (-1,26, 0,39).</p> <p>El cambio medio en 400MWT (m/s) fue de -0.03 (-0.08, 0.01). La diferencia en los entre los grupos (BFRT en relación con EFMI) fue de -0.01 (-0.11, 0.09). Además, en ambos grupos, el cambio en el puntaje SPPB (puntos) fue de 0.47 (-0.03, 0.97). Entre los grupos después del entrenamiento, la diferencia media en SPPB (BFRT en relación con EFMI) fue de -0,66 (-1,74, 0,42).</p>	<p>mayores con OA de rodilla. Aunque el BFRT puede tener una eficacia menor que el EFMI, se necesita una investigación con potencia completa para abordar formalmente esta hipótesis.</p>
--	-------------------------------	--	--	---	---

Tabla 16: resumen de los estudios de BFRT-F. DBT: diabetes ECV: enfermedades cardiovasculares ENM: enfermedades neuromusculares, OA: osteoartritis, RFP: relación fuerza-peso, BFRT-F: entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo, BFRT-CT: entrenamiento concurrente con restricción del flujo sanguíneo, EFBI: entrenamiento de fuerza de baja intensidad, EFMI: entrenamiento de fuerza de moderada intensidad, EFAI: entrenamiento de fuerza de alta intensidad, CT: entrenamiento concurrente, CON: control, PATM: presión arterial tibial máxima, POA: presión de oclusión arterial, s/s: sesiones semanales, m: micropausa, M: macropausa, BFRT-C: entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo con compresión continua en las pausas, CSA: sección transversa anatómica, RM: resonancia magnética, SMM: masa muscular esquelética, MCV: máxima contracción voluntaria, 30"STS: 30" sit to stand test, TUG: time up and go test, 6'WT: 6 minute walk test, QCST: queen college step test, 400MWT: 400 meter walk test, SPPB: short physical performance battery, HGS: strength hand grip, ASM: masa músculo esquelética apendicular, IMM: índice de masa muscular, S-e: sin especificar.(73–76,78,80–83)

VI.f) Caso clínico

VI.f.1) Pacientes

La tabla 17 presenta las características de las pacientes previas al entrenamiento, la información recopilada corresponde a las evaluaciones de la semana de familiarización y anamnesis. Desde este momento las pacientes serán llamadas como A para la mujer presarcopénica, y O para la voluntaria no sarcopénica. La paciente A presenta HTA, condición que se encuentra medicada y controlada. Pero además, en el año 2017 posterior a una caída en la vía pública sufrió una fractura de muñeca que dejó como secuela una limitación en la movilidad global de la muñeca, pronación y capacidad de prensión. La paciente O se encuentra diagnosticada con osteopenia (T-score -2,1) e hipotiroidismo, este último bajo tratamiento. Ambas pacientes no participaban de un programa de entrenamiento previo a esta intervención.

	Puntos de corte	Pacientes	
		A	O
Edad (años)		81	67
Peso (kg)		78,2	59,7
Grasa Corporal (%)		46,7	37,5
SMM (kg)		39,6	35,4
Masa Ósea (kg)		2,1	1,9
IMC (kg/m)		32,1	26,5
SARC-F (puntos)	≥4	4	1
HGS (kg)	<16	D/I: 4/22	D/I: 19/16
5STS (seg)	>15	20,18"	13,46"
ASM (kg)	<15	17,5	15,3
ASM/talla ² (kg/m ²)	<6	7,2	6,8
GS4m (m/s)	≤0,8	0,62	1,06
TUG (seg)	≥20	13,26"	9,29"
SarQoI (puntos)		53	88,3

Tabla 17: características iniciales de las pacientes. D: derecho, I: izquierdo.

VI.f.2) Resultados

Una vez finalizada la intervención se realizó el cálculo del volumen de entrenamiento (series x repeticiones x kg) total y de cada ejercicio (tabla 18). La paciente A no pudo realizar las pruebas de curl de femorales por experimentar calambres musculares en el grupo muscular isquiotibial de ambas extremidades, por tal motivo no se incluyó en las sesiones de entrenamiento.

Volumen (series x repeticiones x kg)		
Ejercicio	A	O
Sentadilla	1880kg	4382,5
Ext. Tobillos	1890	1642,5
Ext. Rodillas	2562,5	1390
Curl femorales	0	880
Press banca	997,5	2099
Remo	3627,5	2450
Curl biceps	210	722,5
Ext. Codo	1041,25	1563,75
Total (kg)	12208,75	15130,25

Tabla 18: carga total de trabajo expresada en kg.

La evaluación rutinaria de la POA refleja grandes variaciones incluso en sesiones próximas entre sí. A nivel de brazos se aprecia en ambas pacientes una diferencia de 50mmHg entre el valor mínimo y máximo registrado, con una tendencia al incremento de la presión a lo largo de las 6 semanas (gráfico 11). Las piernas presentaron una

diferencia máxima de 100mmHg en la paciente A y de 55mmHg en la paciente O, con una tendencia al decremento en las dos pacientes (gráfico 12).

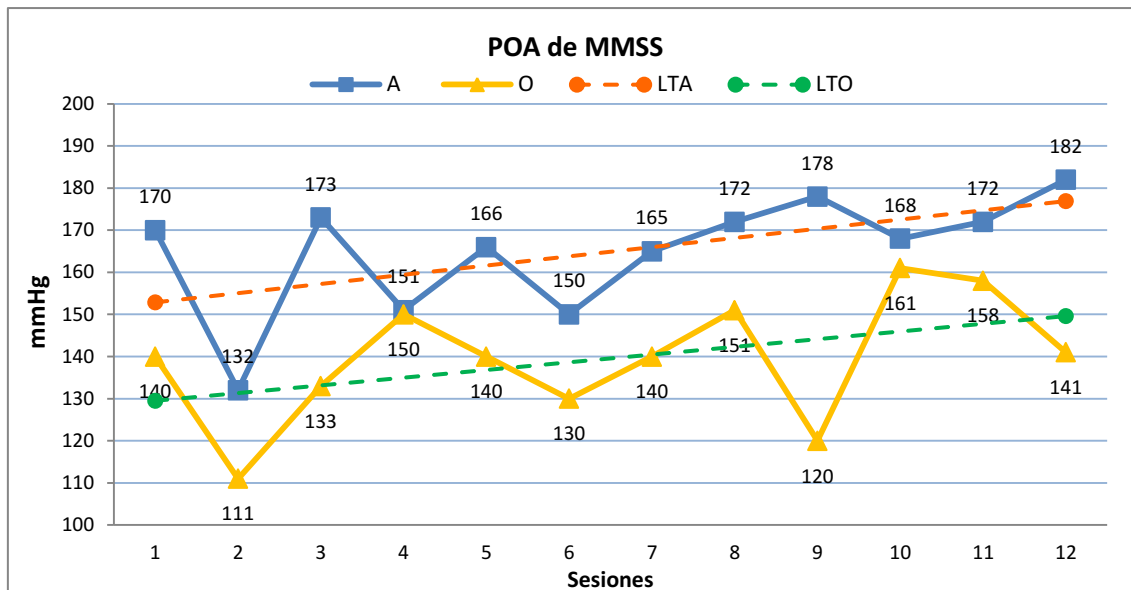


Gráfico 11: POA de brazos. LTA: línea de tendencia paciente A, LTO: línea de tendencia paciente O.

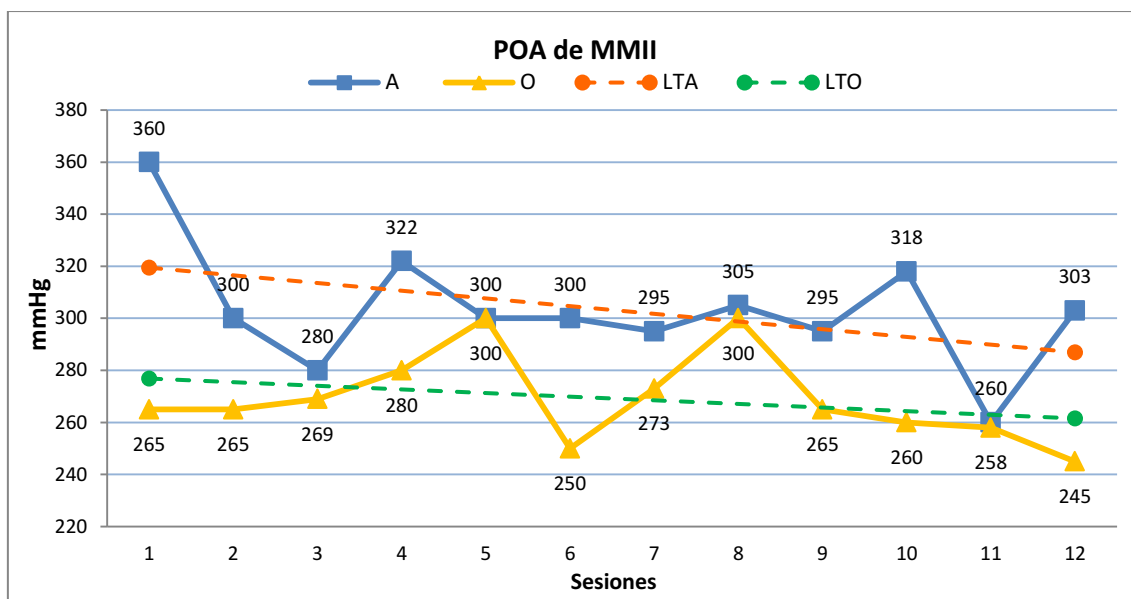


Gráfico 12: POA de piernas. LTA: línea de tendencia paciente A, LTO: línea de tendencia paciente O.

La primera herramienta de evaluación es el cuestionario SARC-F. Al finalizar la intervención la paciente A redujo un punto, correspondiente al ítem 3 del cuestionario. La paciente O no presentó modificaciones.

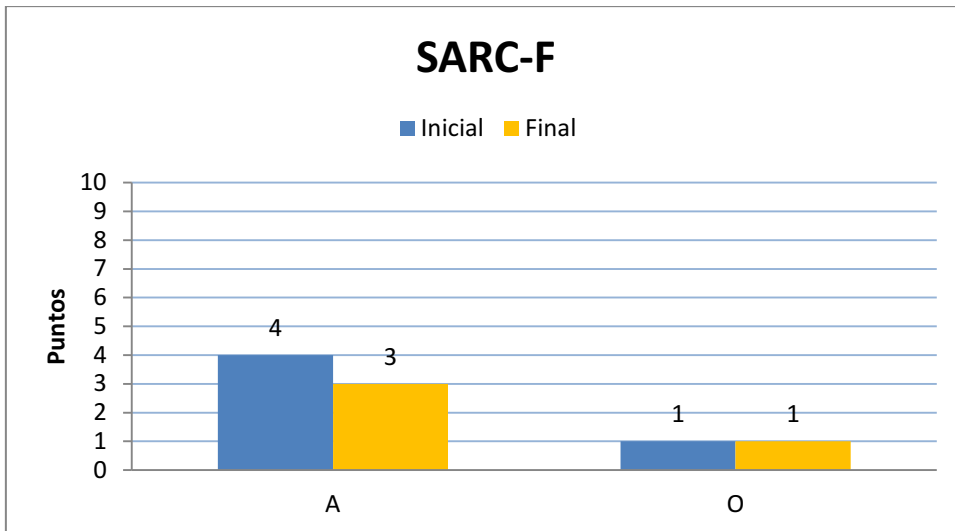


Gráfico 13: valor inicial y final del cuestionario SARC-F.

Se presentan los valores de las revaluaciones intermedias y final de la fuerza muscular evaluada con las herramientas del algoritmo FACS y 1RM. En relación al 5TST la paciente A y O lograron reducir el tiempo necesario para completar la prueba en ~6" y ~4", respectivamente (gráfico 14).

La fuerza de prensión de la paciente O se incrementó de manera paulatina. Alcanzando una diferencia entre la prueba inicial y final de 5kg en el brazo derecho y 4 kg en su brazo izquierdo. La paciente A registró un valor elevado en la primera evaluación de la fuerza de prensión que no volvió a equiparar en el transcurso del entrenamiento. Al finalizar la intervención solo elevó el HGS 1kg en el brazo derecho, mientras que en el brazo izquierdo redujo su valor en 2kg (gráfico 15).

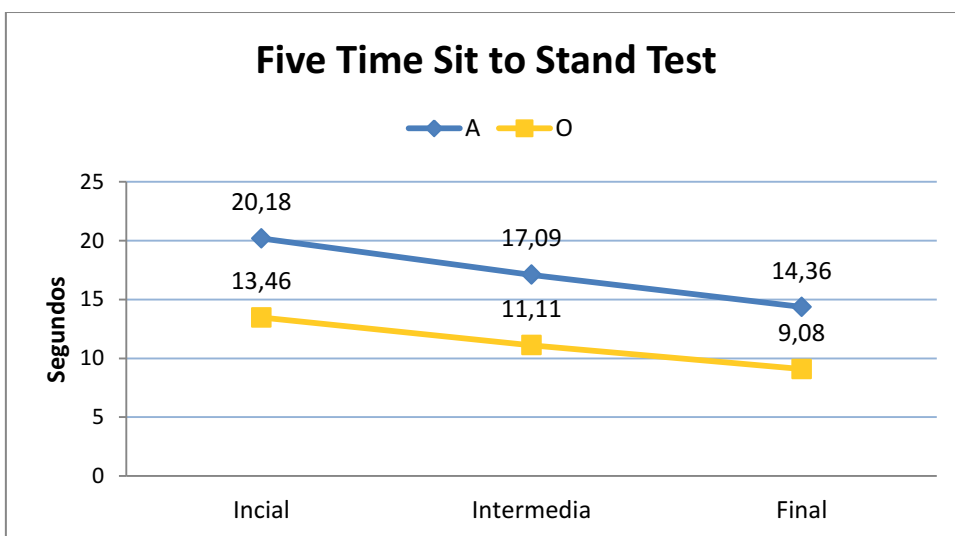


Gráfico 14: valor inicial, intermedio y final del 5STS de ambas pacientes.

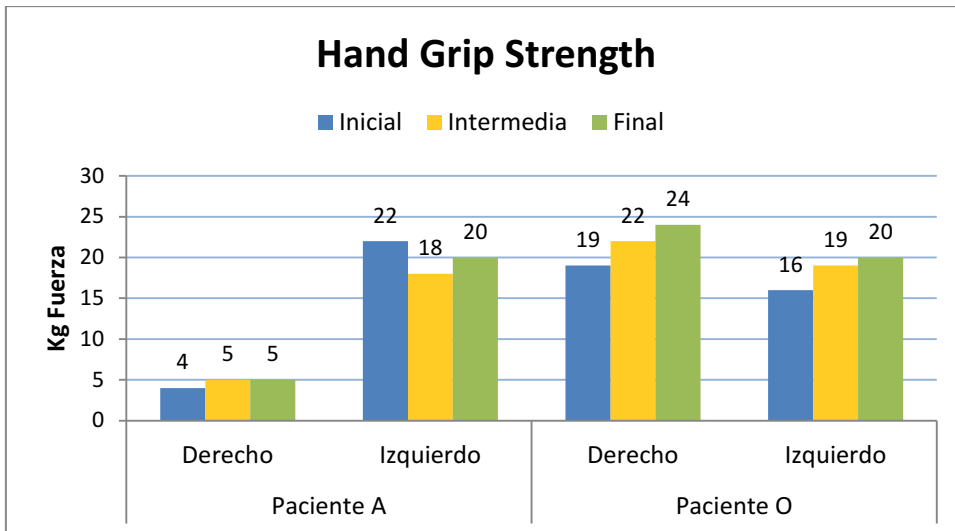


Gráfico 15: valor inicial, intermedio y final del HGS de ambas pacientes.

La prueba de 1RM demuestra un incremento de los valores en todos los ejercicios, tanto de miembro superior como inferior. Incluso algunos valores iniciales han llegado a triplicarse (gráficos 16 y 17). En la paciente A no pudo evaluarse la fuerza en el ejercicio curl de femorales por la presencia de calambres musculares en ambas extremidades al ejecutar el ejercicio, pero en la reevaluación final logró completar la prueba (gráfico 16).

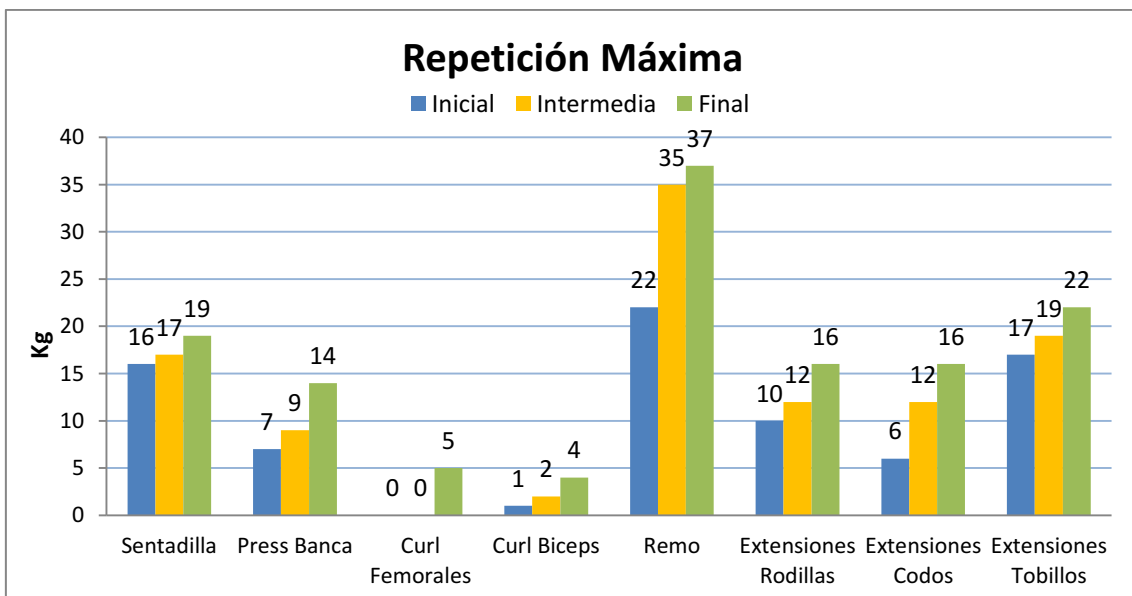


Gráfico 16: valor inicial, intermedio y final del 1RM de la paciente A.

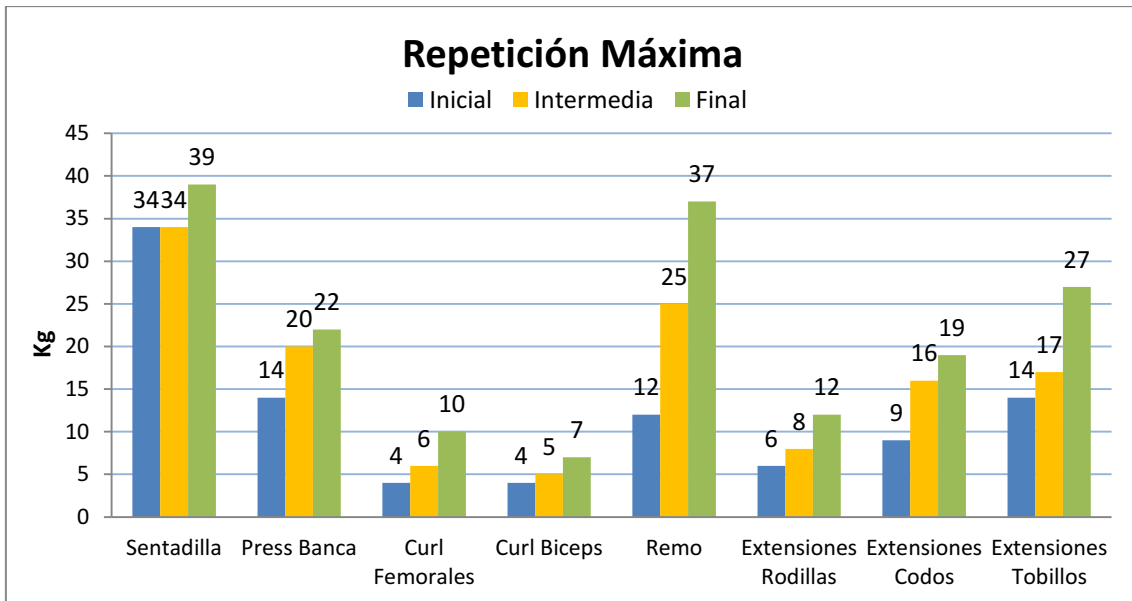


Gráfico 17: valor inicial, intermedio y final del 1RM de la paciente O.

Se presentan los valores de las revaluaciones intermedias y final de la masa muscular evaluada por BIA y pQCT. La masa muscular total de ambas mujeres se redujo en la evaluación intermedia, pero al finalizar la intervención se aprecia un incremento de 2kg en la paciente A (gráfico 18) y de 0,1kg en la paciente O (gráfico 19).

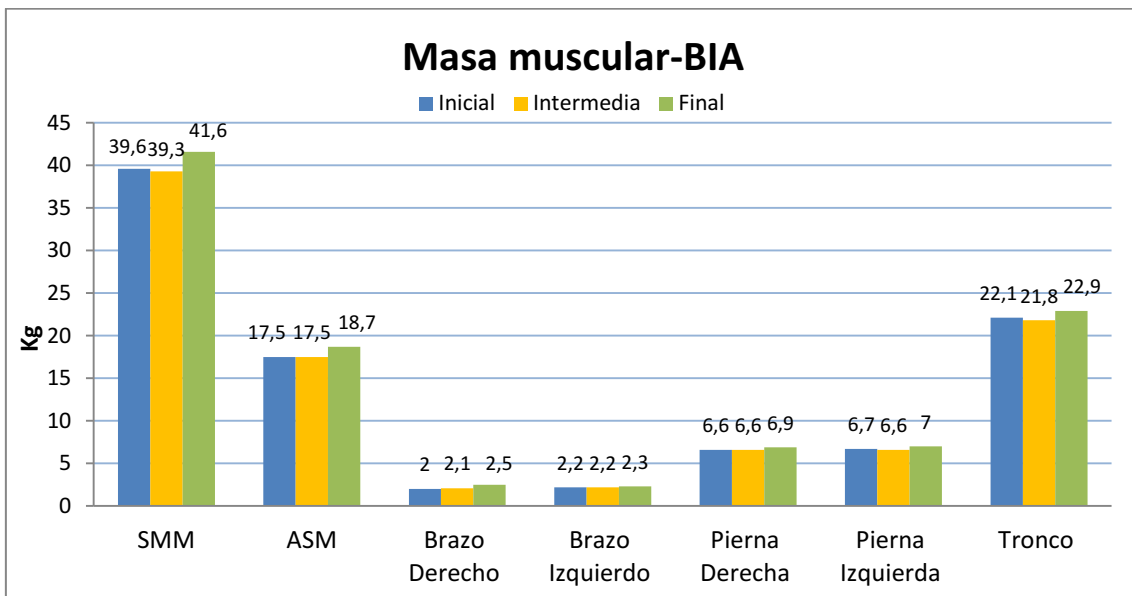


Gráfico 18: valor inicial, intermedio y final de la masa muscular segmentaria y total obtenida por BIA, correspondiente a la paciente A.

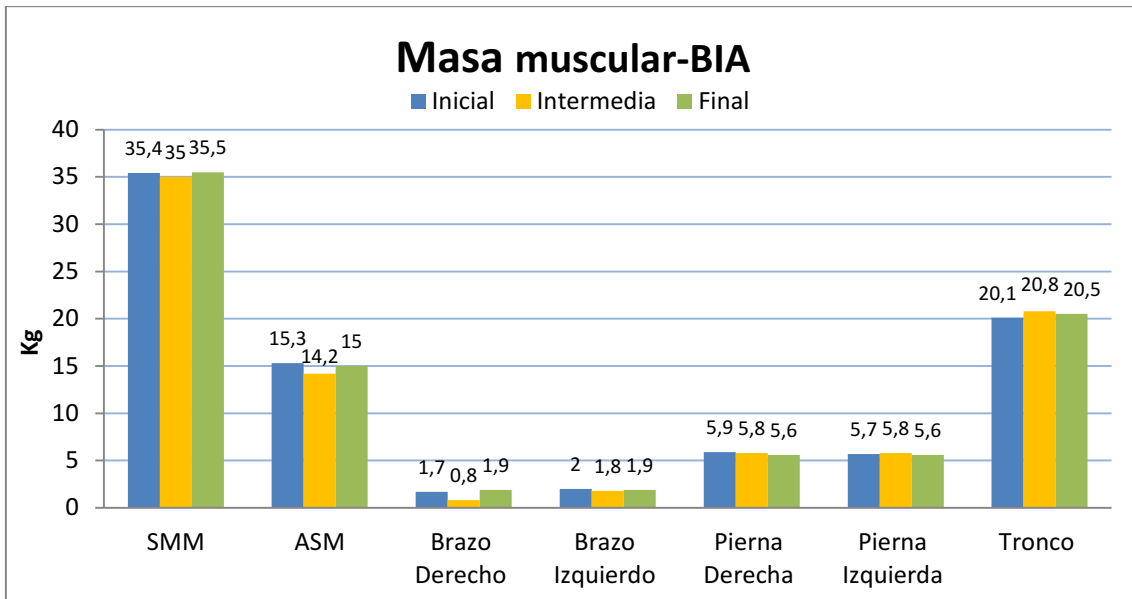


Gráfico 19: valor inicial, intermedio y final de la masa muscular segmentaria y total obtenida por BIA, correspondiente a la paciente O.

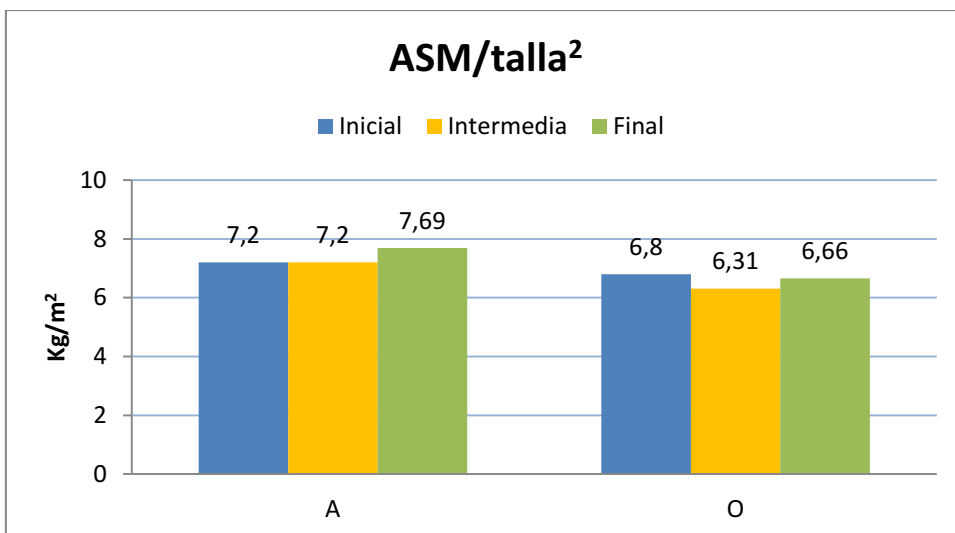


Gráfico 20: valor inicial, intermedio y final de la masa muscular apendicular ajustado a la talla de las pacientes, datos obtenidos por BIA.

La CSA muscular de la pantorrilla se elevó $390,26\text{mm}^2$ y $1435,56\text{mm}^2$ en la paciente A y O, respectivamente.

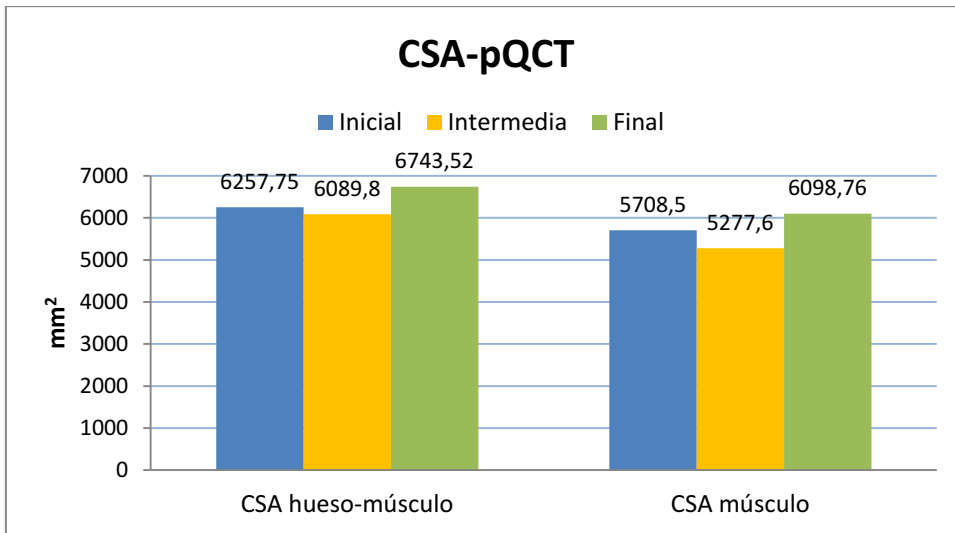


Gráfico 21: masa muscular en pantorrilla de la paciente A, examen realizado por pQCT.

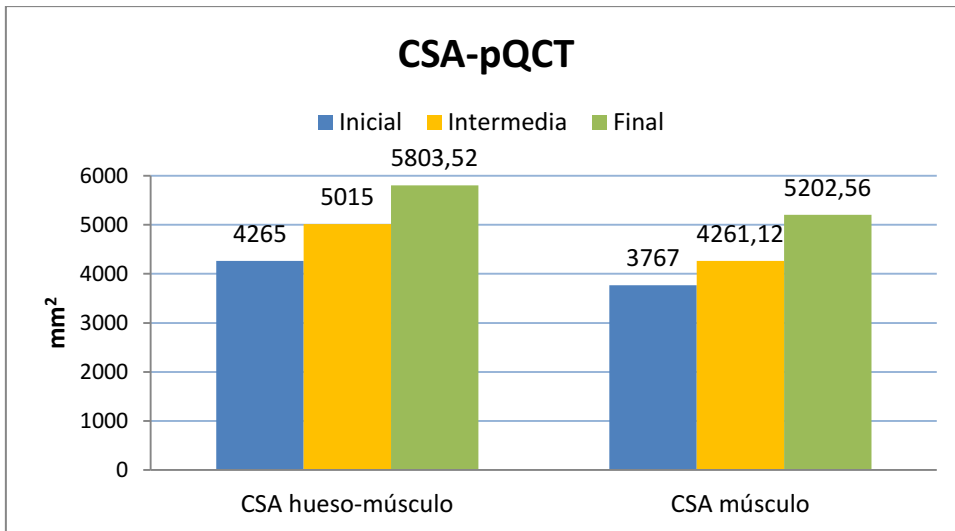


Gráfico 22: masa muscular en pantorrilla de la paciente O, examen realizado por pQCT.

El rendimiento físico mostró mejoras en ambas mujeres. Al finalizar las 6 semanas de entrenamiento la velocidad de marcha se incrementó 0,09 m/s en la paciente A y 0,19m/s en la paciente O (gráfico 23). Mientras que el tiempo necesario para completar el TUG se redujo en 2,85" y 1,36" en la paciente A y O, respectivamente (gráfico 24).

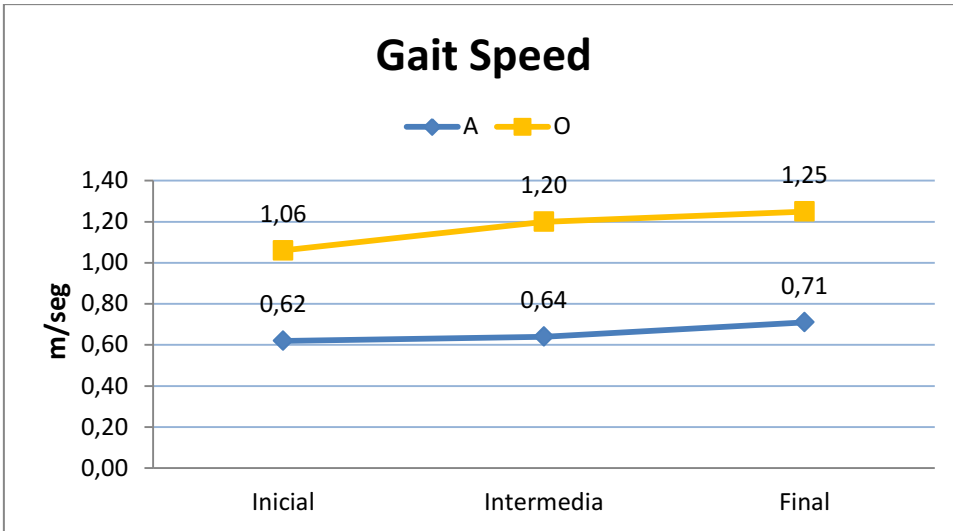


Gráfico 23: valor inicial, intermedio y final de la velocidad de marcha en su versión de 4 metros.

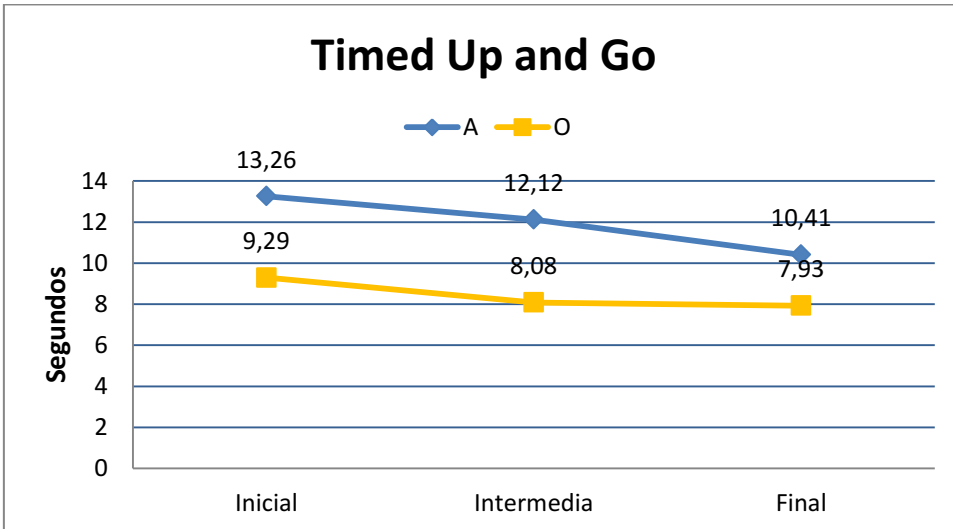


Gráfico 24: valor inicial, intermedio y final del TUG.

La calidad de vida evaluada mediante la herramienta SarQoL demuestra una mayor puntuación en 5 de los 7 dominios que componen este cuestionario, dando un incremento total de 12 puntos en la paciente A (gráfico 25) y 3,4 puntos en la paciente O (gráfico 26).

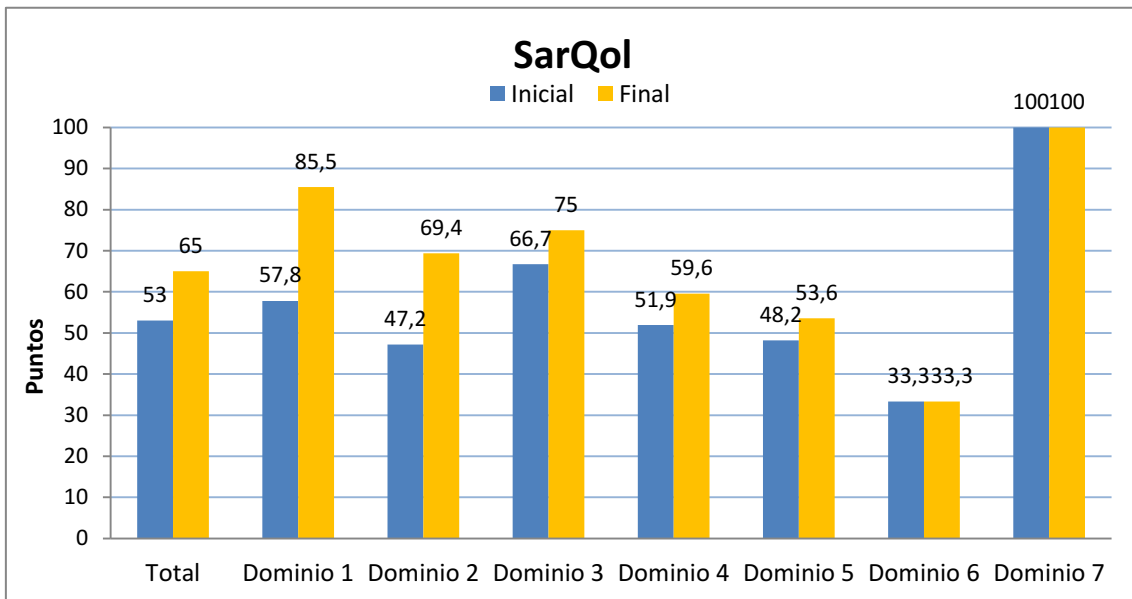


Gráfico 25: valores iniciales y finales del cuestionario SarQol de la paciente A.

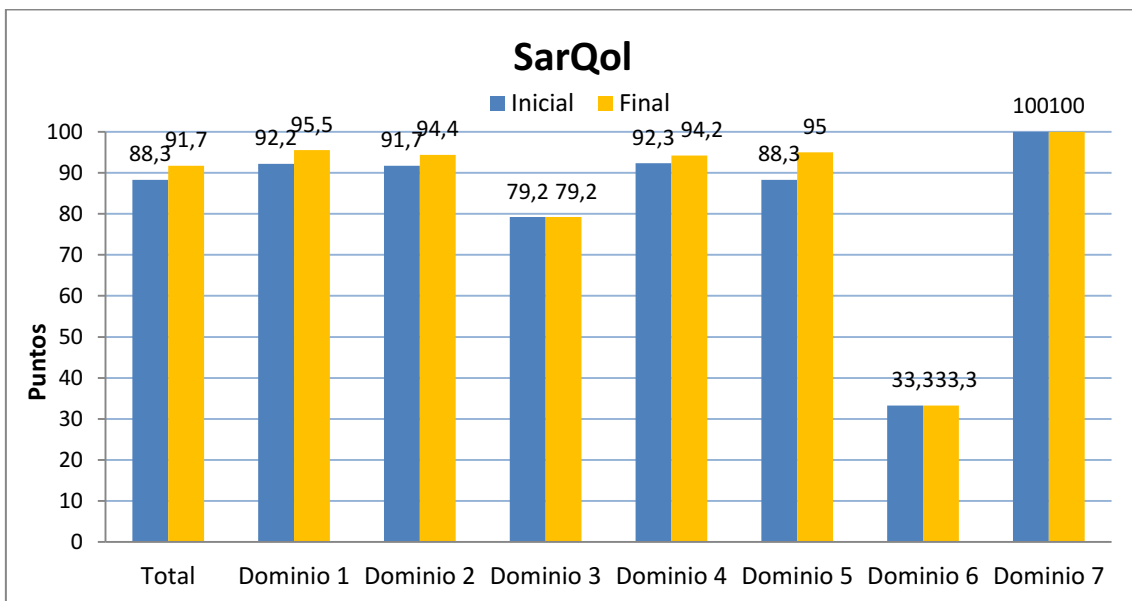


Gráfico 26: valores iniciales y finales del cuestionario SarQol de la paciente O.

Las evaluaciones de seguridad contemplaron aspectos hemodinámicos. La medición de la TA sistólica y diastólica braquial muestra la fluctuación de los valores tanto previo como posterior al entrenamiento, se puede apreciar en ambas mujeres una tendencia a la reducción de los valores luego del entrenamiento. Los valores iniciales muestran una tendencia a elevarse en la paciente O, sin embargo en la paciente A las TAS se mantiene estable y la TAD tiende a reducirse. Los valores de FC, por la extensión de los gráficos se presentan en anexos.

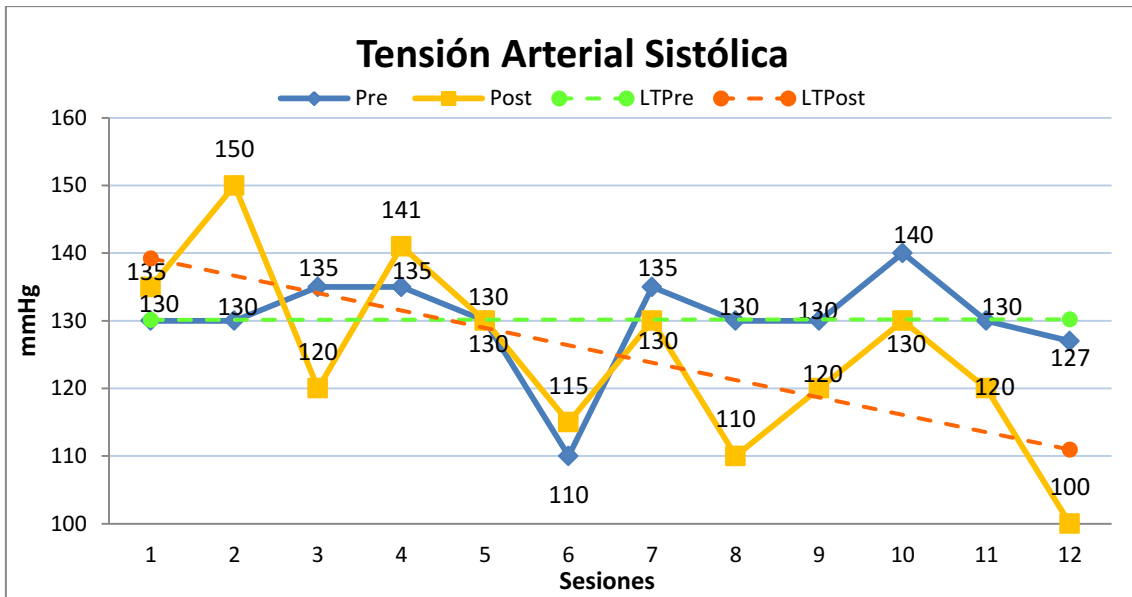


Gráfico 27: valores de TAS braquial de la paciente A previo y posterior al entrenamiento. Pre: previo al entrenamiento, Post: posterior al entrenamiento, LT: línea de tendencia.

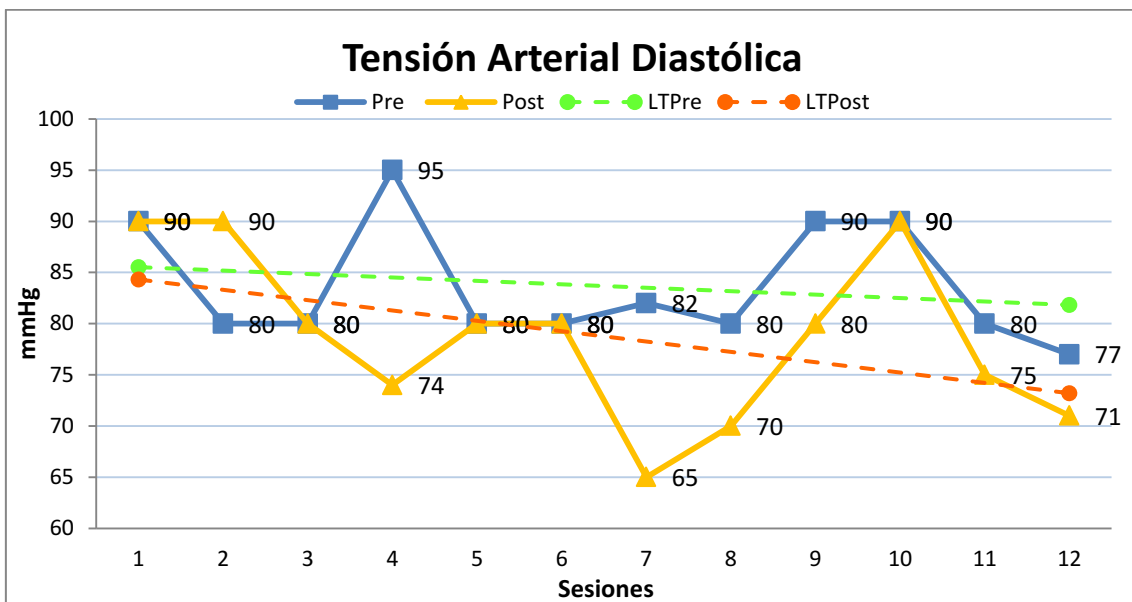


Gráfico 28: valores de TAD braquial de la paciente A previo y posterior al entrenamiento. Pre: previo al entrenamiento, Post: posterior al entrenamiento, LT: línea de tendencia.

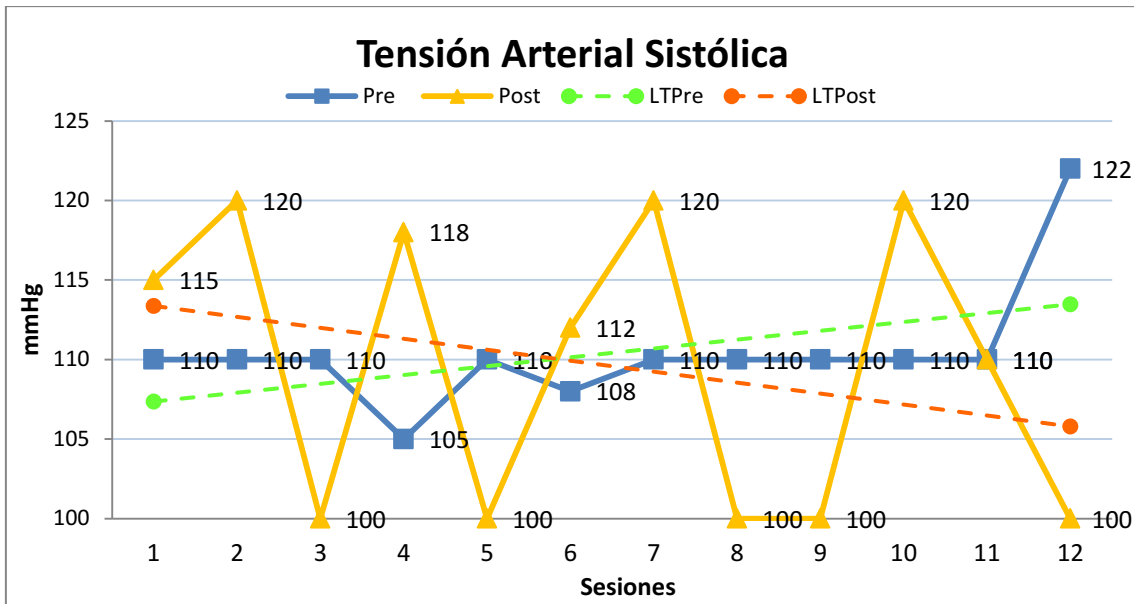


Gráfico 29: valores de TAS braquial de la paciente O previo y posterior al entrenamiento. Pre: previo al entrenamiento, Post: posterior al entrenamiento, LT: línea de tendencia.

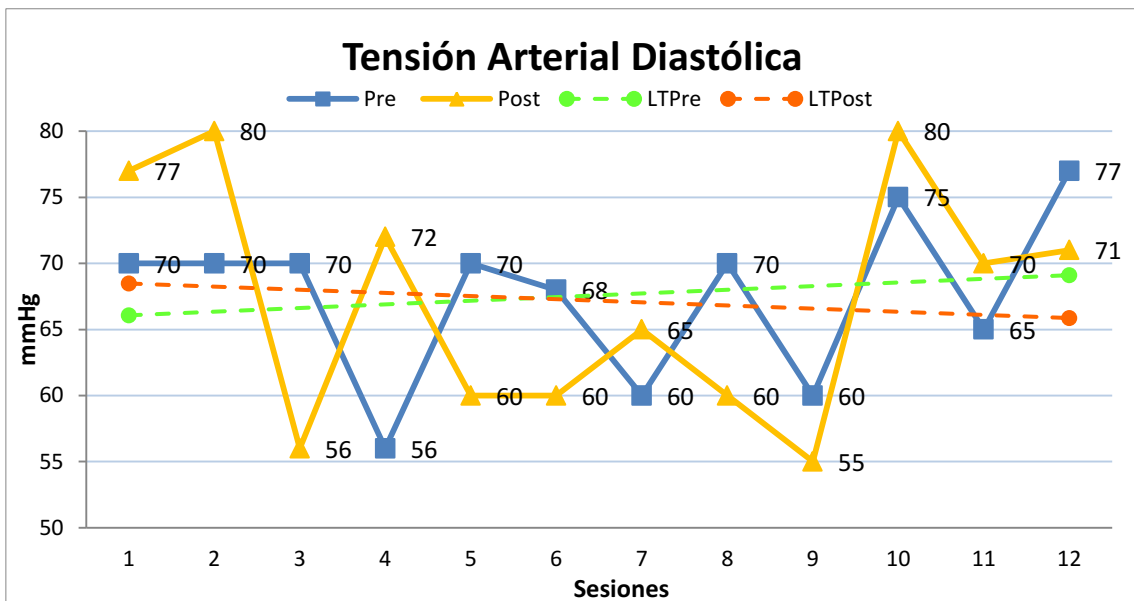


Gráfico 30: valores de TAD braquial de la paciente A previo y posterior al entrenamiento. Pre: previo al entrenamiento, Post: posterior al entrenamiento, LT: línea de tendencia.

La SSE se registró al final de cada ejercicio. Se demuestra una tendencia hacia el aumento a medida que progresaba el plan de entrenamiento, a excepción del curl de femorales de la paciente O. El promedio de la SSE para la paciente A es de 3,64 puntos y para la paciente O de 4,7 puntos, valores clasificados como esfuerzo suave-moderado.

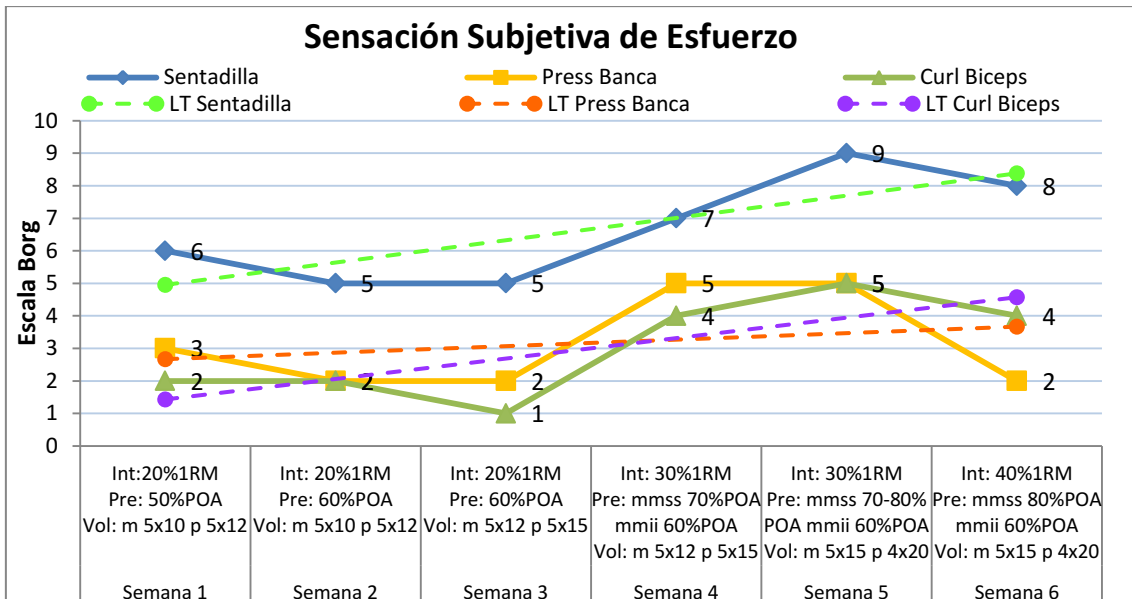


Gráfico 31: SSE de la paciente A, valores correspondientes a los ejercicios de la sesión inicial de cada semana. LT: línea de tendencia.

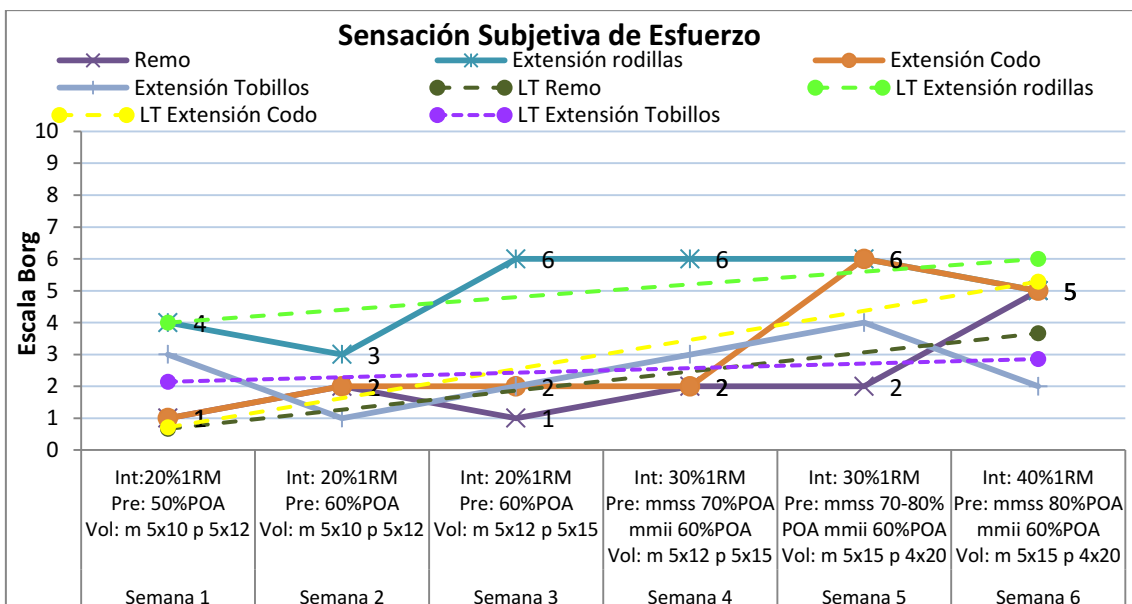


Gráfico 32: SSE de la paciente A, valores correspondientes a los ejercicios de la sesión final de cada semana. LT: línea de tendencia.

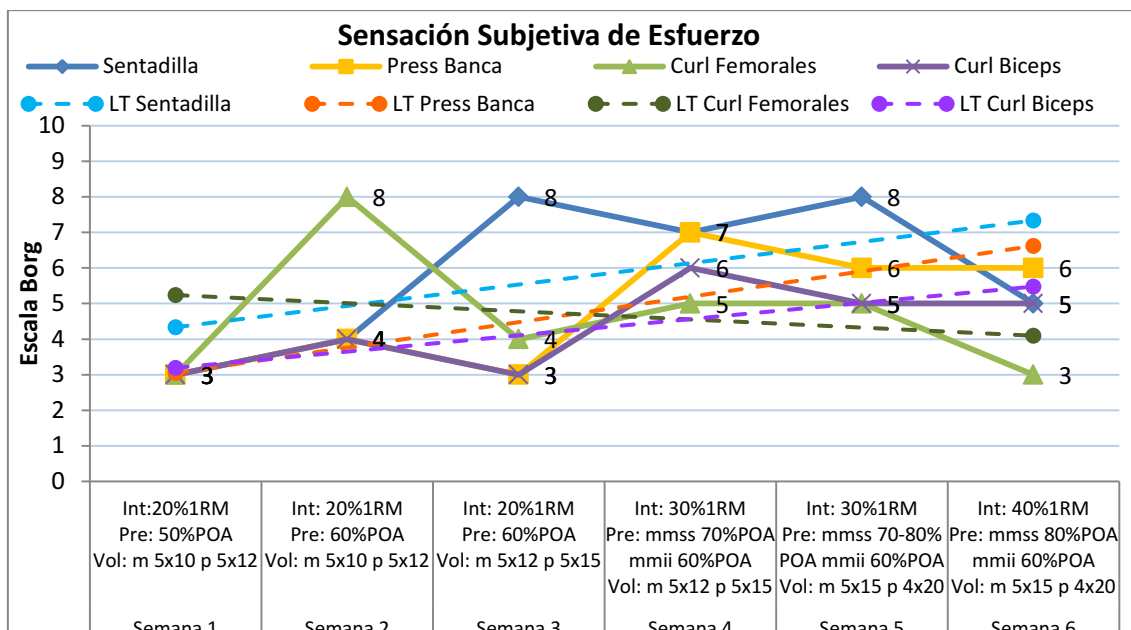


Gráfico 33: SSE de la paciente O, valores correspondientes a los ejercicios de la sesión inicial de cada semana. LT: línea de tendencia.

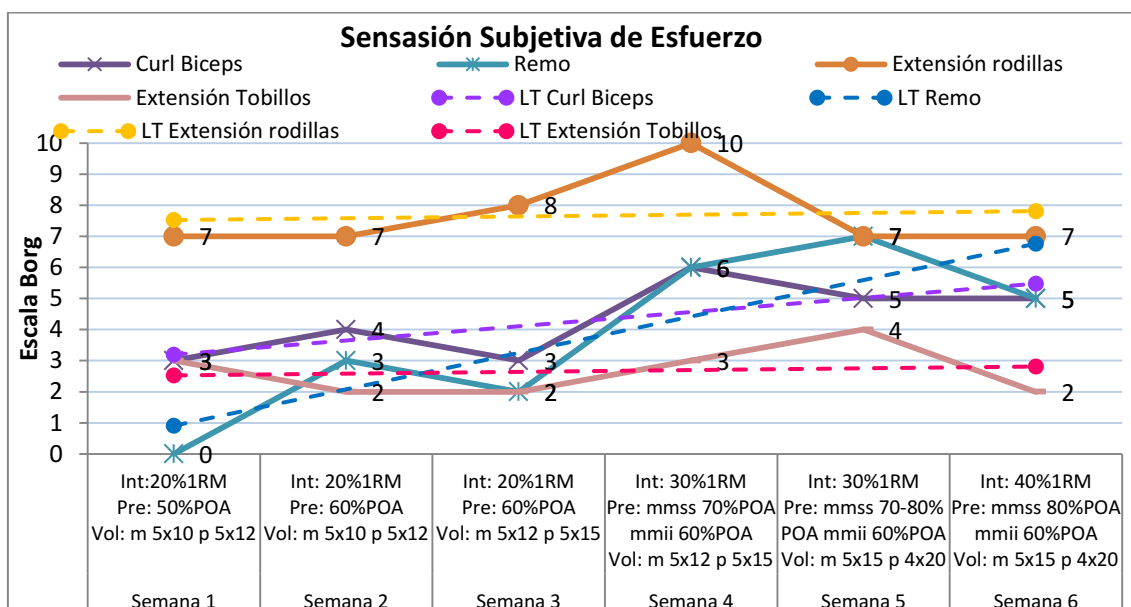


Gráfico 34: SSE de la paciente O, valores correspondientes a los ejercicios de la sesión final de cada semana. LT: línea de tendencia.

Anteriormente se presentó las características iniciales de las pacientes, la tabla 19 incorpora los datos obtenidos de esas variables a lo largo del trabajo. Se puede ver que la paciente A al finalizar la intervención logró elevar su rendimiento en la prueba de 5STS, estando levemente debajo del punto de corte, lo que la califica ahora como paciente no sarcopénica. Aunque siempre mantuvo el valor de la prueba de GS4m debajo del valor estipulado. La paciente O en la evaluación intermedia registró un valor

de ASM por debajo del punto de corte, pero no así en el ASM/talla². La evaluación final refleja valores que califican a la paciente como no sarcopénica.

	Puntos de corte	Paciente A			Paciente O		
		Inicio	Intermedio	Fin	Inicio	Intermedio	Fin
Peso (kg)		78,2	80,9	82,6	59,7	59,5	58,9
Grasa Corporal (%)		46,7	48,9	47	37,5	38,1	36,6
SMM (kg)		39,6	39,3	41,6	35,4	35	35,5
Masa Ósea (kg)		2,1	2,1	2,2	1,9	1,9	1,9
IMC (kg/m)		32,1	33,3	33,9	26,5	26,5	26,2
SARC-F (puntos)	≥4	4		3	1		1
HGS (kg)	<16	D/I: 4/22	D/I: 5/18	D/I: 5/20	D/I: 19/16	D/I: 22/19	D/I: 24/20
5STS (seg)	>15	20,18"	17,09"	14,36"	13,46"	11,11"	9,08"
ASM (kg)	<15	17,5	17,5	18,7	15,3	14,2	15
ASM/talla ² (kg/m ²)	<6	7,2	7,2	7,69	6,8	6,31	6,66
GS4m (m/s)	≤0,8	0,62	0,64	0,71	1,06	1,20	1,25
TUG (seg)	≥20	13,26"	12,12	10,41	9,29"	8,08"	7,93"
SarQol (puntos)		53		65	88,3		91,7

Tabla 19: valores extraídos de las evaluaciones iniciales, intermedias y finales.

VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Este trabajo articula dos entidades que recientemente han cobrado interés de la comunidad científica, como lo es la sarcopenia y el BFRT. Relacionando ambas desde la literatura científica en la etapa inicial de la investigación, resultando la información algo limitada y en ocasiones confusa. Por otro lado, fue la primera experiencia para el autor con BFRT, lo que convirtió el diseño del caso clínico en un gran desafío, habiendo requerido una investigación aún mayor de la que puede plasmarse en estas páginas, sin volverse tediosas para el lector.

Como se relató en el marco teórico es necesario comparar a las personas evaluadas con datos provenientes de la misma población. Esta información se tuvo en cuenta al momento de la búsqueda de pacientes, pero ante la ausencia de datos de la población argentina, se utilizaron los datos de EWGSOP2 que cuentan actualmente con el mayor respaldo y aceptación a nivel mundial.

Inicialmente se pensó en seleccionar sujetos que cumplan los criterios diagnósticos acordes a la clasificación de sarcopenia confirmada, requiriendo la exploración de la fuerza y masa muscular por medio de herramientas diagnósticas que conlleva un importante despliegue de recursos, sin saber si se obtendrían resultados positivos. Debido a que el valor de los puntos de corte establecidos para el diagnóstico, derivados de poblaciones europeas, probablemente no coincidan con la población argentina. Ante esta situación se tomó la decisión de hallar 2 voluntarios adultos mayores, y que uno de ellos cumpla con el diagnóstico de presarcopenia. Este nivel de debilidad muscular es suficiente para justificar el inicio de una intervención específica para el tratamiento de la sarcopenia, y su detección implica un menor grado de complejidad.(3)

Al momento de analizar los resultados de las publicaciones recuperadas por medio de la búsqueda bibliográfica, se puede afirmar que el BFRT logró incrementar la fuerza, masa muscular y rendimiento físico en pacientes adultos mayores con o sin diagnóstico de sarcopenia.

La modalidad BFRT-R fue la menos utilizada pero eso no impidió demostrar su capacidad para alcanzar incrementos significativos en la fuerza, masa muscular y rendimiento físico en adultos mayores. Lo llamativo es que estos resultados se lograron con caminatas de baja intensidad y un volumen semanal de 40-100'.(77,79) Esta intensidad y volumen son inferiores a la recomendación de ejercicios de resistencia por el ACSM, este organismo sugiere un tiempo mayor o igual a 150'

semanales de intensidad moderada-alta para el mantenimiento de la condición CV y músculo esquelética.(7) Además, debido a que los ejercicios de resistencia tradicional poseen poca capacidad para producir mejoras de fuerza y masa muscular, se recomienda añadir al menos 2 sesiones semanales de entrenamiento de fuerza, si el objetivo es mejorar la condición muscular.(6,7) Esto resalta aún más la importancia del BFRT-R que logra esos objetivos permitiendo ahorrar tiempo y recursos. Pero aún más importante es que la caminata es la actividad preferida de los adultos mayores(1,6). Esta potencial adherencia en conjunto a los resultados demostrados convierte al BFRT-R en una opción sobresaliente para el manejo de la sarcopenia.

En cuanto al BFRT-F se aprecia que es más efectivo que el EFBI con flujo sanguíneo libre para incrementar la fuerza y masa muscular. Al momento de compararse con el EFAI la diferencia tiende a mitigarse, siendo similares los resultados en fuerza y masa muscular con ambos métodos. Una ventaja que se aprecia en el BFRT sobre el EFAI, es que logra los mismos resultados con un volumen de trabajo menor, que implica un menor esfuerzo y riesgo de lesión para los sujetos adultos mayores, sobre todo en aquellos que pueden presentar patologías articulares o se están recuperando de un proceso quirúrgico.(80)

También es interesante que el BFRT-F logre estos resultados entrenando al fallo muscular o sin este recurso. Es importante tener en cuenta que entrenar hasta el fallo muscular es llevar a una persona a su máxima capacidad, por lo que aún si se entrena con una intensidad tan baja como el 20%1RM el entrenamiento por definición dejaría de ser submáximo.(47) Siendo inapropiado para muchas poblaciones clínicas que se benefician del BFRT y un posible motivo de abandono en este rango etario que opta por modalidades de menor magnitud.

Si bien, el BFRT-F en relación al EFBI logra reducir el número de repeticiones necesarias para alcanzar el fallo muscular a una misma carga, minimizando el estrés articular, los períodos prologados de esta modalidad elevan los marcadores fisiológicos del sobre entrenamiento.(47) A demás, la evidencia indica que el BFRT-F puede aumentar significativamente la masa y fuerza sin necesidad de llegar al fallo muscular. Por lo tanto, el volumen también debe individualizarse, sobre todo en aquellos sin experiencia previa de entrenamiento.

En el caso clínico de este trabajo se buscó una estrategia que evite llegar al fallo muscular, pero igualmente se alcanzó en dos oportunidades en la paciente O. Esto pudo ocurrir a consecuencia de ser principiante en el entrenamiento de la fuerza o quizás sin importar la distribución del volumen, los tiempos de descanso breves

sumado a la compresión continua impiden la recuperación completa facilitando alcanzar el fallo muscular.

Parte de lo narrado se puede ver en la SSE registrada en las pacientes, que a pesar de entrenar a una baja intensidad en ocasiones presentaban puntajes dentro de las calificaciones de esfuerzos duros o muy duros. Es decir, que puede ser percibido por el paciente como un estímulo intenso. Pero en promedio el esfuerzo de las pacientes se mantuvo en las categorías de suave-moderado. La SSE expresó una tendencia al aumento a medida que progresaba el plan de entrenamiento, esto es coherente con el incremento gradual de la intensidad, volumen y presión durante las 6 semanas.

Al momento de intentar explicar como el BFRT-F lograr resultados superiores al EFBI y similares al EFAI, se encuentra que la actividad EMG del músculo agonista bajo BFRT tiende a crecer a medida que se desarrolla el entrenamiento, situación que no ocurre en condiciones de flujo sanguíneo libre, señalando un aumento en el reclutamiento de UM por el ambiente isquémico-hipóxico. También se aprecia un aumento en el MTH posterior al ejercicio que es superior al provocado por el entrenamiento tradicional, indicando la participación de los mecanismos de reperforación e hinchazón celular.(82,83) Eventos que concuerdan con los mecanismos de acción detallados en el marco teórico.

Otro punto a remarcar es que las adaptaciones en la fuerza muscular logradas por el BFRT-F demostraron perdurar en el tiempo, evitando caer por debajo del valor inicial luego de semanas de desentrenamiento. Incluso el entrenamiento con presión alta es superior al EFAI en este punto, lo que se adjudica a una mayor capacidad anabólica y adaptación neural al BFRT-F con presiones cercanas a las máximas recomendadas.(74) Esto puede ser una ventaja extrapolable más allá del paciente adulto mayor, siendo útil en intervenciones previas a cirugías programadas, para impedir la caída de los valores de fuerza, masa muscular y rendimiento físico por debajo del nivel inicial durante el período de inmovilización. Incluso, la evidencia indica que pueden mantenerse si se utiliza BFRT-P, favoreciendo y acelerando los tiempos de recuperación.

En el caso clínico el BFRT-F también fue efectivo para incrementar la fuerza y masa muscular. Pero un dato llamativo es que la masa muscular decreció en las 2 pacientes en la evaluación intermedia, esto simplemente podría adjudicarse a un error de la BIA por ser tan susceptibles a los cambios de líquido corporal, pero el análisis por pQCT que cuenta con una mayor precisión refleja el mismo resultado. Una posible explicación a este suceso es el recambio proteico lento que ocurre en los adultos

mayores, donde existe un desfase entre la degradación y síntesis proteica. Otra posible explicación es la resistencia anabólica característica de la vejez, y sólo cuando se incrementó la carga de trabajo se alcanzó el umbral necesario para la activación de la vía mTOR, generando el incremento de la masa muscular registrado al final de la intervención.(5)

La situación anterior, no apoya la hipótesis actual de que las ganancias de masa muscular son más rápidas y de mayor magnitud que las de fuerza muscular al realizar el BFRT-F, contrario a lo que sucede con el entrenamiento tradicional de alta intensidad.(9,55) Quizás, esta inversión en los tiempos de adaptación al entrenamiento de la fuerza hallada en el BFRT-F no se aplique a los adultos mayores.

En las mujeres intervenidas se aprecia que la masa muscular no solo se desarrolla en las extremidades, sino también en el tronco. Esto es evidencia que apoya el uso de ejercicios multiarticulares durante el BFRT logrando que los músculos ubicados por sobre el nivel de la compresión también se vean beneficiados. Contrario a la teoría de que el BFRT logra resultados asimétricos entre los músculos apendiculares y del tronco.(59,60)

El rendimiento físico es la variable menos estudiada. A pesar de esto, existe evidencia de que el BFRT combinado con ejercicios de fuerza o resistencia logra una mejoría en el desempeño físico de los adultos mayores, aunque no siempre las mejoras en la fuerza y tamaño muscular pudieron trasladarse a mejoras del rendimiento físico.(74,76,78,79)

Solo un estudio incorporó pacientes con diagnóstico de sarcopenia, pero no utilizaron los valores propuestos por el EWGSOP2. Hallaron incrementos significativos en la fuerza, masa muscular y rendimiento físico, a pesar de ello los sujetos se mantuvieron clasificados como sarcopénicos. Los autores declararon al BFRT un método efectivo en el proceso de intervención utilizando el ejercicio como estrategia en el control de la sarcopenia.(73) En el caso clínico, la intervención logró mejoras en todos los valores de las pruebas diagnósticas de sarcopenia, incluso luego de las 6 semanas la paciente A paso de ser clasificada como presarcopénica a no sarcopénica. Cambio que también se ve reflejado en el SARC-F, donde al bajar un punto ingresó en la clasificación de sujeto probablemente no sarcopénico.

Los hallazgos más importantes están en las pruebas 5STS y GS4m. En la primera, teniendo en cuenta el estudio de Pinherio et al. que halló que por cada segundo que se tarda en completar las 5 repeticiones aumenta un 8% la probabilidad de tener

sarcopenia (OR= 1,08, IC= 95% 1,01-1,16, p= 0,024).(24) Al comparar los valores iniciales y finales en esta prueba, indican que al inicio de la intervención las pacientes poseían una mayor probabilidad de padecer sarcopenia.

Si se compara los valores en la prueba de GS4m con los de la tabla 2 se aprecia que la paciente A luego de 3 semanas de intervención presentó una mejoría (0,02m/s) que no alcanzó a ser un cambio mínimamente apreciable. Pero al finalizar las 6 semanas realizó la prueba 0,09m/s más rápido, lo cual además de ser un mínimo cambio apreciable, corresponde a un cambio clínicamente significativo. Sin embargo, siempre se mantuvo debajo del punto de corte y en una clasificación que corresponde a una supervivencia menor a la estimada para edad y sexo similares.(26)

Por su parte, si se realiza la misma comparación en la paciente O se aprecia un rendimiento inicial que la ubica sobre el punto de corte del EWGSOP2 y le otorga la clasificación correspondiente a envejecimiento saludable y supervivencia mayor a la estimada para edad y sexo similares. Pero además, presentó un cambio clínicamente significativo en la reevaluación intermedia y final (0,14m/s y 0,19m/s, respectivamente), esta mejora permitió reclasificar su rendimiento a expectativa de vida excepcional, siendo este el máximo nivel posible.(26)

El envejecimiento afecta de manera distinta a las extremidades, siendo las piernas las más afectadas. Este dato es extremadamente relevante ya que la funcionalidad de las extremidades inferiores tiene un gran impacto, comparado al expresado por las superiores, en la calidad de vida e independencia durante la vejez en los seres humanos. Además, la debilidad de los miembros inferiores es un valor predictivo de caídas y sus consecuencias negativas, y este valor incrementa aún más cuando la fuerza es medida a velocidades que se asemejan a las utilizadas en tareas funcionales.(5) Estos datos resaltan la importancia de las mejoras halladas en las pruebas de 5STS, GS4m y TUG. Sobre todo, teniendo en cuenta que ambas pacientes declararon en el cuestionario SARC-F haber sufrido caídas en el último año, y que incluso la pérdida de funcionalidad en la mano derecha de la paciente A fue resultado de una fractura al caer en la vía pública.

Cuando se analiza los resultados de las evaluaciones del algoritmo FACS y se comparan con los valores de los puntos de corte propuestos por el EWGSOP2, se puede notar algunas situaciones que podrían generar confusión. Evidenciando que si bien el diagnóstico de sarcopenia se encuentra en evolución, aún debe ser más claro y preciso.

Primero, el EWGSOP2 califica a las personas como sarcopénicas cuando demuestran una debilidad en las pruebas de HGS o 5STS. En la paciente A ocurre una situación paradójica, sus resultados en la prueba de 5STS la califican como presarcopénica, pero en el HGS la paciente A muestra inicialmente un valor que supera el punto de corte propuesto para esta evaluación y se mantuvo siempre por sobre este. En este caso particular se asumió que la fuerza expresada en su mano no hábil es una compensación adquirida por la sobre utilización de la misma, por la pérdida de funcionalidad en su mano contralateral. Pero sugiere que sería recomendable, siempre que esté en la posibilidad del profesional, realizar las dos pruebas para tener un mayor conocimiento sobre la fuerza muscular del paciente.

Una situación similar se aprecia en la evaluación intermedia en la paciente O, donde el valor de la ASM la sitúa debajo del punto de corte, pero su valor en ASM/talla² se encuentra levemente por sobre este. Por lo tanto, puede ser recomendable registrar ambos valores. Aunque la sarcopenia afecta de manera general al cuerpo y tener solo en cuenta las extremidades para su diagnóstico es contradictorio.

Siguiendo esta línea, al momento de investigar para el desarrollo del trabajo se encontró una variedad de puntos de corte publicados por diferentes organizaciones y estudios (ver tabla 21 en anexos) que si se comparan con los datos de las pacientes, pueden variar la clasificación diagnóstica y la magnitud de los resultados hallados en la intervención. Esto resalta aún más la necesidad de tener valores de la población argentina para permitir a los profesionales de la salud diagnósticos precisos, claves para el tratamiento oportuno.

Las dos pacientes lograron una mejor puntuación en el cuestionario SarQol, esto indica que la intervención con BFRT tuvo impacto en la calidad de vida relacionada a la sarcopenia. La paciente A presentó el mayor incremento en los dominios 1 y 2 que corresponde a salud física-mental y locomoción, respectivamente. Un punto a resaltar es que el incremento del puntaje en el dominio de locomoción es coherente con la mejora del rendimiento visto en las pruebas de 5STS, TUG y GS4m. Incluso con el SARC-F donde la mejora se dio en el ítem relacionado con la capacidad de levantarse desde una silla. La paciente O presentó mejorías en el cuestionario SarQol, pero fueron inferiores comparadas a la paciente A. Esto es de esperarse ya que inició con una puntuación elevada, muy cercana al máximo posible.

Las mejorías fueron superiores a lo esperado y esto no solo puede atribuirse al BFRT. Las pacientes pudieron mejorar el desempeño en sus pruebas por el aprendizaje de las mismas, incluso situaciones dadas en el contexto del entrenamiento como el

mismo traslado puede influenciar el desempeño. Esto no es mera especulación, la paciente A luego de su caída que provocó la fractura se encontraba recluida en su hogar y necesitaba de asistencia para sus AVD, el mismo hecho de salir de su hogar y exponerse a nuevas situaciones se refleja en la mejora del cuestionario SarQol. Esto quedó en evidencia con una pregunta del cuestionario en donde se indaga sobre su capacidad para subir un tramo de escalera, inicialmente no se exponía a esta situación pero al comenzar la intervención tuvo que realizarlo y apreció que podía hacerlo e implicaba poca dificultad.

Más allá de los excelentes resultados en el tejido muscular, el BFRT demostró ser seguro. No generó variaciones negativas en los parámetros hemodinámicos, daño muscular, rigidez arterial, función endotelial y coagulación.(82,83) Solo un estudio (Harper et al.) reportó un caso de efecto adverso severo, pero no aclaró cual fue.(78) Aparte de ser seguro puede generar efectos positivos como aumentar el flujo sanguíneo, adjudicado a una mayor capilaridad que es un proceso necesario para la hipertrofia.(75) Otro beneficioso es que comprado al entrenamiento tradicional reporta menos dolor de rodilla en adultos mayores con OA, afección muy común en este rango etario.(78) Yasuda et al. si bien confirman que es seguro en adultos mayores, no recomienda entrenar al fallo muscular, ya que desconoce si este método aumenta el riesgo de resultados no deseados. Otro motivo más para no llevar al fallo muscular a los pacientes.(82,83)

Durante la intervención los parámetros de TA y FC se mantuvieron dentro de los rangos de normalidad. Incluso con la estrategia de BFRT-C que genera mayores incrementos de los parámetros hemodinámicos que el BFRT-I. A demás, la TA posterior al ejercicio tendió a reducir, lo que es compatible con el efecto hipotensor adjudicado al BFRT.(64) Este es un beneficio en pacientes adultos mayores teniendo en cuenta el gran número de hipertensos que hay en esta población, como el caso de la paciente A. Solo se registró un evento adverso, que fue parestesias en los brazos de la paciente O, que se resolvió de manera espontánea al descomprimir los manguitos y no impidió continuar con el entrenamiento. Este efecto está dentro de los márgenes esperados y no es de gravedad.

La tasa de cumplimiento demostrada en los artículos analizados es igual al entrenamiento tradicional, y en la intervención de este estudio las dos pacientes completaron el plan de entrenamiento. Por lo que es resulta tolerable y se puede llevar a cabo en pacientes adultos mayores.

El BFRT se combina exitosamente con ejercicios de caminata, bandas elásticas, pesos libres y máquinas. Se puede hablar de un método muy versátil que permite adaptarlo a las necesidades y preferencias del paciente. Incluso hay publicaciones para el entrenamiento de deportes acuáticos, y uno de los artículos que quedó fuera de la selección combinaba BFRT con ejercicios en agua para el fortalecimiento de miembros inferiores en mujeres adultas mayores, demostrando resultados superiores que el grupo entrenado sin la presión externa adicional.(84)

Otro punto interesante es que al pensar en su aplicabilidad la necesidad de manguitos pareciera ser una barrera que impide el uso cotidiano del método. Es cierto que contar con manguitos específicamente diseñados para BFRT y un doppler puede ser una ventaja, pero no contar con estos elementos no es un limitante. Es posible utilizar manguitos estándar para la toma de la TA como en el estudio de Libardi et al. y fórmulas para el cálculo de la POA como mucho de los artículos que componen este trabajo. Incluso los manguitos utilizados que eran específicos para el BFRT, en las micropausas requerían de ser ajustados al valor deseado porque el movimiento que implica la ejecución de los ejercicios provocaba la pérdida de presión.

La información hallada revela que no existen actualmente recomendaciones específicas para el tratamiento de pacientes adultos mayores. Todas las intervenciones analizadas se ajustaron fielmente a las sugerencias vigentes para el BFRT en la población general, detalladas en el marco teórico. Aunque esta no es una sorpresa, el entrenamiento de baja intensidad no debería revestir ninguna complejidad en personas de edad avanzada siempre que gocen de buena salud.

A pesar de recomendar un rango de presión que requiere de la individualización de la POA, no existe actualmente publicado un protocolo para su correcta medición. Este sería una herramienta de utilidad en la práctica clínica y unificaría criterios al momento de comparar resultados de investigaciones. En donde se encontró estrategias interesantes o al menos llamativas, como medir la POA con el sujeto erguido para simular la postura adoptada durante el entrenamiento.(79)

Para este trabajo se elaboró una estrategia que permitió utilizar el mismo criterio durante toda la intervención. Inesperadamente, la medición diaria reflejó una variabilidad en la POA de brazos y piernas en ambas mujeres, de hasta 100mmHg en miembros inferiores. Esto se traslada a una presión de trabajo en constante cambio aún en presencia de un porcentaje fijo de POA. Llevando esto a cuestionar si la estrategia de utilizar una presión constante durante toda la intervención, vista en los artículos reclutados, puede llevar a aplicar presiones fuera del rango recomendado,

reduciendo la probabilidad de hallar resultados beneficiosos y/o incrementar la posibilidad de efectos adversos. En definitiva, dos situaciones que buscan evitarse.

Otro punto interesante de la POA es que fue mejor tolerado en brazos que en piernas, llegando en el primero hasta el porcentaje máximo recomendado. Posiblemente, se debe a los niveles de presión más bajas aplicadas en brazos, mientras que en las piernas es necesaria más presión por el gran nivel de masa muscular que rodea los vasos sanguíneos y absorbe la presión.

No hay actualmente recomendaciones de M para BFRT, en las publicaciones revisadas el descanso entre ejercicios fluctuó de 90" a 180" que concuerda con los tiempos aplicados en el caso clínico que fueron basados en las recomendaciones del ACSM para el aumento de la fuerza y masa muscular en adultos. Puede ser recomendable utilizar estos tiempos hasta que haya más publicaciones, luego quedará en el profesional elegir dentro de este rango el tiempo a utilizar. Teniendo en cuenta que a menos descanso mayor acumulación de estrés metabólico que se relaciona con incrementos de masa muscular, pero una recuperación incompleta puede llevar al fallo. Si se prefiere evitar el fallo, más descanso permite una recuperación completa, pero puede reducir las ganancias.

En el marco teórico se expuso un sistema de progresión desde la inmovilización hasta retomar el trabajo de alta intensidad, pero no hay actualmente recomendaciones para el manejo progresivo de las cargas de entrenamiento durante el BFRT. En el análisis de los artículos se aprecia la posibilidad de incrementar la intensidad, volumen o presión. En la intervención se aplicó una progresión basada en las recomendaciones del ACSM para el entrenamiento de fuerza progresivo, que resultó ser seguro y efectivo. Esto es importante porque la sobrecarga progresiva es uno de los principios del entrenamiento, que de no respetarse limita los resultados.

VIII. CONCLUSIÓN

El BFRT demuestra ser un método efectivo, seguro, viable y versátil para elevar los niveles de fuerza, masa muscular y rendimiento físico, que se trasladan a una mejor calidad de vida en el paciente adulto mayor, convirtiéndose en una herramienta útil para combatir la sarcopenia en esta población.

Utilizar BFRT-F y BFRT-R logra mayores incrementos en la fuerza, masa muscular y rendimiento físico que el EFBI y ERBI, y resultados similares al EFAI. Con la ventaja de obtener estos resultados con un volumen de entrenamiento inferior al EFAI y sin la necesidad de alcanzar el fallo muscular.

Por el momento no existen recomendaciones específicas para aplicar BFRT en los adultos mayores, pero las sugerencias generales demuestran adaptarse de manera efectiva y segura en los integrantes de este rango etario.

En este trabajo también ha quedado en evidencia que existen ciertos grises al momento de dosificar el BFRT, pero aún más notorio y urgente es la necesidad de obtener valores de la población argentina para establecer el diagnóstico de sarcopenia. Permitiendo esto último a los profesionales de la salud diagnosticar de manera precisa, un factor clave para el tratamiento oportuno.

IX. ANEXOS

Rosario, 1 de noviembre de 2019

Director del Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación
Lic. Leonardo Intelángelo
UGR / CUADI

Por medio de la presente quien suscribe Navarro Hernán, D.N.I. N° 37208760 se dirige a Ud. para solicitar autorización para realizar el seguimiento de dos casos clínicos en el marco de la tesina de grado titulada “Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la prevención y el tratamiento de la sarcopenia en sujetos adultos mayores”.

La duración del tratamiento y evaluación será de 7 semanas, con fecha de inicio el 4 de noviembre. El seguimiento de las actividades estará a cargo del Lic. Nicolás Bevacqua, integrante del CUADI.

Sin otro particular, lo saludo atentamente.

Firma

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Antes que Usted decida participar en el estudio lea cuidadosamente este documento y haga todas las preguntas que tenga, para asegurar que entienda los procedimientos del estudio, riesgos y beneficios; de tal forma que Usted pueda decidir voluntariamente si desea participar o no. Si luego de leer este documento tiene alguna duda, pida a la persona responsable o integrantes del estudio que le explique, sienta absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayuda a aclarar sus dudas. Ellos/as le deberán proporcionar toda la información que necesite para entender el estudio.

Usted ha sido invitada/o a participar en el caso clínico que se llevará a cabo en el marco de la tesina de grado titulada “Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la prevención y el tratamiento de la sarcopenia en sujetos adultos mayores”, perteneciente al alumno Hernán Navarro D.N.I 37208760, y cuyo director es el Dr. Carlos Cagnone.

El caso clínico posee fecha de inicio el 4 de noviembre de 2019 y se desarrollará en las instalaciones del Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI) pertenecientes a la Universidad del Gran Rosario (UGR). Estas se localizan en la calle Buenos Aires 1575 de la ciudad de Rosario, Santa Fe. Todas las actividades serán supervisadas por el Lic. Nicolás Bevacqua docente e investigador de UGR e integrante del CUADI.

La invitación ha sido motivada porque sus características personales son compatibles a las buscadas para uno de los integrantes del caso clínico, siendo estas: edad ≥ 65 años, un tiempo < 15 segundos para realizar el Five Times Sit to Stand Test (correspondiente a un estado de no sarcopenia según los criterios diagnósticos del European Working Group on Sarcopenia in Older People, abreviado como EWGSOP) y no padece actualmente, ni presenta historial de trombosis venosa profunda o trombo embolismo pulmonar. Coincidiendo así con los criterios de inclusión y exclusión de este estudio.

El caso clínico persigue como objetivo explorar los efectos provocados por un programa de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre la masa muscular, fuerza, rendimiento físico y calidad de vida en personas adultas mayores. Esto permitirá obtener información sobre la utilidad de este tipo de entrenamiento como herramienta en la prevención y tratamiento de la sarcopenia.

Usted debe saber que la sarcopenia es definida por el EWGSOP como un trastorno progresivo y generalizado del músculo esquelético que se asocia con una mayor probabilidad de resultados adversos que incluyen caídas, fracturas, discapacidad física y mortalidad. Mientras que en el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo consiste en la realización de ejercicios fuerza y/o resistencia en combinación con manguitos de oclusión ubicados proximalmente en la extremidad a ejercitar, cuyo objetivo es reducir el flujo sanguíneo en las extremidades sin realizar un torniquete que cese por completo la irrigación de la extremidad. Este es considerado un método seguro de entrenamiento con capacidad de incrementar los niveles de fuerza y masa muscular del usuario. Pero al igual que todo tratamiento no está exento de efectos no deseados, siendo reportados habitualmente hemorragia petequiral debajo de la piel y el entumecimiento de la extremidad, ambos de resolución espontánea en el corto plazo.

Quedando así usted notificada/o de los mismos. Si desea más información sobre este método de entrenamiento solicítela a los encargados del estudio, ellos se la proveerán y despejarán sus dudas.

Su participación consistirá en realizar una serie de evaluaciones periódicas compatibles con el algoritmo diagnóstico para la sarcopenia por el EWGSOP, estas nos permitirán conocer su estado de salud musculo esquelética y cómo responderá a la intervención con un programa de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo. El plan de entrenamiento posee una duración de 7 semanas con 2 sesiones semanales. Para realizar las evaluaciones puede solicitársele que asista un día más en la semana para evaluarla adecuadamente. Su salud músculo esquelética podría mejorar como resultado de su participación en este estudio, sin embargo, no existen garantías que ello ocurra.

Toda la información recolectada se utilizará para la elaboración de la tesina de grado mencionada anteriormente, y no se utilizará para otro fin sin obtener previamente su autorización. Su identidad será protegida. Toda información o datos que pueda identificarla/o serán manejados confidencialmente, se tomarán las medidas de seguridad correspondientes.

La participación en esta actividad es voluntaria y gratuita. Usted puede negarse a participar en cualquier momento del estudio sin que deba dar razones para ello.

He leído, comprendido y discutido la información anterior con los responsables del estudio y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. Por tal motivo decido participar voluntariamente.

Firma

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Antes que Usted decida participar en el estudio lea cuidadosamente este documento y haga todas las preguntas que tenga, para asegurar que entienda los procedimientos del estudio, riesgos y beneficios; de tal forma que Usted pueda decidir voluntariamente si desea participar o no. Si luego de leer este documento tiene alguna duda, pida a la persona responsable o integrantes del estudio que le explique, sienta absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayuda a aclarar sus dudas. Ellos/as le deberán proporcionar toda la información que necesite para entender el estudio.

Usted ha sido invitada/o a participar en el caso clínico que se llevará a cabo en el marco de la tesina de grado titulada “Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la prevención y el tratamiento de la sarcopenia en sujetos adultos mayores”, perteneciente al alumno Hernán Navarro D.N.I 37208760, y cuyo director es el Dr. Carlos Cagnone.

El caso clínico posee fecha de inicio el 4 de noviembre de 2019 y se desarrollará en las instalaciones del Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI) pertenecientes a la Universidad del Gran Rosario (UGR). Estas se localizan en la calle Buenos Aires 1575 de la ciudad de Rosario, Santa Fe. Todas las actividades serán supervisadas por el Lic. Nicolás Bevacqua docente e investigador de UGR e integrante del CUADI.

La invitación ha sido motivada porque sus características personales son compatibles a las buscadas para uno de los integrantes del caso clínico, siendo estas: edad ≥ 65 años, un tiempo >15 segundos para realizar el Five Times Sit to Stand Test (correspondiente a un estado de pre-sarcopenia según los criterios diagnósticos del European Working Group on Sarcopenia in Older People, abreviado como EWGSOP) y no padece actualmente ni presenta historial de trombosis venosa profunda o trombo embolismo pulmonar. Coincidiendo así con los criterios de inclusión y exclusión de este estudio.

El caso clínico persigue como objetivo explorar los efectos provocados por un programa de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre la masa muscular, fuerza, rendimiento físico y calidad de vida en personas adultas mayores. Esto permitirá obtener información sobre la utilidad de este tipo de entrenamiento como herramienta en la prevención y tratamiento de la sarcopenia.

Usted debe saber que la sarcopenia es definida por el EWGSOP como un trastorno progresivo y generalizado del músculo esquelético que se asocia con una mayor probabilidad de resultados adversos que incluyen caídas, fracturas, discapacidad física y mortalidad. Mientras que en el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo consiste en la realización de ejercicios fuerza y/o resistencia en combinación con manguitos de oclusión ubicados proximalmente en la extremidad a ejercitar, cuyo objetivo es reducir el flujo sanguíneo en las extremidades sin realizar un torniquete que cese por completo la irrigación de la extremidad. Este es considerado un método seguro de entrenamiento con capacidad de incrementar los niveles de fuerza y masa muscular del usuario. Pero al igual que todo tratamiento no está exento de efectos no deseados, siendo reportados habitualmente hemorragia petequiral debajo de la piel y el entumecimiento de la extremidad, ambos de resolución espontánea en el corto plazo. Quedando así usted notificada/o de los mismos. Si desea más información sobre este método

de entrenamiento solicítela a los encargados del estudio, ellos se la proveerán y despejarán sus dudas.

Su participación consistirá en realizar una serie de evaluaciones periódicas compatibles con el algoritmo diagnóstico para la sarcopenia por el EWGSOP, estas nos permitirán conocer su estado de salud músculo esquelética y cómo responderá a la intervención con un programa de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo. El plan de entrenamiento posee una duración de 7 semanas con 2 sesiones semanales. Para realizar las evaluaciones puede solicitársele que asista un día más en la semana para evaluarla adecuadamente. Su salud músculo esquelética podría mejorar como resultado de su participación en este estudio, sin embargo, no existen garantías que ello ocurra.

Toda la información recolectada se utilizará para la elaboración de la tesina de grado mencionada anteriormente, y no se utilizará para otro fin sin obtener previamente su autorización. Su identidad será protegida. Toda información o datos que pueda identificarla/o serán manejados confidencialmente, se tomarán las medidas de seguridad correspondientes.

La participación en esta actividad es voluntaria y gratuita. Usted puede negarse a participar en cualquier momento del estudio sin que deba dar razones para ello.

He leído, comprendido y discutido la información anterior con los responsables del estudio y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. Por tal motivo decido participar voluntariamente.

Firma

Escala SARC-F versión en español – México

Item	Preguntas	Puntaje
1. Fuerza	¿Qué tanta dificultad tiene para llevar o cargar 4.5 kilogramos?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha o incapaz = 2
2. Asistencia para caminar	¿Qué tanta dificultad tiene para cruzar caminando por un cuarto?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha, usando auxiliares o incapaz = 2
3. Levantarse de una silla	¿Qué tanta dificultad tiene para levantarse de una silla o cama?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha o incapaz, sin ayuda = 2
4. Subir escaleras	¿Qué tanta dificultad tiene para subir 10 escalones?	Ninguna = 0 Alguna = 1 Mucha o incapaz = 2
5. Caídas	¿Cuántas veces se ha caído en el último año?	Ninguna = 0 1 a 3 caídas = 1 4 o más caídas = 2

Si el puntaje total es ≥ 4 puntos se define como sacopenia.

Referencia:

Parra-Rodríguez L, Szlejf C, García-González AI, Malmstrom TK, Cruz-Arenas E, **Rosas-Carrasco O.**

Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Spanish-Language Version of the SARC-F to Assess Sarcopenia in Mexican Community-Dwelling Older Adults. *J Am Med Dir Assoc.* 2016;17(12):1142-1146. doi:10.1016/j.jamda.2016.09.008

Contacto: oscar_rosas_c@hotmail.com

Versión original en inglés:

Malmstrom TK, Morley JE. SARC-F: a simple questionnaire to rapidly diagnose sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* 2013;14(8):531-2. doi:10.1016/j.jamda.2013.05.018.

Calidad de vida en la sarcopenia

Este cuestionario trata sobre la sarcopenia

Consiste en una **debilidad muscular** que aparece con la **edad** y que puede repercutir en su vida cotidiana. Esta encuesta nos permitirá saber si este estado muscular **afecta a su calidad de vida actual**.

Por favor, marque la **respuesta más apropiada** para cada pregunta. Responder a este cuestionario sólo le llevará unos 10 minutos.

1. Actualmente, ¿sufre usted una disminución:

	Mucho	Bastante	Un poco	Nada en absoluto
De fuerza en los brazos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De fuerza en las piernas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De masa muscular ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De energía?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De capacidades físicas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
De flexibilidad muscular?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. ¿Sufre usted dolores musculares?

<input type="checkbox"/> Frecuentemente
<input type="checkbox"/> De vez en cuando
<input type="checkbox"/> Casi nunca
<input type="checkbox"/> Nunca

3. Cuando realiza esfuerzos físicos **ligeros** (andar despacio, planchar, limpiar el polvo, lavar los platos, hacer bricolaje, recoger piñas o frutos en el jardín, regar el jardín, etc.) ¿se resiente:

	Frecuentemente	De vez en cuando	Casi nunca	Nunca	Nunca realizo esfuerzos físicos de este tipo
De la dificultad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Del cansancio ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Del dolor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Cuando realiza esfuerzos físicos **moderados** (andar rápido, limpiar los cristales, pasar el aspirador, lavar el coche, arrancar las malas hierbas del jardín, etc.) ¿se resiente:

	Frecuentemente	De vez en cuando	Casi nunca	Nunca	Nunca realizo esfuerzos físicos de este tipo
De la dificultad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Del cansancio ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Del dolor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Cuando realiza esfuerzos físicos **importantes** (correr, hacer una excursión, levantar objetos pesados, mudarse, cavar en el jardín, etc.) ¿se resiente:

	Frecuentemente	De vez en cuando	Casi nunca	Nunca	Nunca realizo esfuerzos físicos de este tipo
De la dificultad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Del cansancio ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Del dolor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Actualmente, ¿tiene usted el sentimiento de ser mayor?

- Sí, totalmente
- Sí, bastante
- Sí, un poco
- No, en absoluto

7. Si la respuesta es sí, ¿qué es lo que le produce esta impresión?

(Puede elegir varias respuestas)

- Caigo enfermo más fácilmente
- Tomo muchos medicamentos
- Siento debilidad muscular
- Tengo problemas de memoria
- Varias personas cercanas han fallecido
- Tengo menos energía, me canso más a menudo
- Mi vista ha empeorado
- Otro: _____

8. ¿Se siente físicamente débil?

- Sí, totalmente
- Bastante
- Un poco
- Nada en absoluto

9. Actualmente, ¿sufre limitación en:

- | | Mucho | Bastante | Un poco | Nada en absoluto |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| El tiempo de paseo? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| El número de veces que va andando a los sitios? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Las distancias de los paseos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La velocidad de su marcha? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| La longitud de sus pasos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

10. Cuando anda...

- | | Frecuentemente | De vez en cuando | Casi nunca | Nunca | Ya no ando |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ¿Siente una fatiga importante? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ¿Necesita sentarse regularmente para recuperarse? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ¿Tiene dificultades para cruzar una carretera o una calle suficientemente rápido? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ¿Tiene dificultades en terrenos irregulares? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

11. ¿Tiene problemas de equilibrio?

- Frecuentemente
- De vez en cuando
- Casi nunca
- Nunca

12. ¿Se cae?

- Frecuentemente
- De vez en cuando
- Casi nunca
- Nunca

13. ¿Cree usted que su aspecto físico ha cambiado?

- Si, totalmente
- Si, bastante
- Si, un poco
- No, en absoluto

14. Si la respuesta es sí, ¿de qué manera?

[Puede elegir varias respuestas]

- Cambios en el peso (aumento o pérdida de peso)
- Aparición de arrugas
- Disminución de la talla (atural)
- Pérdida de masa muscular
- Pérdida de pelo
- Aparición de canas/pelo gris
- Otro: _____

15. Si la respuesta es sí, ¿se siente inquieto por este cambio?

- Mucho
- Bastante
- Un poco
- Nada

16. ¿Tiene la sensación de ser frágil?

- Sí, totalmente
- Un poco
- Nada en absoluto

17. Actualmente, ¿tiene dificultades para realizar estas actividades de la vida cotidiana?

	Totamente incapaz	Mucha dificultad	Poca dificultad	Sin dificultad	Nunca realizo esta actividad
Subir un tramo de escaleras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subir varios tramos de escaleras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subir uno o varios escalones sin barandilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ponerse de cucullas o arrodillarse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agacharse o inclinarse para recoger un objeto del suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Levantarse del suelo sin apoyo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Levantarse de un sillón bajo o una silla sin reposabrazos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Passar, de forma general, de estar sentado a ponerse de pie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cargar objetos pesados (bolsa de la compra grande, cacerola llena de agua, etc...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abrir una botella o un tarro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilizar el transporte público	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subir o bajar de un coche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hacer la compra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hacer las tareas del hogar, como hacer la cama, pasar el aspirador, planchar, lavar los platos, etc...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

18. ¿La debilidad muscular limita sus movimientos?

- Si, mucho
- Si, bastante
- Si, un poco
- No, nada

19. Si la respuesta es sí, ¿por qué razones? (Puede elegir varias respuestas)

- Por miedo de hacerse daño
- Por miedo a no poder hacerlo
- Por miedo a estar cansado después de estas actividades
- Por miedo a caerse
- Otros: _____

20. ¿Su debilidad muscular le impide llevar una vida sexual satisfactoria?

- Ya no tengo la ocasión de tener vida sexual
- Si, totalmente
- Bastante
- Un poco
- Nada en absoluto

21. ¿Ha modificado la práctica de actividad física/deportiva?

- Ha aumentado
- Ha disminuido
- No se ha modificado
- Nunca he practicado actividad física o deportiva

22. ¿Ha modificado la práctica de actividades de ocio (salir a comer, jardinería, bricolaje, caza/pesca, clubs de jubilados, cartas, pasear, etc.)?

- Ha aumentado
- Ha disminuido
- No se ha modificado
- Nunca he practicado actividades de ocio

Protocolo para la medición de la presión de oclusión arterial (POA)

1. Colocar el paciente en posición decúbito supino, este debe encontrarse relajado física y mentalmente. Puede tomarse 5 minutos de reposo de ser necesario, el cual a su vez es el tiempo suficiente para explicar el procedimiento.
2. Ubicar manualmente el pulso distal en la extremidad a evaluar, siendo aconsejable el pulso radial para miembro superior y el pulso tibial o pedio en miembro inferior. Utilizar el instrumento doppler para auscultar el flujo sanguíneo sobre el recorrido de las arterias ubicadas anteriormente.
3. Colocar el manguito en el extremo proximal de la extremidad a evaluar e insuflarlo paulatinamente. Puede ser aconsejable un incremento de 20mmHg en cada compresión y esperar en cada escalón al menos 5 segundos para comprobar por la auscultación doppler si ha cesado el flujo sanguíneo.
4. Una vez que se constata que el flujo sanguíneo se interrumpió por completo (debido a la ausencia de sonidos en la inspección por medio del instrumento doppler) descender la presión de manera lenta y sostenida hasta recobrar el flujo sanguíneo distal, la unidad de presión inmediatamente superior a este punto es nuestra POA.

Ejemplo: Al insuflar el manguito a 120mmHg hay flujo sanguíneo distal, pero al pasar al siguiente escalón de 140mmHg se detiene el flujo. Nuestra POA puede encontrarse entre estas dos unidades, por eso desinflamos el manguito lentamente para descender la presión....140mmHg....139mmHg (no hay flujo distal)....138mmHg (no hay flujo distal)....137mmHg (no hay flujo distal)...136mmHg (no hay flujo distal)....135mmHg (se recobra el flujo distal). En esta ocasión 136mmHg es nuestra POA.

5. Repetir la medición, si estas presentan más de 5mmHg de diferencia será necesario tomar una tercera o más mediciones. Tomar como POA el valor promedio entre los valores obtenidos.

Ejemplo: Primera medición 142mmHg, segunda 136mmHg, tercera 140mmHg.

$$POA = (142+136+140)/3 = 139\text{mmHg}$$

6. En casos de dudas o grandes asimetrías entre las extremidades izquierda y derecha puede ser aconsejable evaluar bilateralmente.

Escala Borg Modificada	
0	Muy, muy suave
1	Muy suave
2	Muy suave
3	Suave
4	Moderado
5	Algo duro
6	Duro
7	
8	Muy duro
9	
10	Muy, muy duro

Tabla 20: escala Borg modifica traducida al español desde su versión original en idioma inglés.(71)

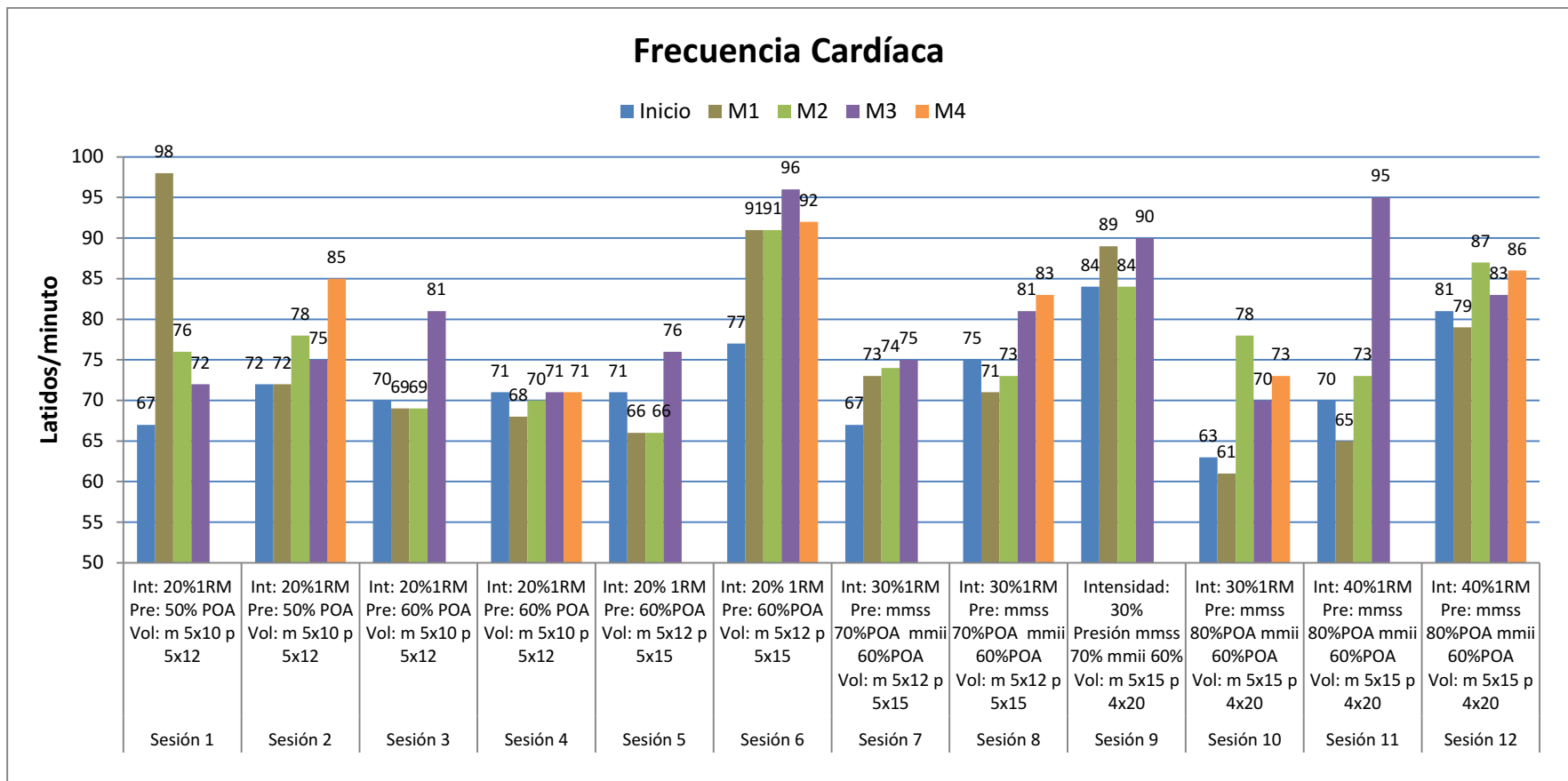


Gráfico 35: valores de FC al inicio y cada pausa entre ejercicios (M), de la paciente A.

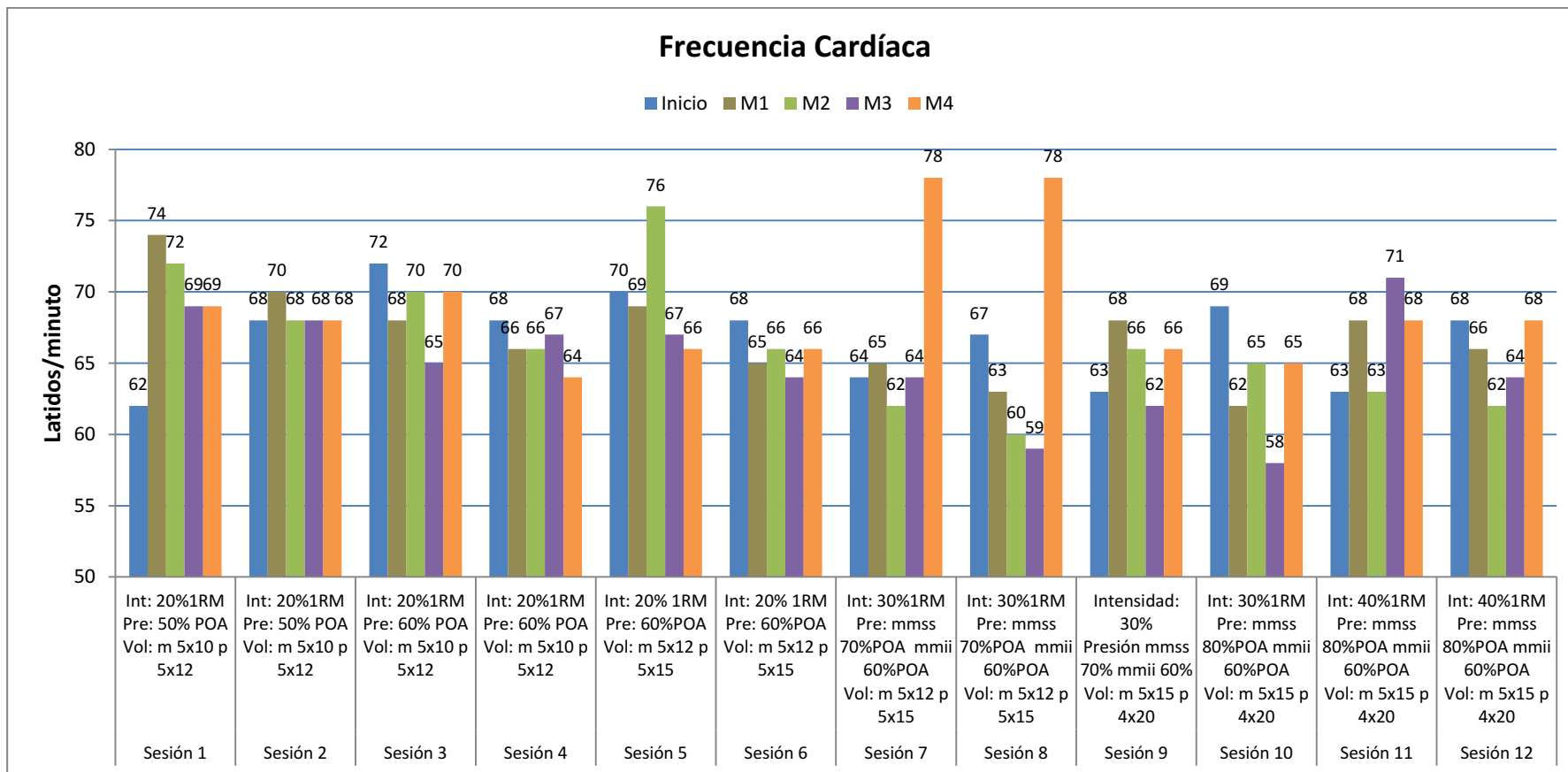


Gráfico 36: valores de FC al inicio y cada pausa entre ejercicios (M), de la paciente O.

Organización/Estudio/País	Punto de corte
IWGS(13)	GS4m: <1m/s ASM/talla ² : H ≤7,23kg/m ² M≤5,67kg/ m ²
FNIH(14)	GS4m: <8m/s HGS: H <26kg M<16kg HGS/IMC: H<1 M <0,56 ASM: H <19,75kg/ M<15,02kg ASM/IMC: H <0,789 M <0,512
AWGS(15)	GS4m: <8m/s HGS: H <26kg M<18kg ASM/talla ² : H ≤7kg/ m ² M≤5,7kg/ m ²
Janssen et al. (EEUU)(28)	SMI: H<37% M<28%
Bamgartner et al. (Nuevo México, EEUU)(27)	ASM/talla ² : H ≤7,26kg/ m ² M≤5,45kg/m ²
Villada-Gomez et al. (Caldas, Colombia)(85)	ASM/talla ² : H ≤8,39kg/ m ² M≤6,42kg/ m ²
Taiwán(85)	ASM/talla ² : H ≤8,87kg/ m ² M≤6,42kg/ m ²
Australia(85)	ASM/talla ² : H ≤9,50kg/ m ² M≤7kg/ m ²
España(85)	ASM/talla ² : H ≤8,25kg/ m ² M≤6,68kg/ m ²
Phineiro et al. (Bahía,Brasil)(24)	5STS: M13"

Tabla 21: evaluaciones y puntos de corte propuestos por diferentes organizaciones y estudios. SMI o índice músculo esquelético= (masa muscular (kg)/ peso corporal (kg))*100 .

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Beard J. Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud [Internet]. Estados Unidos: OMS; 2015 [citado 20 de junio de 2020]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873_spa.pdf;jsessionid=B18486429C02D7C49896C95F9850191A?sequence=1
2. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* [Internet]. 2010 [citado 26 de mayo de 2020];39(4):412-23. Disponible en: <https://academic.oup.com/ageing/article-lookup/doi/10.1093/ageing/afq034>
3. 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* [Internet]. 2019 [citado 17 de junio de 2020];48(1):16-31. Disponible en: <https://academic.oup.com/ageing/article/48/1/16/5126243>
4. Masanés Torán F, Navarro López M, Sacanella Meseguer E, López Soto A. ¿Qué es la sarcopenia? *Semin Fund Esp Reumatol* [Internet]. 2010 [citado 26 de junio de 2019];11(1):14-23. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1577356609000128>
5. Larsson L, Degens H, Li M, Salviati L, Lee Y il, Thompson W, et al. Sarcopenia: Aging-Related Loss of Muscle Mass and Function. *Physiol Rev* [Internet]. 2019 [citado 17 de junio de 2020];99(1):427-511. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/physrev.00061.2017>
6. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults: *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2009 [citado 26 de mayo de 2020];41(3):687-708. Disponible en: <http://journals.lww.com/00005768-200903000-00026>
7. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, 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* [Internet]. 2011 [citado 26 de mayo de 2020];43(7):1334-59. Disponible en: <http://journals.lww.com/00005768-201107000-00026>
8. Pillard F, Laoudj-Chenivresse D, Carnac G, Mercier J, Rami J, Rivière D, et al. Physical Activity and Sarcopenia. *Clin Geriatr Med* [Internet]. 2011 [citado 17 de junio de 2020];27(3):449-70. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S074906901100022X>
9. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2012 [citado 26 de mayo de 2020];112(5):1849-59. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-011-2167-x>
10. Hwang PS, Willoughby DS. Mechanisms Behind Blood Flow–Restricted Training and its Effect Toward Muscle Growth: *J Strength Cond Res* [Internet]. 2019 [citado

- 17 de junio de 2020];33(7):167-79. Disponible en: <http://journals.lww.com/00124278-201907001-00019>
11. Pearson SJ, Hussain SR. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Med* [Internet]. 2015 [citado 17 de junio de 2020];45(2):187-200. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0264-9>
 12. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, et al. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. *Int J KAATSU Train Res* [Internet]. 2006 [citado 17 de junio de 2020];2(1):5-13. Disponible en: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/ijkr/2.5?from=CrossRef>
 13. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, et al. Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. International Working Group on Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* [Internet]. 2011 [citado 26 de mayo de 2020];12(4):249-56. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1525861011000193>
 14. Studenski SA, Peters KW, Alley DE, Cawthon PM, McLean RR, Harris TB, et al. The FNIH Sarcopenia Project: Rationale, Study Description, Conference Recommendations, and Final Estimates. *J Gerontol Ser A* [Internet]. 2014 [citado 26 de mayo de 2020];69(5):547-58. Disponible en: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/glu010>
 15. Chen L-K, Liu L-K, Woo J, Assantachai P, Auyeung T-W, Bahyah KS, et al. Sarcopenia in Asia: Consensus Report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* [Internet]. 2014 [citado 26 de mayo de 2020];15(2):95-101. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1525861013006671>
 16. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *The Lancet* [Internet]. 2019 [citado 17 de junio de 2020];393(10191):2636-46. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673619311389>
 17. Boix E, Picó A. Funciones endocrinas y envejecimiento. *Endocrinol Nutr* [Internet]. 2000 [citado 12 de agosto de 2019];47(4):113-21. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-nutricion-12-articulo-funciones-endocrinas-envejecimiento-9907>
 18. Becerra Urrego R, Galvis Rincón JC. Perfil hormonal del envejecimiento muscular. *Rev Repert Med Cir* [Internet]. 2011 [citado 18 de junio de 2020];20(4):217-24. Disponible en: <https://revistas.fucsalud.edu.co/index.php/repertorio/article/view/772>
 19. Buford TW, Anton SD, Judge AR, Marzetti E, Wohlgemuth SE, Carter CS, et al. Models of accelerated sarcopenia: Critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. *Ageing Res Rev* [Internet]. 2010 [citado 18 de junio de 2020];9(4):369-83. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1568163710000309>
 20. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*

- [Internet]. 2010 [citado 18 de junio de 2020];21(4):543-59. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00198-009-1059-y>
21. Lee S-Y, Tung H-H, Liu C-Y, Chen L-K. Physical Activity and Sarcopenia in the Geriatric Population: A Systematic Review. *J Am Med Dir Assoc* [Internet]. 2018 [citado 18 de junio de 2020];19(5):378-83. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1525861018300793>
 22. Ida S, Kaneko R, Murata K. SARC-F for Screening of Sarcopenia Among Older Adults: A Meta-analysis of Screening Test Accuracy. *J Am Med Dir Assoc* [Internet]. 2018 [citado 27 de mayo de 2020];19(8):685-9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1525861018301531>
 23. Parra-Rodríguez L, Szlejf C, García-González AI, Malmstrom TK, Cruz-Arenas E, Rosas-Carrasco O. Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Spanish-Language Version of the SARC-F to Assess Sarcopenia in Mexican Community-Dwelling Older Adults. *J Am Med Dir Assoc* [Internet]. 2016 [citado 27 de mayo de 2020];17(12):1142-6. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1525861016304236>
 24. Pinheiro PA, Carneiro JAO, Coqueiro RS, Pereira R, Fernandes MH. "CHAIR STAND TEST" AS SIMPLE TOOL FOR SARCOPEINIA SCREENING IN ELDERLY WOMEN. *J Nutr Health Aging* [Internet]. 2016 [citado 5 de junio de 2020];20:56-9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/284136562_Chair_Stand_Test_as_Simple_Tool_for_Sarcopenia_Screening_in_Elderly_Women
 25. Velázquez Alva, M del C, María Esther Irigoyen. Sarcopenia: Una entidad de relevancia clínica actual. *Rev Cienc Clínicas* [Internet]. 2011 [citado 22 de junio de 2020];12(1):22-33. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259344662_Sarcopenia_Una_entidad_de_relevancia_clinica_actual
 26. Inzitari M, Calle A, Esteve A, Casas Á, Torrents N, Martínez N. ¿Mides la velocidad de la marcha en tu práctica diaria? Una revisión. *Rev Esp Geriatria Gerontol* [Internet]. 2017 [citado 18 de junio de 2020];52(1):35-43. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0211139X16000123>
 27. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, et al. Epidemiology of Sarcopenia among the Elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* [Internet]. 1998 [citado 5 de junio de 2020];147(8):755-63. Disponible en: <https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/oxfordjournals.aje.a009520>
 28. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low Relative Skeletal Muscle Mass (Sarcopenia) in Older Persons Is Associated with Functional Impairment and Physical Disability. *J Am Geriatr Soc* [Internet]. 2002 [citado 18 de junio de 2020];50(5):889-96. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x>
 29. Mayhew AJ, Amog K, Phillips S, Parise G, McNicholas PD, de Souza RJ, et al. The prevalence of sarcopenia in community-dwelling older adults, an exploration of differences between studies and within definitions: a systematic review and meta-

- analyses. Age Ageing [Internet]. 2019 [citado 18 de junio de 2020];48(1):48-56. Disponible en: <https://academic.oup.com/ageing/article/48/1/48/5058979>
30. Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta-analysis of general population studies. *J Diabetes Metab Disord* [Internet]. 2017 [citado 18 de junio de 2020];16(1):21. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1186/s40200-017-0302-x>
 31. Nemerovsky J, Mariñasky C. DIAGNÓSTICO Y PREVALENCIA DE SARCOPENIA: UN ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO Y MULTICÉNTRICO CON ADULTOS MAYORES DE CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES (CABA) Y ÁREA METROPOLITANA, ARGENTINA. *Rev Electrónica Biomed* [Internet]. 2015 [citado 18 de junio de 2020];2:29-41. Disponible en: <http://biomed.uninet.edu/2015/n2/nemerovsky.html>
 32. Nemerovsky J. Sarcopenia. *Rev Argent Geriatria Gerontol* [Internet]. 2016 [citado 18 de junio de 2020];30:28-33. Disponible en: <http://www.sagg.org.ar/wp/wp-content/uploads/2016/07/Sarcopenia.pdf>
 33. Beaudart C, Zaaria M, Pasleau F, Reginster J-Y, Bruyère O. Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. Wright JM, editor. *PLOS ONE* [Internet]. 2017 [citado 20 de junio de 2020];12(1). Disponible en: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0169548>
 34. Yeung SSY, Reijnierse EM, Pham VK, Trappenburg MC, Lim WK, Meskers CGM, et al. Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* [Internet]. 2019 [citado 20 de junio de 2020];10(3):485-500. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcsm.12411>
 35. Zhao Y, Zhang Y, Hao Q, Ge M, Dong B. Sarcopenia and hospital-related outcomes in the old people: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clin Exp Res* [Internet]. 2019 [citado 20 de junio de 2020];31(1):5-14. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s40520-018-0931-z>
 36. Liu P, Hao Q, Hai S, Wang H, Cao L, Dong B. Sarcopenia as a predictor of all-cause mortality among community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas* [Internet]. 2017 [citado 20 de junio de 2020];103:16-22. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378512216304029>
 37. Bruyère O, Beaudart C, Ethgen O, Reginster J-Y, Locquet M. The health economics burden of sarcopenia: a systematic review. *Maturitas* [Internet]. 2019 [citado 20 de junio de 2020];119:61-9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378512218306996>
 38. Gheller BJB, Riddle ES, Lem MR, Thalacker-Mercer AE. Understanding Age-Related Changes in Skeletal Muscle Metabolism: Differences Between Females and Males. *Annu Rev Nutr* [Internet]. 2016 [citado 20 de junio de 2020];36(1):129-56. Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-nutr-071715-050901>
 39. Bauer JM, Cruz-Jentoft AJ, Fielding RA, Kanis JA, Reginster J-Y, Bruyère O, et al. Is There Enough Evidence for Osteosarcopenic Obesity as a Distinct Entity? A Critical Literature Review. *Calcif Tissue Int* [Internet]. 2019 [citado 20 de junio de 2020];105(1):1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00135-019-0060-0>

- 2020];105(2):109-24. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00223-019-00561-w>
40. Chang K-V, Hsu T-H, Wu W-T, Huang K-C, Han D-S. Is sarcopenia associated with depression? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Age Ageing* [Internet]. 2017 [citado 20 de junio de 2020];46(5):738-46. Disponible en: <https://academic.oup.com/ageing/article/46/5/738/3868054>
 41. Tsekoura M, Kastrinis A, Katsoulaki M, Billis E, Gliatis J. Sarcopenia and Its Impact on Quality of Life. En: Vlamos P, editor. *GeNeDis 2016* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017 [citado 20 de junio de 2020]. p. 213-8. (*Advances in Experimental Medicine and Biology*; vol. 987). Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-57379-3_19
 42. Beaudart C, Biver E, Reginster J-Y, Rizzoli R, Rolland Y, Bautmans I, et al. Validation of the SarQoL®, a specific health-related quality of life questionnaire for Sarcopenia: Validation of the SarQoL® questionnaire. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* [Internet]. 2017 [citado 20 de junio de 2020];8(2):238-44. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/jcsm.12149>
 43. Witard OC, McGlory C, Hamilton DL, Phillips SM. Growing older with health and vitality: a nexus of physical activity, exercise and nutrition. *Biogerontology* [Internet]. 2016 [citado 20 de junio de 2020];17(3):529-46. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10522-016-9637-9>
 44. Ordóñez M. ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA Y SARCOPENIA. EVIDENCIAS ACTUALES. *J Sport Health Res* [Internet]. 2013 [citado 20 de junio de 2020];5(1):7-24. Disponible en: http://www.journalshr.com/papers/Vol%205_N%201/V05_1_1.pdf
 45. Padilla Colon CJ. BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA PARA LA PREVENCIÓN Y. *Nutr Hosp* [Internet]. 2014 [citado 20 de junio de 2020];(5):979-88. Disponible en: <http://doi.org/10.3305/nh.2014.29.5.7313>
 46. Csapo R, Alegre LM. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis: Strength training: high vs lighter loads. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2016 [citado 20 de junio de 2020];26(9):995-1006. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/sms.12536>
 47. Loenneke J, Abe T, Wilson J, Thiebaud R, Fahs C, Rossow L, et al. Blood flow restriction: An evidence based progressive model (Review). *Acta Physiol Hung* [Internet]. 2012 [citado 20 de junio de 2020];99(3):235-50. Disponible en: <https://akjournals.com/doi/10.1556/aphysiol.99.2012.3.1>
 48. Brook MS, Wilkinson DJ, Phillips BE, Perez-Schindler J, Philp A, Smith K, et al. Skeletal muscle homeostasis and plasticity in youth and ageing: impact of nutrition and exercise. *Acta Physiol* [Internet]. 2016 [citado 20 de junio de 2020];216(1):15-41. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/apha.12532>
 49. Sato Y. The history and future of KAATSU Training. *Int J KAATSU Train Res* [Internet]. 2005 [citado 20 de junio de 2020];1(1):1-5. Disponible en: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/ijktr/1.1?from=CrossRef>

50. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol* [Internet]. 2019 [citado 6 de mayo de 2020];10:533. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2019.00533/full>
51. Behringer M, Willberg C. Application of Blood Flow Restriction to Optimize Exercise Countermeasures for Human Space Flight. *Front Physiol* [Internet]. 25 de enero de 2019 [citado 20 de junio de 2020];10:33. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2019.00033/full>
52. Martín-Hernández J. Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. 2011 [citado 20 de junio de 2020];4(4):152-7. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327668004>
53. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and Blood Flow Restriction: J Strength Cond Res [Internet]. 2013 [citado 20 de junio de 2020];27(10):2914-26. Disponible en: <http://journals.lww.com/00124278-201310000-00037>
54. Park S-Y, Kwak YS, Harveson A, Weavil JC, Seo KE. Low Intensity Resistance Exercise Training with Blood Flow Restriction: Insight into Cardiovascular Function, and Skeletal Muscle Hypertrophy in Humans. *Korean J Physiol Pharmacol* [Internet]. 2015 [citado 20 de junio de 2020];19(3):191-6. Disponible en: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4196/kjpp.2015.19.3.191>
55. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with Blood Flow Restriction: An Updated Evidence-Based Approach for Enhanced Muscular Development. *Sports Med* [Internet]. 2015 [citado 26 de mayo de 2020];45(3):313-25. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0288-1>
56. Loenneke JP, Allen KM, Mouser JG, Thiebaud RS, Kim D, Abe T, et al. Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2015 [citado 20 de junio de 2020];115(2):397-405. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-014-3030-7>
57. Cirilo-Sousa M do S, Lemos JB, Poderoso R, Araújo RCT de, Aniceto RR, Pereira PMG, et al. PREDICTIVE EQUATION FOR BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING. *Rev Bras Med Esporte* [Internet]. 2019 [citado 20 de junio de 2020];25(6):494-7. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922019000600494&tlng=en
58. Graham B, Breault MJ, McEwen JA, McGraw RW. Occlusion of Arterial Flow in the Extremities at Subsystolic Pressures Through the Use of Wide Tourniquet Cuffs: *Clin Orthop* [Internet]. 1993 [citado 20 de junio de 2020];286(286):257-61. Disponible en: <http://journals.lww.com/00003086-199301000-00038>
59. Abe T, Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Bemben MG. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2012 [citado 26 de mayo de 2020];32(4):247-52. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-097X.2012.01126.x>

60. Dankel SJ, Jessee MB, Abe T, Loenneke JP. The Effects of Blood Flow Restriction on Upper-Body Musculature Located Distal and Proximal to Applied Pressure. *Sports Med* [Internet]. 2016 [citado 26 de mayo de 2020];46(1):23-33. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-015-0407-7>
61. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, et al. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. *Int J KAATSU Train Res* [Internet]. 2006 [citado 21 de junio de 2020];2(1):5-13. Disponible en: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/ijkr/2.5?from=CrossRef>
62. Nakajima T, Morita T, Sato Y. Key considerations when conducting KAATSU training. *Int J KAATSU Train Res* [Internet]. 2011 [citado 21 de junio de 2020];7(1):1-6. Disponible en: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/ijkr/7.1?from=CrossRef>
63. Spranger MD, Krishnan AC, Levy PD, O'Leary DS, Smith SA. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *Am J Physiol-Heart Circ Physiol* [Internet]. 2015 [citado 8 de junio de 2020];309(9):1440-52. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpheart.00208.2015>
64. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bemben MG. Potential safety issues with blood flow restriction training: Safety of blood flow-restricted exercise. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2011 [citado 21 de junio de 2020];21(4):510-8. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x>
65. Slys J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2016 [citado 21 de junio de 2020];19(8):669-75. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1440244015001826>
66. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2016 [citado 22 de junio de 2020];19(5):360-7. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1440244015000961>
67. Reina-Ramos C, Domínguez R. Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo e hipertrofia muscular. [Blood flow restriction training and muscle hypertrophy]. *RICYDE Rev Int Cienc Deporte* [Internet]. 2014 [citado 26 de junio de 2019];10(38):366-82. Disponible en: <http://www.cafyd.com/REVISTA/03806.pdf>
68. Edwin AM, editor. Encuesta Nacional sobre Calidad de Vida de Adultos Mayores 2012 [Internet]. 1.^a ed. CABA: INDEC; 2014 [citado 17 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/sociedad/encaviam.pdf>
69. Gómez-León Mandujano A, Morales López S, Álvarez Díaz C de J. Técnica para una correcta toma de la presión arterial en el paciente ambulatorio. *Rev Fac Med México* [Internet]. 2016 [citado 26 de junio de 2020];59(3):49-55. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0026-17422016000300049&lng=es&nrm=iso&tIng=es
70. Sousa-Santos AR, Amaral TF. Differences in handgrip strength protocols to identify sarcopenia and frailty - a systematic review. *BMC Geriatr* [Internet]. 2017 [citado 28 de mayo de 2020];17(1):238. Disponible en: <http://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-017-0625-y>

71. Rodríguez N I, Gatica S D. Percepción de esfuerzo durante el ejercicio: ¿Es válida su medición en la población infantil? *Rev Chil Enfermedades Respir* [Internet]. 2016 [citado 9 de junio de 2020];32(1):25-33. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-73482016000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
72. Weineck J. Entrenamiento total. 1.^a ed. Badalona: Paidotribo; 2015.
73. Letieri RV, Furtado GE, Barros PMN, Farias MJA de, Antunez BF, Gomes BB, et al. Effect of 16-Week Blood Flow Restriction Exercise on Functional Fitness in Sarcopenic Women: A Randomized Controlled Trial. *Int J Morphol* [Internet]. 2019 [citado 6 de mayo de 2020];37(1):59-64. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022019000100059&lng=en&nrm=iso&tlng=en
74. Letieri RV, Teixeira AM, Furtado GE, Lamboglia CG, Rees JL, Gomes BB. Effect of 16 weeks of resistance exercise and detraining comparing two methods of blood flow restriction in muscle strength of healthy older women: A randomized controlled trial. *Exp Gerontol* [Internet]. 2018 [citado 6 de mayo de 2020];114(1):78-86. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0531556518304534>
75. Patterson SD, Ferguson RA. Enhancing Strength and Postocclusive Calf Blood Flow in Older People With Training With Blood-Flow Restriction. *J Aging Phys Act* [Internet]. 2011 [citado 6 de mayo de 2020];19(3):201-13. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/japa/19/3/article-p201.xml>
76. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Exp Gerontol* [Internet]. 2017 [citado 6 de mayo de 2020];99:138-45. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0531556517305193>
77. Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y, et al. Effects of Low-Intensity Walk Training With Restricted Leg Blood Flow on Muscle Strength and Aerobic Capacity in Older Adults. *Res Rep* [Internet]. 2010 [citado 6 de mayo de 2020];33(1):34-40. Disponible en: https://journals.lww.com/jgpt/fulltext/2010/01000/Effects_of_Low_Intensity_Walk_Training_With.8.aspx
78. Harper S, Roberts L, Layne A, Jaeger B, Gardner A, Sibille K, et al. Blood-Flow Restriction Resistance Exercise for Older Adults with Knee Osteoarthritis: A Pilot Randomized Clinical Trial. *J Clin Med* [Internet]. 2019 [citado 6 de mayo de 2020];8(2):265. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2077-0383/8/2/265>
79. Clarkson MJ, Conway L, Warmington SA. Blood flow restriction walking and physical function in older adults: A randomized control trial. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2017 [citado 6 de mayo de 2020];20(12):1041-6. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1440244017303961>
80. Libardi C, Chacon-Mikahil M, Cavaglieri C, Tricoli V, Roschel H, Vechin F, et al. Effect of Concurrent Training with Blood Flow Restriction in the Elderly. *Int J Sports Med* [Internet]. 2015 [citado 6 de mayo de 2020];36(05):395-9. Disponible en: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0034-1390496>

81. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RPB, et al. Comparisons Between Low-Intensity Resistance Training With Blood Flow Restriction and High-Intensity Resistance Training on Quadriceps Muscle Mass and Strength in Elderly: J Strength Cond Res [Internet]. 2015 [citado 6 de mayo de 2020];29(4):1071-6. Disponible en: <http://journals.lww.com/00124278-201504000-00029>
82. Yasuda T, Fukumura K, Tomaru T, Nakajima T. Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. Oncotarget [Internet]. 2016 [citado 6 de mayo de 2020];7(23):33595-607. Disponible en: <http://www.oncotarget.com/fulltext/9564>
83. Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, Masamune K, et al. Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci [Internet]. 2015 [citado 6 de mayo de 2020];70(8):950-8. Disponible en: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/glu084>
84. Araújo JP, Neto GR, Loenneke JP, Bemben MG, Laurentino GC, Batista G, et al. The effects of water-based exercise in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. AGE [Internet]. 2015 [citado 4 de julio de 2020];37(6):110. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11357-015-9851-4>
85. Villada-Gómez JS, González-Correa CH, Marulanda-Mejía F. Puntos de corte provisionales para el diagnóstico de sarcopenia en ancianos de Caldas (Colombia). Biomédica [Internet]. 2018 [citado 21 de agosto de 2020];38(4):521-6. Disponible en: <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/4302>