

**TESINA**

Presentado para acceder al título de grado de la carrera de

**LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

**Título:**

“Evaluación de un protocolo de electroestimulación neuromuscular en el tríceps sural sobre la marcha y la función en adultos mayores”

**Autor:**

Muchelnizer, Patricio

**Director:**

Lassaga, Ignacio

**Co-director:**

Roulet, Ivan

**Lugar:**

Rosario

**Fecha de Presentación:**

22/07/2024

**Firma del autor:**



## **RESUMEN**

### **INTRODUCCIÓN**

El envejecimiento es un proceso de vital importancia en la vida de todo ser humano y por el cual todos vamos a pasar. Según la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) la esperanza de vida ha aumentado en más de 3 años por década desde 1950 en adelante, siendo la década de los 90 del siglo pasado la excepción. Dicho valor aumentó de manera acelerada en la mayoría de las regiones desde el año 2000, incrementándose en 5 años entre el 2000 y el 2015.

Durante el envejecimiento, los diversos sistemas fisiológicos sufren cambios, un ejemplo claro de esto es que la fuerza muscular, la cual disminuye paulatinamente a partir de los 40 años, proceso conocido como sarcopenia.

Lo previamente expuesto es en gran medida resultado de la declinación progresiva del funcionamiento biológico, lo cual conlleva a que los individuos de edad avanzada experimenten modificaciones que potencialmente conducen a la merma de su autonomía.

La electroestimulación se emplea en numerosas aplicaciones, entre ellas, la contracción muscular, y es la onda utilizada más frecuentemente en la estimulación eléctrica, dentro de las corrientes pulsadas se encuentra la corriente NMES, utilizada principalmente para el fortalecimiento muscular en personas con debilidad de los mismos.

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de un programa de electroestimulación con corrientes NMES en la marcha y la capacidad funcional de personas adultas mayores en la Ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizará un estudio de asociación con un diseño observacional, transversal y prospectivo. Los datos se extraerán del proyecto de investigación "Efecto de un protocolo de electroestimulación neuromuscular sobre el tríceps sural en adultos mayores". Resolución rectoral N° 224/2013 UGR. Este se desarrollará en el marco del Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI). Se incluirán aquellas personas que sean residentes en la ciudad de Rosario, Santa Fe, durante el periodo de noviembre-mayo del año 2023/24.

## **CONCLUSIÓN**

Se puede concluir que la NMES podría ser una importante herramienta terapéutica para retrasar diversas de las consecuencias que el envejecimiento trae aparejado, como ser la disminución de la velocidad de marcha y la función física. Sin embargo, es necesario incentivar mayores investigaciones de la terapia NMES que incluyan al tríceps sural como músculo primordial tanto para la marcha como la función. Además, es fundamental ampliar el tamaño de muestra a estudiar para obtener resultados concluyentes.

## **PALABRAS CLAVES**

*DeCS:* Anciano; Terapia por Estimulación Eléctrica; Músculo Esquelético; Marcha; Estado Funcional.

*MeSH:* Aged; Electric Stimulation Therapy; Muscle Skeletal; Gait; Functional Status

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
II. a. General.....	4
II. b. Específicos.....	4
<b>III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
III. a. Adulto mayor y envejecimiento.....	5
III. b. Cambios fisiológicos relacionados con la edad.....	5
III. a. 1. Marcha en el adulto mayor.....	9
III. a. 2. Función en el adulto mayor.....	10
III. c. Rol del Tríceps sural en la marcha y la función.....	11
III. d. Electroestimulación.....	12
<b>IV. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>V. MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
V. a. Revisión bibliográfica.....	15
V. a. 1. Presentación de palabras claves.....	15
V. a. 2. Combinaciones de los términos.....	15
V. b. Trabajo de campo.....	16
V. b. 1. Criterios de selección de los sujetos.....	16
V. b. 1. a. Criterios de inclusión.....	16
V. b. 1. b. Criterios de exclusión.....	16
V. b. 2. Procedimientos de evaluación.....	16
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
VI. a. Resultados de la revisión.....	22
VI. b. Resultados del estudio.....	26
<b>VII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
VII. a. Efectos de la NMES sobre el patrón de marcha.....	32
VII. b. Efectos de la terapia NMES en relación a la función.....	33
<b>VIII. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>36</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>43</b>
X. a. Anexo 1. “Historia Clínica”.....	43
X. b. Anexo 2. “Consentimiento Informado”.....	44
X. c. Anexo 3. “Cuestionario SARC-F”.....	46
X. d. Anexo 4. “Cuestionario IPAQ-E”.....	47

## I. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento es un proceso de vital importancia en la vida de todo ser humano y por el cual todos vamos a pasar. Envejecer es un proceso normal, natural, que comienza desde que somos engendrados, difiere entre persona y persona, e incluso varía dentro de los órganos de un mismo sujeto. Según la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) la esperanza de vida ha aumentado en más de 3 años por década desde 1950 en adelante, siendo la década de los 90 del siglo pasado la excepción. Dicho valor aumentó de manera acelerada en la mayoría de las regiones desde el año 2000, incrementándose en 5 años entre el 2000 y el 2015 (1,2).

Durante el envejecimiento, los diversos sistemas fisiológicos sufren cambios, un ejemplo claro de esto es que la fuerza muscular, la cual disminuye paulatinamente a partir de los 40 años, proceso conocido como sarcopenia. Asimismo, después de los 65 a 70 años la pérdida de fuerza crece exponencialmente, siendo mayor en la mujer que en el varón. Además, debido al envejecimiento, se produce una disminución del número de fibras musculares, principalmente las fibras tipo II, sumado a una disminución en el tamaño de las mismas; también se observa una reducción en el número de motoneuronas (neuronas encargadas de producir la contracción muscular a través de un potencial de acción) (1,3).

Además de las anteriores alteraciones, a medida que se envejece, se genera una disminución de la velocidad de respuesta a los estímulos, alteraciones en la capacidad de aprendizaje y pérdida de memoria, lo que puede afectar su interacción con el entorno. Como también, se produce una disminución del equilibrio y de la coordinación motora, por lo que el riesgo de caídas aumenta significativamente, lo que puede ocasionar consecuencias graves para la salud. La inmovilidad es otro de los síntomas geriátricos más frecuentes debido a múltiples cambios fisiopatológicos producen un deterioro funcional con limitación de movimientos. Algunas de las estrategias para evitar o disminuir las consecuencias de la inmovilidad son entre otras llevar una vida activa y autónoma practicando alguna actividad que incremente la función (1,4–6).

Lo previamente expuesto es en gran medida resultado de la declinación progresiva del funcionamiento biológico, lo cual conlleva a que los individuos de edad avanzada experimenten modificaciones que potencialmente conducen a la merma de su autonomía. En conjunto, estos cambios y efectos asociados al envejecimiento deben ser tomados en consideración para implementar estrategias de cuidado y apoyo adecuadas, con el objetivo de mantener la autonomía y bienestar de las personas mayores (5).

El músculo esquelético representa alrededor del 40% de la masa corporal total en una persona promedio. Un músculo esquelético es un ensamblaje de elementos contráctiles y elásticos dispuestos en un sarcómero. Para su activación es necesario un proceso molecular complejo para generar fuerza durante la contracción, comenzado por un potencial de acción del SNC e implica la unión de la proteína miosina a un filamento delgado de actina y la tracción sobre este, lo que permite deslizarse contra el filamento grueso de miosina. La mayoría de los músculos esqueléticos son combinaciones de fibras lentas (Tipo I) y rápidas (Tipo II). Las fibras lentas demoran más en tiempo para contraerse pero también para fatigarse, en cambio, las fibras rápidas se especializan en un movimiento rápido llevando a una pronta fatiga. Los músculos esqueléticos forman grupos de fibras que pueden estar espacialmente separadas pero inervadas por una misma motoneurona, llamadas unidades motoras. Un único músculo puede estar conformado por una gran cantidad de unidades motoras. Ellas son las encargadas de producir la tetanización muscular pudiendo ser dada por tiempo o por intensidad (7,8).

El músculo tríceps sural está conformado por dos músculos, el gastrocnemio y el soleo. Se extienden desde el fémur, la tibia y el peroné, teniendo tres vientres de origen uniéndose e insertándose por intermedio de un único tendón calcáneo o Aquileano. El músculo gastrocnemio está constituido por dos vientres, uno medial y uno lateral, originándose desde los cóndilos femorales respectivamente y el músculo sóleo, que conforma el vientre restante, se origina en la tibia, peroné y en el arco fibroso que se extiende entre ellas (9). Durante la marcha, el tríceps sural se activa tanto de forma concéntrica como excéntrica. En el primer caso, produce una plantiflexión de tobillo que eleva el retropié para así despegarlo del suelo en la fase de pre-balanceo o impulso del ciclo de marcha. En contraparte, durante la fase de amortiguación de la marcha, para soportar el peso del cuerpo, el músculo tríceps sural realiza una contracción excéntrica, resistiendo la caída del retropié hacia el suelo y amortiguar el impacto de la carga sobre las articulaciones y estructuras musculoesqueléticas (9–11).

Una corriente eléctrica es un flujo de partículas cargadas. Las partículas cargadas pueden ser electrones o iones. Actualmente, la estimulación eléctrica tiene un amplio abanico de aplicaciones clínicas en rehabilitación, como la producción de contracciones musculares, el control del dolor agudo, crónico y postoperatorio y la promoción de la cicatrización tisular (12). Las contracciones musculares generadas eléctricamente pueden aplicarse para fortalecer y reeducar a los músculos, para evitar la atrofia, la formación de trombosis venosa profunda (TVP) y el desarrollo de úlceras de presión en pacientes con lesiones medulares, así como para disminuir los

espasmos musculares. Las ondas de las corrientes eléctricas pueden ser de tres tipos: corriente directa (CD), corriente alterna (CA) y corriente pulsada (CP). La CP es un flujo interrumpido de partículas cargadas en el que la corriente fluye en una serie de pulsos separados por períodos en los que no hay corriente. La CP se emplea en numerosas aplicaciones, entre ellas, la contracción muscular, y es la onda utilizada más frecuentemente en la estimulación eléctrica, dentro de las corrientes pulsadas se encuentra la corriente NMES, utilizada principalmente para el fortalecimiento muscular en personas con debilidad de los mismos (13).

Por todo lo planteado anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto de un protocolo de electroestimulación neuromuscular en el tríceps sural en la marcha y el estado funcional en adultos mayores?

## **II. OBJETIVOS**

### **II. a. General**

Evaluar el efecto de un programa de electroestimulación con corrientes NMES en la marcha y la capacidad funcional de personas adultas mayores en la Ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina.

### **II. b. Específicos**

- Indagar acerca del uso de NMES sobre la marcha y función en adultos mayores a partir de la bibliografía disponible
- Analizar los impactos de la corriente NMES sobre el patrón del ciclo de la marcha
- Medir los cambios en la capacidad funcional a través del SPPB posterior a la aplicación de una corriente NMES



### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **III. a. Adulto mayor y envejecimiento**

Según la OMS, se considera adulto mayor a la persona mayor de 60 años, aunque los procesos de envejecimiento comienzan antes, siendo un fenómeno presente a lo largo del ciclo de vida desde el proceso de la concepción hasta la muerte. Con el avance de las tecnologías aplicadas a la salud, el número de adultos mayores ha crecido exponencialmente en las últimas décadas llegando en todo el mundo, en 2021, a más de mil millones, esto es, aproximadamente el 13,5% de la población mundial. En 2030, una de cada seis personas tendrá 60 años o más (14,15).

Considerando que Oxford English Dictionary define al envejecimiento como “el conjunto de modificaciones morfológicas y fisiológicas que aparecen como consecuencia de la acción del tiempo sobre los seres vivos, que supone una disminución de la capacidad de adaptación en cada uno de los órganos, aparatos y sistemas, así como de la capacidad de respuesta a los agentes lesivos que inciden en el individuo” (16), se entiende como un proceso continuo e irreversible, dinámico, multifactorial e inherente a todos los seres humanos, que forma parte de la experiencia humana, pero subjetivo de cada ser humano, por lo que cada una de las personas, va a envejecer de maneras muy distintas dentro de un proceso compartido y dinámico (14,17,18).

#### **III. b. Cambios fisiológicos relacionados con la edad**

El aumento en la longevidad lleva consigo aparejados una serie de cambios trascendentales en diversas esferas de la vida, que van desde aspectos bioquímicos y fisiológicos hasta aspectos sociales, psicológicos y funcionales. En este contexto, resulta fundamental analizar en detalle las alteraciones que acompañan al proceso de envejecimiento, particularmente aquellas que afectan tanto al sistema musculoesquelético como a las facultades cognitivas. (14,18–20).

	<b>CAMBIOS MORFOLÓGICOS</b>	<b>CAMBIOS FUNCIONALES</b>
<b>Cardiovasculares</b>	Aumento de matriz colágena en túnica media Pérdida de fibras elastina Hipertrofia cardíaca: Engrosamiento septum Disminución cardiomiocitos y Aumento matriz extracelular	Rigidez vascular y cardíaca Mayor disfunción endotelial Volumen expulsivo conservado Mayor riesgo de arritmias
<b>Renal</b>	Adelgazamiento corteza renal Esclerosis arterias glomerulares Engrosamiento membrana basal glomerular	Menor capacidad para concentrar orina Menores niveles renina y aldosterona Menor hidroxilación vitamina D
<b>Nervioso Central</b>	Menor masa cerebral Aumento líquido cefalorraquídeo Mínima pérdida neuronal, focalizada Cambios no generalizados de arborización neuronal	Menor focalización actividad neuronal Menor velocidad procesamiento Disminución memoria de trabajo Menor destreza motora
<b>Muscular</b>	Pérdida de masa muscular Infiltración grasa	Disminución fuerza Caídas Fragilidad
<b>Metabolismo</b>	Aumento de grasa visceral Infiltración grasa de tejidos Menor masa de células beta	Mayor Producción adipokinas y factores inflamatorios Mayor resistencia insulínica y diabetes

Tabla 1. Principales cambios asociados al envejecimiento (20)

En cuanto a los efectos sobre el sistema músculo esquelético, la pérdida de masa muscular relacionada con la edad se define como sarcopenia (sarco: músculo, penia: pérdida o disminución). La prevalencia de sarcopenia en el mundo varía entre el 3 y el 30% en ancianos comunitarios, pero ese porcentaje puede aumentar a más del 50% en los ancianos con edad superior a 80 años (17,21,22).

El descenso de la fuerza muscular en el adulto mayor es el resultado de diversos factores interrelacionados a lo largo de la vida; producto del envejecimiento y de una compleja interacción entre el entorno biológico y social de cada individuo. Estos factores se ven agravados por una serie de elementos como una alimentación subóptima, el reposo en cama o sedentarismo, enfermedades crónicas y ciertos tratamientos farmacológicos. Además, contribuyen al deterioro muscular el incremento de estrés oxidativo, la mala regulación de las citoquinas catabólicas, las alteraciones del acoplamiento excitación/contracción y de la homeostasis del calcio. La disminución en la producción de hormonas como el cortisol, estrógenos y andrógenos, así como el inadecuado consumo de proteínas y la reducción de la actividad física, también desempeñan un papel crucial en este proceso (17,21–26).

El diagnóstico de sarcopenia debe considerar tres aspectos principales: la fuerza muscular, la masa o calidad muscular y la función del paciente. Para evaluar la masa muscular, se pueden utilizar técnicas como la Absorciometría Radiológica de Doble Energía (DEXA), el Análisis de Bioimpedancia (ABI) y la Antropometría. La fuerza muscular puede medirse mediante pruebas funcionales como la prueba de levantarse de la silla en 30 segundos (30s-STST) o utilizando un dinamómetro digital para evaluar la fuerza de prensión. En cuanto a la función física, además de la prueba de levantarse y andar (TUG), se pueden realizar pruebas como el Test de Marcha en 6 Minutos, pruebas de velocidad de marcha de 4 metros y la Batería de Rendimiento Físico Breve (SPPB) (Imagen 2). Además, para evaluar la función en el anciano, se utilizan escalas como el Índice de Katz, el Índice de Barthel, el cuestionario IPAQ-E (Anexo 3) o la escala de la Cruz Roja. Para la determinación precoz o screening de la sarcopenia, el cuestionario SARC- F (Anexo 4) (21,27–37).

A medida que la persona envejece todos los sistemas fisiológicos decaen, y en consecuencia recae en una discapacidad funcional del individuo. Las principales consecuencias de la sarcopenia se asocian al decaimiento general del individuo, pero principalmente a la imposibilidad de valerse por sí mismo. La relación entre la masa muscular y la funcionalidad en personas mayores puede influir en la salud, tanto positiva como negativamente. Mantener una buena condición física mejora la calidad de vida y el rendimiento físico, mientras que el debilitamiento, ya sea por enfermedad o sarcopenia, dificulta las actividades diarias y aumenta el riesgo de discapacidad y dependencia, también siendo un precursor del síndrome de fragilidad. Esto los predispone a caídas, hospitalización, institucionalización, mortalidad, deterioro cognitivo. Se identifica por los siguientes elementos: pérdida de peso sin intención, debilidad, marcha lenta, baja actividad física y agotamiento (22,25).

La fragilidad física se define como una síndrome geriátrico multifactorial, consecuencia de deterioros relacionados con la edad, disminución de la reserva homeostática y de la capacidad del organismo de soportar el estrés, caracterizado por disminución de fuerza, resistencia y reducción de funciones fisiológicas que aumentan la vulnerabilidad del individuo para el desarrollo, y una mayor dependencia y aumento de la mortalidad (21,38,39).

Se identifica por múltiples disfunciones a diferentes niveles (músculo-esquelético, neuroendocrino, hematológico, inmunológico, cardiovascular) La fragilidad se puede diagnosticar con el aumento de biomarcadores inflamatorios, como la proteína C-reactiva (PCR), interleucina-6 (IL-6) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), ya que se denota como un estadio de inflamación crónica o de forma meramente clínica incluyendo tres de los siguientes cinco componentes: (21,39–42).

- Pérdida de peso involuntaria (mayor a 5kg en un año)
- Agotamiento (autoinformada)
- Debilidad (fuerza de agarre menor al 20%)
- Velocidad lenta de la marcha (un 20% menor en 5 metros)
- Baja actividad física (kcal/semana; 20% más bajo)

La fragilidad como síndrome trae aparejado una mayor riesgo de caídas, dependencia, morbilidad y mortalidad. En adultos mayores institucionalizados, el síndrome de fragilidad, con su consecuente disminución de la función física, los hace totalmente dependientes para las transferencias y la marcha (43,44).

Por último, las caídas en los adultos mayores no son solo eventos aislados, sino que representan una componente fundamental para la morbimortalidad de los mismos. Los factores de riesgo intrínsecos, como el deterioro físico y las enfermedades crónicas, junto con los factores extrínsecos del entorno, aumentan la probabilidad de estas caídas. Sin embargo, lo que es aún más preocupante es el impacto devastador que pueden tener en la vida de estas personas. (28,45,46). No se trata solo de las lesiones físicas, como fracturas o incapacidad funcional, sino también de consecuencias psicosociales y de salud pública que pueden surgir. Las caídas a menudo desencadenan un ciclo de hospitalizaciones prolongadas, que no solo comprometen la autonomía del individuo, sino que también aumentan significativamente el riesgo de mortalidad. Se estima que entre un 10 y 25% de las caídas en adultos mayores resultan en fracturas, y estas pueden ser el punto de partida de un declive rápido en la salud que culmina en hospitalización y, en casos extremos, incluso en la muerte. Por lo tanto, la prevención de las caídas no es simplemente una cuestión de comodidad, sino una necesidad imperativa para preservar la calidad de vida y la supervivencia de los adultos mayores. Es fundamental abordar este problema de manera proactiva, implementando estrategias efectivas tanto a nivel individual como comunitario, con el objetivo de reducir o evitar, no solo las lesiones físicas, sino también las consecuencias graves que pueden surgir a raíz de las caídas en este segmento de la población (44,46–48).

### III. a. 1. Marcha en el adulto mayor

La marcha, como actividad funcional, demanda complejas interacciones y una precisa coordinación entre la mayoría de las articulaciones principales del cuerpo, especialmente las de las extremidades inferiores (10,49).

Para medir la marcha y analizar la zancada, se pueden emplear métodos como la cinemática, el análisis de la placa de fuerzas y presión del pie, así como análisis electromiográficos (EMG). Para objetivar la zancada, se pueden utilizar herramientas simples como un cronómetro o dispositivos electromecánicos como interruptores sensibles a la presión ubicados en los zapatos o la planta del pie. En cuanto al análisis cinemático angular, se recurre a técnicas electrogoniométricas, acelerométricas y optoelectrónicas, que se adhieren directamente a los segmentos del cuerpo o a las articulaciones de interés para medir el desplazamiento angular y la aceleración, permitiendo determinar velocidades y desplazamientos, un ejemplo de los anteriormente descritos es el sistema LEGSys (Imagen 1) (10,50).



Imagen 1. Colocación del Sistema LEGSys

Los sensores LEGSys consisten en un sistema portátil inalámbrico basado en sensores de medición inercial de 9 grados de libertad, diseñado para proporcionar una alternativa de bajo costo, precisa y fácil de usar a las herramientas tradicionales de análisis de la marcha. LEGSys está concebido para medir los parámetros espacio-temporales de la marcha basados en el movimiento de las extremidades inferiores durante la locomoción. (50,51).

Como se mencionó anteriormente, en el envejecimiento se ve disminuida la velocidad de marcha siendo este un componente clínico de fragilidad, así como también ser un indicador de mortalidad (40,41,52-54). Con la edad, no solo se ve modificada la velocidad de marcha, sino también la cadencia, el largo y ancho de la zancada con un mayor tiempo de apoyo. Un tiempo mayor a 1 m/s se considera

anormal, y los cambios esperables estiman un descenso de 1% por año a partir de los 60 años. Una velocidad menor a 0,8 m/s se asocia con una dificultad para la deambulaci3n comunitaria, mientras que una velocidad de marcha igual o m1s lenta que 0,4 m/s identifica a las personas con una incapacidad para cumplir con actividades de la vida diaria (49,53,55,56).

### **III. a. 2. Funci3n en el adulto mayor**

Se entiende como funci3n, la capacidad de ejecutar las actividades de la vida diaria (AVD) de manera aut3noma. El deterioro funcional es predictor de mala evoluci3n cl3nica y de mortalidad en pacientes mayores, independientemente de su diagn3stico (29,57). En personas mayores, la funci3n f3sica alterada, impacta negativamente en la salud, calidad de vida y el bienestar (57).

En la evaluaci3n de la funcionalidad de los adultos mayores, se emplean diversas herramientas, entre las que se destacan los cuestionarios autoadministrados como el 3ndice de Katz, el 3ndice de Barthel y el 3ndice de Discapacidad de Maryland, as3 como las pruebas funcionales como el Tug Test y la prueba de marcha de 6 minutos (28,29,31,58,59). Una alternativa efectiva y eficiente para validar el estado funcional es la SPPB (21,30,60–63), que consiste en tres pruebas cronometradas: el test de equilibrio (realizado con los pies juntos, semi-t1ndem y en t1ndem), el test de velocidad de marcha (una marcha de 4 metros) y el test de levantarse de la silla (realizando 5 repeticiones de levantarse y sentarse) (64).

Se clasifica en una puntuaci3n de 0 a 4 puntos, lo que otorga una puntuaci3n total de 12 puntos como m1ximo y 0 puntos como m3nimo. Puntuaciones m1s altas indican un nivel funcional m1s elevado, mientras que puntuaciones bajas est1n asociadas con un mayor riesgo de ca3das, p3rdida de independencia funcional en las actividades diarias y un aumento del riesgo de hospitalizaci3n. Adem1s, se considera que un cambio de 1 punto en el SPPB tiene un impacto significativo en la vida diaria de los adultos mayores, repercutiendo de manera positiva en su funcionalidad.

Esta prueba ha demostrado capacidad para predecir eventos adversos, discapacidad, dependencia, institucionalizaci3n y mortalidad, demostrada en diferentes poblaciones, ajustada por edad, sexo y comorbilidad (30,61,62,65–68). Los puntajes SPPB  $\leq 9$  indican deterioro de la movilidad. El SPPB puede usarse para identificar a las personas mayores con limitaciones de movilidad que probablemente se beneficien de los programas de ejercicio f3sico de intensidad moderada (64).

### **III. c. Rol del Tríceps sural en la marcha y la función**

El conjunto de músculos y tendones conocido como el complejo gastrosoleo (CGS), compuesto por los gastrocnemio, el sóleo y el tendón de aquiles, es fundamental en la pierna por su potencia y funciones. Los músculos gastrocnemios son activos durante la marcha, el salto y la carrera, y están compuestos predominantemente de fibras musculares tipo II. El músculo sóleo actúa como estabilizador de pie y rodilla durante la bipedestación y posee primariamente fibras musculares tipo I (9,69,70).

Su posición estratégica en relación con las articulaciones del tobillo y subastragalina le permite desempeñar diversas tareas importantes. Por ejemplo, la tracción ejercida por el tendón en la parte posterior del calcáneo genera un movimiento de flexión hacia abajo en el tobillo, lo que permite al CGS frenar la elevación del pie hacia arriba. (69)

La eficacia funcional del CGS está intrínsecamente vinculada al grado de flexión de la articulación de la rodilla. En condiciones de extensión completa de la rodilla, los gastrocnemios se hallan en un estado elongado óptimo que les permite desplegar su máxima capacidad de generación de fuerza. No obstante, durante la flexión de la rodilla, los gemelos experimentan una elongación total, lo cual reduce su eficacia funcional, dando lugar a la activación predominante del músculo sóleo. Aunque el sóleo interviene en dichas circunstancias, su potencia aislada podría resultar insuficiente para sustentar actividades como la marcha, la carrera o el salto, dado que estas actividades conllevan intrínsecamente la extensión de la rodilla (10,70).

Cuando el tobillo se mueve en un único plano, todos los músculos que controlan el movimiento funcionan como dorsiflexores o como plantiflexores. La fuerza de la musculatura del CGS es un parámetro relacionado con la función de la extremidad inferior, ya que es responsable casi por completo de la flexión plantar. (70,71).

Durante el ciclo de marcha normal, desde el momento en que el talón toca el suelo hasta que el pie está en posición intermedia, el CSG permanece inactivo, lo que facilita la eversión de la articulación subastragalina. A medida que el talón va hacia el valgo, la articulación trasera del tarso se coloca en una posición donde se bloquea, permitiendo que el pie absorba el impacto al caer durante la fase intermedia del apoyo. Antes de que el talón se despegue del suelo, el pie necesita volverse rígido, lo que se logra mediante la acción de un músculo llamado tibial posterior, que bloquea el medio del pie. Durante este proceso, la parte del gastrocnemio experimenta un mayor grado

de flexión que el músculo sóleo.(71).

En conclusión, el CGS, durante la marcha, se activa tanto de forma concéntrica como excéntrica. En el primer caso, produce una plantiflexión de tobillo que eleva el retropié para así despegarlo del suelo en la fase de pre-balanceo o impulso del ciclo de marcha. En contraparte, durante la fase de amortiguación de la marcha, para soportar el peso del cuerpo, el músculo tríceps sural realiza una contracción excéntrica, resistiendo la caída del retropié hacia el suelo y amortiguar el impacto de la carga sobre las articulaciones y estructuras musculoesqueléticas (9–11).

### **III. d. Electroestimulación**

Una corriente eléctrica es un flujo de partículas cargadas. Las partículas cargadas pueden ser electrones o iones. Actualmente, la estimulación eléctrica tiene un amplio abanico de aplicaciones clínicas en rehabilitación, como la producción de contracciones musculares, el control del dolor agudo, crónico y postoperatorio y la promoción de la cicatrización tisular (12). Las contracciones musculares generadas eléctricamente pueden aplicarse para fortalecer y reeducar a los músculos, para evitar la atrofia, la formación de trombosis venosa profunda (TVP) y el desarrollo de úlceras de presión en pacientes con lesiones medulares, así como para disminuir los espasmos musculares. Las ondas de las corrientes eléctricas pueden ser de tres tipos: corriente directa (CD), corriente alterna (CA) y corriente pulsada (CP) (13).

Dentro de las CP, la electroestimulación neuromuscular (NMES) es una herramienta terapéutica utilizada con el fin de generar contracciones musculares superficiales a través de la aplicación de electrodos ubicados en la proximidad de los puntos motores musculares. Constituye un dispositivo válido para la rehabilitación con el fin de preservar o recuperar la masa muscular y su función (72).

La NMES puede emplearse para la preservación o recuperación de la masa y función muscular durante períodos prolongados de desuso o inmovilización, para la mejora de la función muscular en diferentes poblaciones sanas, como adultos mayores, adultos jóvenes, atletas recreativos y competitivos, y también como modalidad de fortalecimiento preoperatorio (72).

La NMES se puede utilizar tanto de manera sola o en superposición con la activación voluntaria, potenciando aún más los efectos de la misma (73–75). Como terapia, NMES mejora la activación muscular voluntaria y la fuerza muscular, además de mejorar la capacidad regenerativa del músculo esquelético (73,76–78)



Al momento de implantar un dispositivo de electroestimulación neuromuscular, se presentan numerosos ajustes de corriente que inciden en la contracción del músculo y la sensación del paciente. Para inducir una contracción muscular óptima, se aconseja utilizar pulsos bipolares de forma cuadrada o rectangular, con una duración de pulso entre 200  $\mu$ s y 400  $\mu$ s. La frecuencia recomendada oscila entre 25 y 2500 Hz, dependiendo de los objetivos terapéuticos, así como el tiempo de contracción, que varía entre 3 y 60 segundos. La intensidad debe ser la máxima tolerada para obtener mejores resultados, siempre y cuando sea indolora, mientras que la contracción muscular puede ser isométrica en un ángulo específico o isotónica. Además, se puede añadir una contracción muscular voluntaria durante la aplicación de corriente, aumentando así las posibilidades y diferencias en el entrenamiento con electroestimulación neuromuscular (NMES) (13,72)

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Al incrementarse la esperanza de vida poco a poco, la fragilidad de los adultos mayores y la dependencia de los mismos con el entorno también crece, lo que implica una problemática para el área de la salud. Tanto la marcha como la capacidad funcional son esenciales para disminuir las consecuencias que el envejecimiento trae aparejado, como la sarcopenia, la fragilidad, el riesgo de caídas, fracturas y la muerte .

La electroestimulación con corrientes pulsadas ha surgido en los últimos años como una estrategia terapéutica para mejorar la función muscular en todo tipo de población, incluyendo los adultos mayores. Sin embargo, el estudio de la electroestimulación neuromuscular (NMES) para mejorar la función y marcha de los adultos mayores es escaso, agregando una reducción aún mayor del estudio de la terapia NMES en el Tríceps Sural, situación peculiar teniendo en cuenta la importancia que presenta este músculo en la locomoción y la capacidad funcional del ser humano.

Este estudio puede fomentar la utilización de NMES para el tratamiento de la población adulta mayor para enlentecer los efectos del envejecimiento, a través de una objetiva evaluación longitudinal de las variables expuestas anteriormente.

## V. MÉTODOS

### V. a. Revisión bibliográfica.

Se realizó una revisión de la biografía, en la cual se incorporaron los artículos publicados entre los años 2014 y 2024, en las bases de datos de PubMed, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y la Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT.

La estrategia de búsqueda utilizada, será expuesta en las siguientes tablas, palabras clave y combinaciones de los anteriores términos.

#### V. a. 1. Presentación de palabras claves.

	PALABRAS CLAVE	TÉRMINO LIBRE	TÉRMINO MeSH	TÉRMINO DeCS
#1	Adulto mayor	Ancianos	Aged	Anciano
#2	Electroestimulación Neuromuscular	NMES	Electric Stimulation Therapy	Terapia por Estimulación Eléctrica
#3	Marcha		Gait	Marcha
#4	Tríceps Sural	Músculo Gastrocnemio Músculo Sóleo	Muscle Skeletal	Músculo Esquelético
#5	Estado Funcional	Independencia Funcional	Functional Status	Estado Funcional

#### V. a. 2. Combinaciones de los términos.

	COMBINACIONES	CANTIDAD DE ARTÍCULOS
#6	#1 AND #2	461
#7	#1 AND #3	12375
#8	#1 AND #5	74825
#9	#3 AND #4	623
#10	#1 AND #2 AND #3	28
#11	#1 AND #2 AND #5	24
#12	#2 AND #3 AND #4	7
#13	#2 AND #4 AND #5	3

## **V. b. Trabajo de campo**

Se realizó un estudio de asociación con un diseño observacional, transversal y prospectivo.

### **V. b. 1. Criterios de selección de los sujetos**

Los datos se extrajeron del proyecto de investigación “Efecto de un protocolo de electroestimulación neuromuscular sobre el tríceps sural en adultos mayores”. Resolución rectoral N° 224/2013 UGR. Este se desarrolló en el marco del Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI). Se incluyeron aquellas personas que sean residentes en la ciudad de Rosario, Santa Fe, durante el periodo de noviembre-mayo del año 2023/24.

#### **V. b. 1. a. Criterios de inclusión**

Se incluyeron adultos mayores a partir de 60 años en adelante de ambos sexos.

#### **V. b. 1. b. Criterios de exclusión**

Se excluyeron del estudio aquellos individuos con antecedentes quirúrgicos de las extremidades inferiores, enfermedades neurológicas, enfermedades metabólicas, cardíacas o respiratorias activas o no controladas, artritis u osteoartritis sintomática de miembros inferiores, deseos significativos de los miembros inferiores, pérdida de peso significativa reciente y la no aceptación de firmar el consentimiento informado.

### **V. b. 2. Procedimientos de evaluación**

Todos los individuos de la muestra fueron evaluados en dos ocasiones, separadas por un período de 6 semanas. Las instancias de evaluación y tratamiento se desarrollaron a lo largo de 4 etapas:

Etapa 1: La primera fase corresponde a la evaluación inicial (T1) y se llevó a cabo en el transcurso del primer día. En esta etapa, participó el kinesiólogo 1 o 2 (Kin1), quién fue responsable de determinar la inclusión o exclusión del paciente mediante la elaboración de una historia clínica exhaustiva (Anexo 1). Por otra parte, para participar los pacientes debieron leer y firmar el consentimiento informado (Anexo 2). Además, Kin1 realizó la evaluación de los parámetros iniciales utilizando diversas herramientas. Se emplearon escalas para evaluar el nivel de actividad física (mediante el cuestionario IPAQ-E) (Anexo 3) y la presencia de sarcopenia (utilizando el cuestionario SARC-F) (Anexo 4). Asimismo, se midió la fuerza de handgrip mediante un

dinamómetro, y la fuerza de los flexores plantares del tobillo se evaluó utilizando la plataforma Wii. Para evaluar la función física, se empleó el SPPB como instrumento de medición (Imagen 2). La plataforma de fuerza Balance Tracking System (BTrackS) se utilizó para evaluar la estabilidad. Por último, el análisis de la marcha se llevó a cabo utilizando sensores inerciales LEGSys. Los parámetros fueron definidos en las siguientes tablas. (Tablas 2-3)

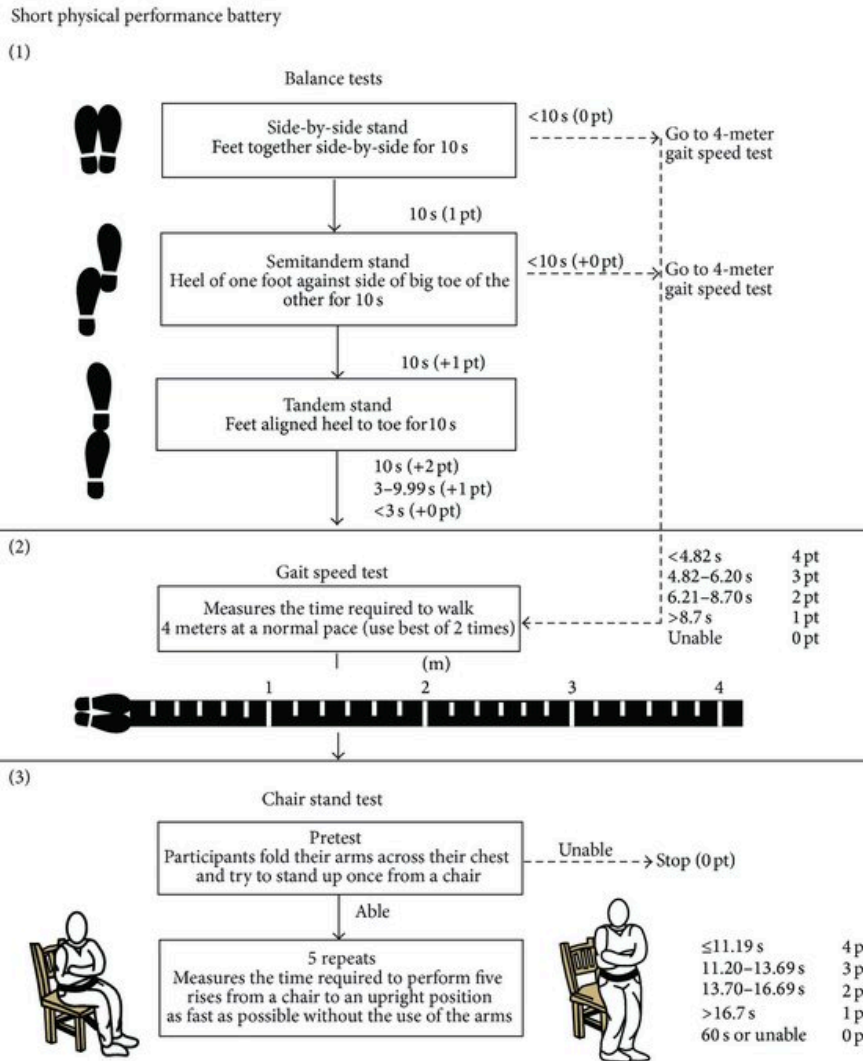


Imagen 2. Batería corta de desempeño físico.

PARÁMETROS BILATERALES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN
Longitud de paso	metros	Distancia desde el primer punto de contacto con el suelo del talón derecho hasta el siguiente punto de contacto con el suelo del talón derecho en metros.
Longitud de paso	porcentaje con respecto a la altura	Longitud de zancada reportada como porcentaje de la altura.
Tiempo de paso	segundos	Tiempo entre golpes del talón derecho en segundos
Velocidad de paso	metros/segundos	La velocidad al caminar es calculada dividiendo la longitud de la zancada por el tiempo de zancada.
Velocidad de paso	altura/segundos	La velocidad de zancada informada como porcentaje de la altura
Cadencia	pasos/minuto	El número de pasos dados por minuto
Velocidad neta	metros/segundo	La velocidad promedio de caminata calculada como la distancia total de caminata dividida por el tiempo total de caminata

Tabla 2. Parámetros bilaterales

PARÁMETROS UNILATERALES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN
Balanceo	porcentaje	El porcentaje del ciclo de la marcha cuando el pie no está en contacto con el suelo.
Apoyo unipodal	porcentaje	El porcentaje del ciclo de la marcha cuando el pie está en contacto con el suelo.
Apoyo bipodal	porcentaje	El porcentaje del ciclo de la marcha cuando ambos pies están en el suelo. El doble apoyo derecho (o doble apoyo inicial) es el período del ciclo de la marcha desde el apoyo del talón derecho hasta el dedo del pie izquierdo (pie derecho adelantado) y viceversa.

Tabla 3. Parámetros unilaterales, serán reportados tanto del miembro inferior derecho como del izquierdo

Etapa 2: La segunda instancia consistió en la familiarización del paciente a la EE; siempre se colocaron un electrodo proximal sobre los gastrocnemios lateral y medial, que se ubicó en el punto motor del vientre muscular; y un electrodo distal, situado 4 traveses de dedo del proximal y al menos a 10 cm del calcáneo (imagen 3). El procedimiento de familiarización se llevó a cabo en 3 tiempos. Tiempo 1, en el primer encuentro, posterior a la confección de la historia clínica, se procedió a aplicar al individuo una corriente eléctrica mínima que genere un umbral sensitivo. Tiempo 2, un día posterior al primer encuentro, se llevó a cabo el segundo paso de la familiarización que consistió en aumentar la intensidad de la estimulación, al punto de generar una contracción muscular visible o palpable. Tiempo 3, en el día 3, se le aplicó al individuo una corriente eléctrica de intensidad mayor a la del tiempo 2, con el objetivo de generar el movimiento funcional que se realizó durante el protocolo de EE.



Imagen 3. Colocación de los electrodos

Etapa 3: Corresponde a la instancia terapéutica, la misma fue llevada a cabo por el Kin 1 o 2. En esta etapa los individuos asistieron al Centro Médico Ortoprotédico y Kinésico (CEMOK), con una frecuencia de 2 veces/semana para recibir EE sobre el tríceps sural durante 6 semanas. Dicho protocolo tuvo una duración de 20 minutos por sesión. La colocación de los electrodos es la anteriormente mencionada en la etapa 2, y los parámetros a utilizar fueron los siguientes: una frecuencia de estimulación de 35Hz, un ancho de pulso de 300 $\mu$ s, la intensidad se determinó individualmente utilizando una intensidad que genere una contracción visible de máxima intensidad sin generar dolor. La duración de la contracción fue de 3 segundos, teniendo una rampa de subida y descenso de 2 segundos con 20 segundos de descanso, por lo que dio una relación ON:OFF de 1:2,85. Durante las 6 semanas correspondientes al protocolo,

el participante realizó la progresión que se muestra en las siguientes imágenes, las primeras dos etapas se realizaron en dos semanas y las últimas dos etapas se realizaron únicamente una semana.



Imágenes 4, 5, 6 y 7. Progresión del protocolo. Imagen 4: Sedestación. Imagen 5: Bipedestación. Imagen 6: Bipedestación en posición de paso. Imagen 7: Bipedestación con apoyo sobre step.



Etapa 4: Corresponde a la instancia de reevaluación (T2), que tuvo lugar inmediatamente después de la intervención del programa. El kin 1 o 2 repitió los respectivos procedimientos de evaluación empleados en la etapa 1.

## VI. RESULTADOS

### VI. a. Resultados de la revisión

88346 registros fueron identificados inicialmente en la base de datos, de los cuales 10 fueron finalmente incluidos luego del proceso de cribado. (Figura 1). En la tabla 4 se describe un breve resumen de los artículos seleccionados.

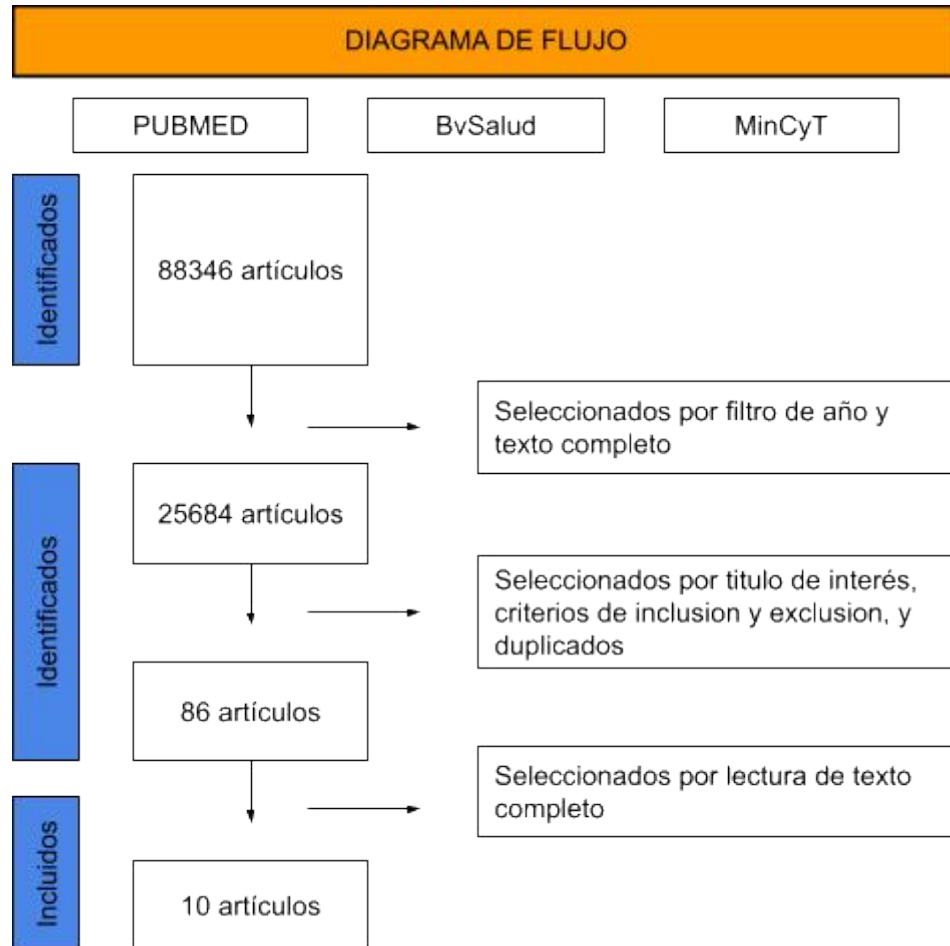


Figura 1. Diagrama de flujo

ARTICULO (Título; Autor; Año)	MUESTRA (n; $\bar{x}$ de edad; DE)	NMES (músculo estimulado; Frecuencia; Ancho de pulso; Intensidad; Veces por semana/Cantidad de semanas; Duracion de sesion)	VARIABLES (Metodo de evaluacion)
<p><b>“Ankle dorsiflexors and plantarflexors neuromuscular electrical stimulation training impacts gait kinematics in older adults: A pilot study”</b> Langeard; 2021(79)</p>	14; 73.6 ± 4.9	Tibial Anterior - Gastrocnemios; 50 a 70 Hz; 400 $\mu$ s; -; 3v/12s; 60 min	Marcha: VICON ® system
<p><b>“Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors”</b> Kern; 2014(80)</p>	16; 73.1 ± 6.9	Cuadriceps; 60 Hz; 600 $\mu$ s; Máxima tolerada; 3v/9s; 10 min	Marcha: 10MGT Función: TUGTest - SPPB
<p><b>“A New Training for Older Adults Using Combined Neuromuscular Electrical Stimulation and Volitional Contraction: A Pilot Study”</b> Takano; 2016(81)</p>	16; 71.8 ± 3.9	Cuadriceps; 40 Hz; 200 $\mu$ s; 80% de la MVC; 3v/12s; 25 min	Marcha: 10MGT Función: TUGTest - OLT
<p><b>“Neuromuscular electrical stimulation improves skeletal muscle regeneration through satellite cell fusion with myofibers in healthy elderly subjects”</b> Di Filippo; 2017(76)</p>	12; 69.5 ± 1.6	Cuadriceps; 75 Hz; 400 $\mu$ s; Máxima tolerada; 3v/8s; 18 min	Función: TUGTest - 5 STS
<p><b>“Effects of neuromuscular electrical stimulation of quadriceps on the quadriceps strength and functional performance in nursing home residents: A comparison of short and long stimulation periods”</b> Acaröz Candan; 2019(82)</p>	44; 75.45 ± 9.49	<p><u>SNMES</u>: Cuádriceps; 100 Hz; 400 <math>\mu</math>s; capaz de lograr la contracción muscular; 3v/6s; 20 min (4 series de 5 min).  <u>LNMES</u>: Cuádriceps; 100 Hz; 400 <math>\mu</math>s; capaz de lograr la contracción muscular; 3v/6s; 20 min (2 series de 10 min).</p>	Marcha: 6MWT Función: TUGTest

<b>“The effects of exercise and neuromuscular electrical stimulation in subjects with knee osteoarthritis: a 3-month follow-up study” Lauer; 2014(83)</b>	25; 68.3 ± 7.7	Cuadriceps; x; 100 µs; Máxima tolerada; 2v/12s;	Marcha: 10MGT Función: TUGTest - SCT
<b>“Trunk Muscle Training Augmented with Neuromuscular Electrical Stimulation Appears to Improve Function in Older Adults with Chronic Low Back Pain: A Randomized Preliminary Trial” Hicks; 2016(84)</b>	31; 70.7 ± 6.8	Paraespinales; 50 Hz; x; Máxima tolerada; 2v/12s; 15 min	Marcha: The GaitMat II™ system Función: TUGTest
<b>“Functional, physiological and subjective responses to concurrent neuromuscular electrical stimulation (NMES) exercise in adult cancer survivors: a controlled prospective study” O’Connor; 2020(85)</b>	14; 62 ± 10	Cuádriceps - Isquiosurales; 4 Hz; 620 µs; aumentaba cada 3 minutos desde 14 mA hasta la máxima tolerada; 2v/4s; 15 min	Marcha: 6MWT Función: TUGTest - 30s STS
<b>“The effect of neuromuscular electrical stimulation on functional status and quality of life after knee arthroplasty: a randomized controlled study” Demircioglu; 2015(86)</b>	30; 66.2 ± 7.2	Vasto medial; 100 Hz; 400 µs; 28 mA - 90 mA; 5v/6s; 30 min	Función: TUGTest
<b>“The Effect of Adding Neuromuscular Electrical Stimulation with Endurance and Resistance Training on Exercise Capacity and Balance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial” Acheche; 2020(87)</b>	22; 63 ± 4	Cuádriceps - Isquiosurales - CGS; 50 Hz; 400 µs; 15 - 20 mA; 3v/24s;	Marcha: 6MWT Función: TUGTest

Tabla 4. Bibliografía analizada. Abreviaciones: 10MGT: Prueba de marcha de 10 metros. TUGTest: Prueba de levantarse y andar. SPPB: Batería corta de desempeño físico. MVC: Máxima Contracción Voluntaria. OLT: prueba de postura con una sola pierna. 5 STS: Prueba de sentarse y pararse cinco veces. SCT: Prueba de subir escaleras. 6MWT: Test de marcha de 6 minutos. 30s STS: Prueba de levantarse y sentarse por 30 segundos. CGS: Complejo Gastosoleo

La velocidad de marcha tuvo un incremento en los artículos de Kern y cols.(80), Laufer y cols.(83), Hicks y cols.(84), O'Connor y cols.(85), Acaröz Candan y cols.(82); y Acheche y cols.(87), siendo la velocidad un predictor de salud, fragilidad y riesgo de caídas en adultos mayores. Por un lado, Kern y cols.(80) registró un aumento de un 5.3% en el 10MGT, O'Connor y cols.(85) de 44.3 m en el 6MWT; y Acaröz Candan y cols.(82) mostró una mejora de un 9.14% en el grupo SNMES versus 13.2% en el grupo LNMES utilizando el 6MWT. En cambio esta variable, se mantuvo sin cambios en el estudio realizado por Langeard y cols.(79), junto con la longitud de paso, la variabilidad de la marcha y el tiempo de paso, que también se mantuvieron sin cambios. Takano y cols.(81), por su lado, encontraron una disminución de la velocidad que no fue estadísticamente significativa, aumentando 2 milésimas de segundo post-tratamiento.

En cuanto a la función, se encontró un aumento estadísticamente significativo en el estudio realizado por Kern y cols.(80) con un incremento del 16.4% en el TUGTest y un 11.2% en el SPPB. Por otro lado, Takano y cols.(81) registró una disminución de 1.14 sec en el TUGTest, arrojando resultados similares a Di Filippo y cols.(76), Hicks y cols.(84), O'Connor y cols.(85), Demircioglu y cols., Acaröz Candan y cols.(82); y Acheche y cols.(87), resultando como una ganancia en la movilidad en adultos mayores. Por el contrario, Laufer y cols.(83) obtuvieron un aumento estadísticamente significativo en el tiempo necesario para realizar el TUGTest.

## VI. b. Resultados del estudio

Un total de 3 adultos mayores fueron incluidos para el estudio. Las características de la población se muestran en la Tabla 5.

VARIABLE	RESULTADOS		
	PARTICIPANTE 1	PARTICIPANTE 2	PARTICIPANTE 3
Sexo	femenino	femenino	masculino
Edad (años)	71	67	82
Peso (Kg)	77	74	66
Altura (cm)	165	156	153
IMC (Kg/m <sup>2</sup> .)	28.28	30.41	28.19
Caídas en el último año (n°)	2	1	0
Ayuda marcha (SI/NO)	NO	NO	SI
Fuerza de prensión miembro dominante (Kg)	17.66	20.33	12
Fuerza de prensión miembro no dominante (Kg)	20	15.66	19.66
TUGTest (seg)	7.5	7.85	11.43

Tabla 5. Características de la población. Abreviaciones. IMC: Índice de masa corporal.

	VARIABLE	PARTICIPANTE 1		PARTICIPANTE 2		PARTICIPANTE 3	
		PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
SPPB	BALANCE	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
	5 STS	12" 31	9" 59	11" 20	11" 30	19" 60	20" 19
	Vel. Marcha	2" 45	4" 36	3" 48	3" 13	6" 61	4" 46
	Resultados	12	12	11	11	6	8

Tabla 6. Resultados Batería de desempeño físico (SPPB). Cada cruz representa una prueba de balance superada (side-by-side stand; semi-tandem stand; tandem stand). Abreviaciones. 5TSST: Prueba de sentarse y pararse cinco veces.

## SPPB

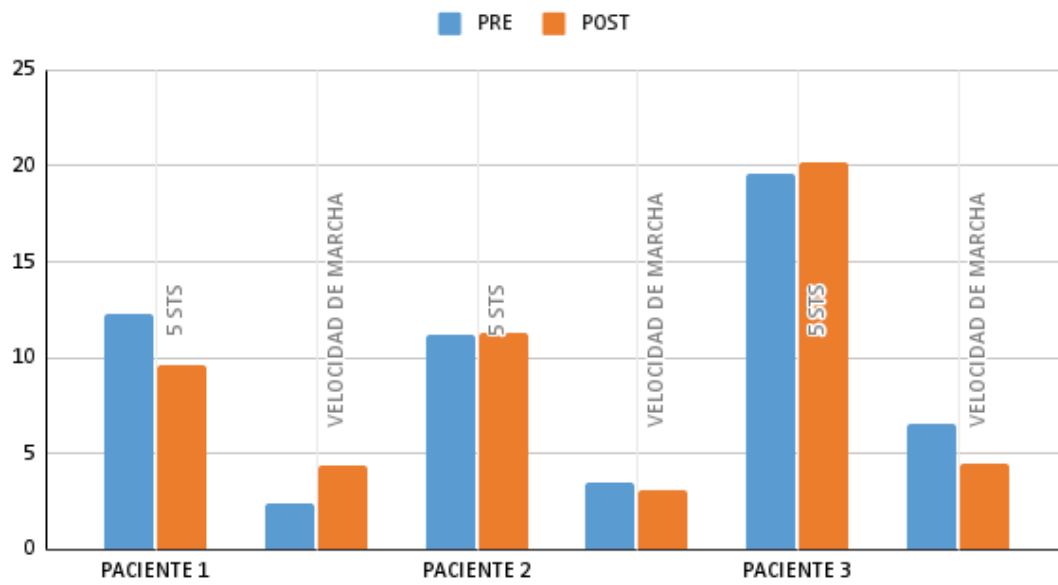


Figura 2. Evolución individual de los resultados de la batería SPPB pre y post intervención.

	VARIABLE	PARTICIPANTE 1		PARTICIPANTE 2		PARTICIPANTE 3	
		PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
<b>MARCHA</b>	Longitud de paso (m)	1.11	1.28	1.2	1.26	0.88	0.92
	Longitud de paso (%h)	68.21	78.69	77.84	81.11	57.71	60.64
	Tiempo de paso (s)	1.07	0.93	0.98	1.02	1.23	1.18
	Velocidad de paso (m/s)	1.18	1.38	1.23	1.25	0.72	0.78
	Velocidad de paso (height/s)	0.73	0.85	0.79	0.81	0.47	0.51
	Cadencia (Steps/min)	122.97	129.25	123.01	118.65	98.09	101.59
	Velocidad neta (m/s)	1.04	1.38	1.23	1.23	0.72	0.78
	Balanceo MID (%)	41.11	42.16	40.18	39.41	41.05	40.34
	Apoyo MID (%)	58.89	57.84	59.82	60.59	58.95	59.76
	Apoyo bipodal MID (%)	7.18	8.15	6.76	9.79	12.73	12.26
	Balanceo MII (%)	44.29	42.93	43.25	40	38.49	37.24
	Apoyo MII (%)	55.71	57.07	56.75	60	61.51	62.76
	Apoyo bipodal MII (%)	7.44	6.76	9.82	10.8	7.73	10.16

Tabla 7. Datos comparativos del ciclo de la marcha analizados con el sistema LEGSsys. Abreviaturas. MID: Miembro Inferior Derecho. MII: Miembro Inferior Izquierdo

La aplicación del protocolo de 6 semanas propuesto en este estudio impactó positivamente en los siguientes parámetros de la marcha, la velocidad de los participantes tuvo incremento del 21.51%, el largo de paso aumentó en promedio un 8.49% y un 11.34% con respecto a la altura de los participantes y la velocidad de paso disminuyó un 8.11%.



### PARAMETROS DEL CICLO DE MARCHA (POST-NMES)

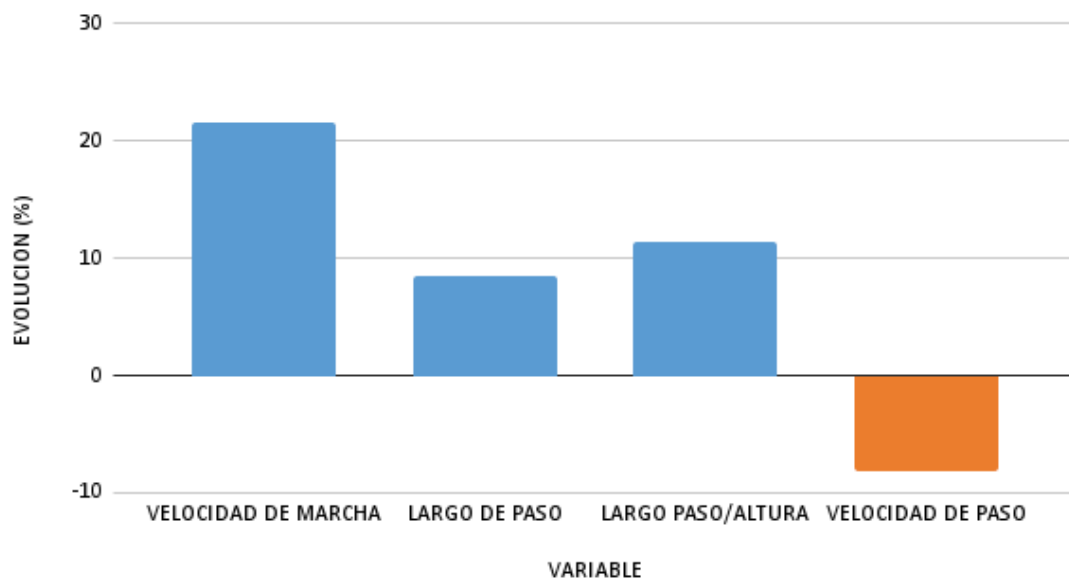
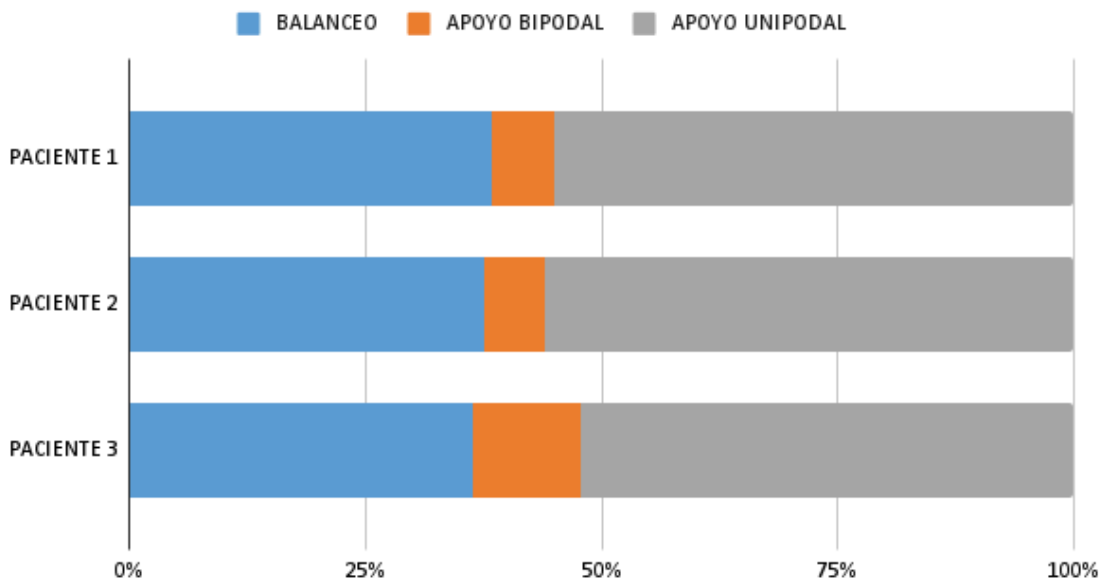
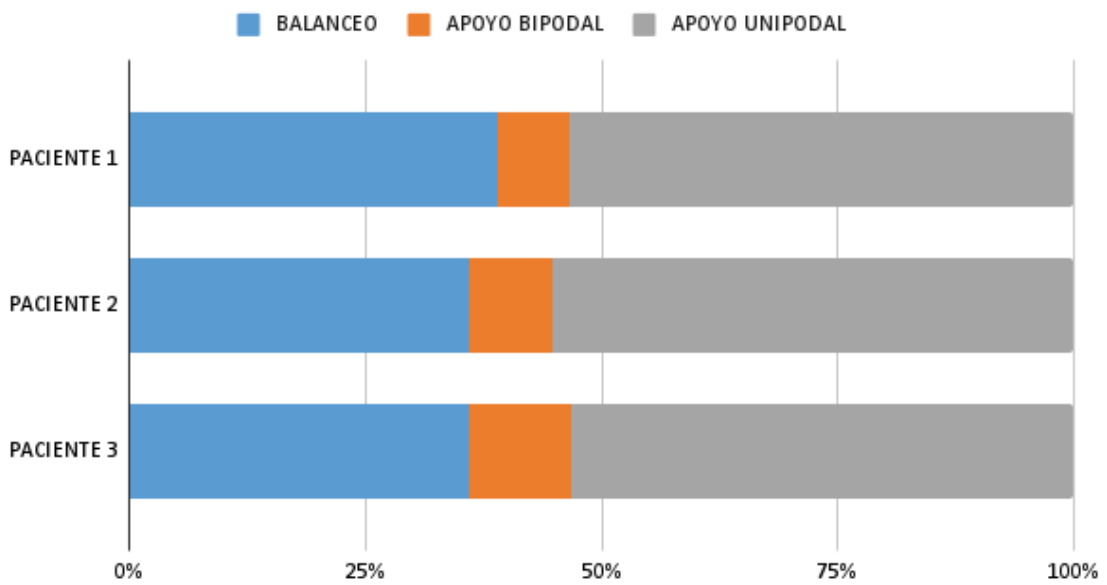


Figura 3. Evolución de los parámetros de la marcha expresados en porcentaje.

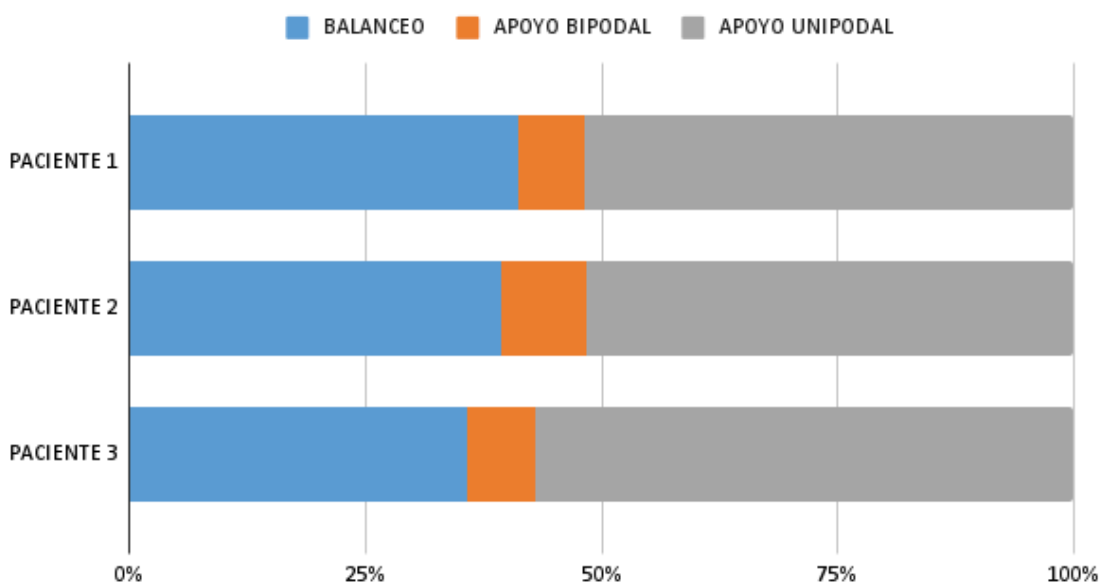
### CICLO DE MARCHA PRE-NMES (MID)



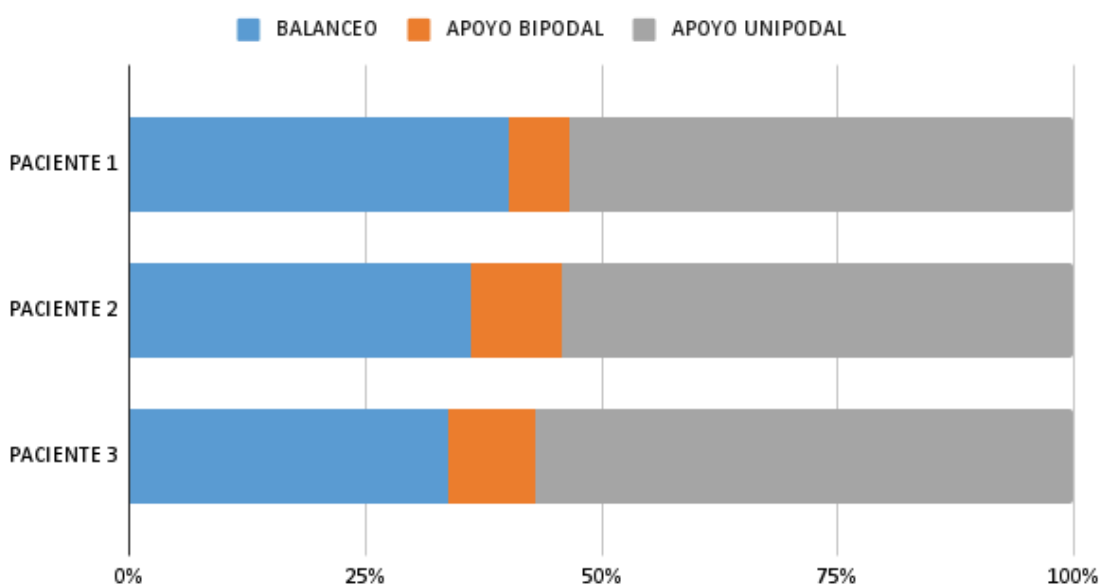
### CICLO DE LA MARCHA POST-NMES (MID)



### CICLO DE MARCHA PRE-NMES (MII)



### CICLO DE MARCHA POST-NMES (MII)



Figuras 4, 5, 6 Y 7. Comparación del ciclo de marcha entre participantes pre y post intervención.

Abreviaturas. MID: Miembro Inferior Derecho. MII: Miembro Inferior Izquierdo

## VII. DISCUSIÓN

### VII. a. Efectos de la NMES sobre el patrón de marcha

En el presente estudio se propuso analizar el impacto de la NMES sobre los parámetros del ciclo de la marcha. Dentro de los artículos revisados, solo dos, Langeard y cols.(79) y Hicks y cols.(84) usaron métodos evaluativos similares al realizado en este estudio, no obstante Hicks y cols.(84) se enfocó exclusivamente en la velocidad de marcha, al igual que los demás estudios que únicamente consideraron este parámetro, tal como se objetivó con el 10MGT y el 6MWT (80–83,85,87).

Nuestro estudio tuvo un efecto positivo sobre los parámetros de la marcha que evidencian una mejora significativa en la capacidad de los participantes para realizar pasos más largos, una mayor capacidad para marchar a más velocidad y una mejor eficiencia a la hora de mantener el paso. En cuanto a la velocidad de marcha está en línea con los artículos de Kern y cols.(80), Laufer y cols.(83), Hicks y cols.(88), O'Connor y cols.(85), Acaröz Candan y cols.(82); y Acheche y cols(87). En cambio, no son similares a los resultados encontrados por Langeard y cols.(79) y Takano y cols(81).

Langeard y cols.(79) realizaron un protocolo de 12 semanas, en el cuál, se realizan 30 minutos de estimulación a los flexores dorsales seguidos por 30 minutos de estimulación al CGS. Posterior a este protocolo, no se vieron mejoras estadísticamente significativas en la velocidad de marcha, la longitud de paso, y el tiempo de paso, lo que difiere con los resultados obtenidos en nuestro estudio. Las principales diferencias entre ambos estudios radican en la frecuencia y el ancho de pulso utilizados; la cantidad de sesiones totales y la muestra.

Como se menciona anteriormente, Hicks y cols.(84) utilizaron “The GaitMat II™ system” como método evaluativo, la población estudiada eran adultos mayores con dolor crónico por lo que su estudio se enfocó en evaluar la adición de NMES al entrenamiento de la musculatura del tronco, en este caso, paraespinales. En comparación a nuestro estudio, también, varió en la frecuencia empleada, la cantidad de semanas y la duración de la sesión. Al cabo de 12 semanas, Hicks y cols.(84), registró una mejora estadísticamente significativa en la velocidad de marcha.

En contraste, la velocidad de la marcha disminuyó no significativamente en el estudio realizado por Takano y cols.(81). Aunque las características de la muestra fueron las mismas en ambos estudios, su número de muestra fue mayor. En adición, el protocolo propuesto por los autores discierne del nuestro en relación a la herramienta evaluativa (10MGT), las características del NMES (40 Hz, 200  $\mu$ s y 80% de la MVC) y el músculo estimulado (cuádriceps).

Acaröz Candan y cols.(82), así como Acheche y cols.(87); y O'Connor y cols.(85), emplearon el 6MWT como herramienta de evaluación. Acaröz Candan y cols.(82), observaron un incremento estadísticamente significativo en la velocidad de marcha tanto en el grupo de SNMES y LNMES pero no hubo diferencia estadística entre ellos; su muestra era similar a la de este estudio pero eran adultos institucionalizados, además de las características del NMES, el músculo estimulado y el tiempo de estimulación en el grupo LNMES. Por su parte, Acheche y cols.(87) realizó un protocolo de estimulación posterior a ejercicios de resistencia y aeróbicos en los músculos cuádriceps, isquiosurales y el CGS por un periodo de 24 semanas, su población era adulta mayor pero con una patología respiratoria (EPOC). Sumado a eso, nuestros estudios difieren en el número de muestras y las características de la NMES.

El 10MGT fue utilizado, de igual manera, por Kern y cols.(80) y por Laufer y cols.(83). Los dos estudios obtuvieron un incremento en la velocidad de la marcha que lo relacionaron como un indicador de fragilidad y caídas. Ambos estudios buscaron la contracción del músculo cuádriceps con la máxima intensidad tolerada, y aunque ambos estudios incluyeron participantes mayores de 60 años como en este estudio, el estudio realizado por Laufer y cols.(83) incluyeron pacientes con OA de rodilla, con un grado II o mayor. Otra de las diferencias radicó en la cantidad de muestra entre nuestro estudio y los anteriores mencionados (n= 16 y n= 25, respectivamente).

#### **VII. b. Efectos de la terapia NMES en relación a la función**

A su vez, otro de los objetivos fue cuantificar los efectos de la electroestimulación sobre la función a través del SPPB, que fue únicamente utilizado en nuestro estudio y por Kern y cols.(80). Entre los métodos más utilizados para valorizar la función, se destacó el TUGTest, además de otros como One-Leg Standing Test (OLT), Five-Times-Sit-To-Stand (FTSST), Stair Climbing Test (SCT) y el 30s Sit-To-Stand (30s STS) (76,81–87).

En este estudio, la función mejoró sólo en uno de los participantes, no en consonancia con los estudios analizados, pudiendo haber sido experimentado debido al número limitado o a la variabilidad en las características de la muestra estudiada.

Kern y cols.(80) planteó como objetivo analizar, a nivel funcional, estructural y estructural, los efectos del NMES en personas mayores sanas con estilo de vida normal, sin actividad deportiva rutinaria. La muestra de este estudio (n= 16) se sometió a un protocolo de 9 semanas de intervención con NMES, dando como resultado un aumento significativo tanto en el SPPB como en el TUGTest, extrapolando como una

mayor movilidad en personas mayores (80). Además, los estudios llevados a cabo por Takano y cols(81), Acaröz Candan y cols(82), Acheche y cols(87) y Hicks y cols(84), que evidenció un aumento en la mínima diferencia clínicamente significativa de 1.4 segundos, corroboraron estos hallazgos, fortaleciendo la evidencia sobre los beneficios del NMES en la mejora de la movilidad en adultos mayores.

Dentro de los artículos revisados, O'Connor y cols.(85) y Laufer y cols.(83), encontraron resultados similares al de este estudio en el TUGTest. En contraste, O'Connor y cols.(85) descubrieron diferencias en su otro método evaluativo de la función, el 30s STS, que aumentó en promedio 2.4 repeticiones con una  $p= 0.007$  en 62 participantes de este estudio, concluyendo que la terapia por electroestimulación neuromuscular es efectiva para la mejora en la función física. La diferencia entre O'Connor y cols.(85) y este estudio fue la población estudiada (pacientes superadores de cáncer), la cantidad de muestra estudiada ( $n= 14$ ) y las características del protocolo, donde el protocolo tuvo una duración de 4 semanas con sesiones de 15 minutos 2 veces por semana, se estimulaba tanto el cuádriceps como los isquiosurales donde previamente la muestra había realizado 2 semanas de ejercicios convencionales (85). En tanto que, Laufer y cols.(83), no encontró diferencias estadísticamente significativas en otros test funcionales como el SCT.

Como objetivo, Demircioglu y cols.(86), se propuso analizar el efecto de la adhesión de NMES a un programa domiciliario de ejercicios posterior a una artroplastia total de rodilla, con un seguimiento de uno y tres meses. Las mejoras en el TUGTest se mantuvieron significativas posteriores al primer mes pero no así al tercer mes. El protocolo propuesto por el autor difiere al de este estudio en las características de la muestra, ya que la muestra era posoperatoria de artroplastia de rodilla y los parámetros de NMES, donde el músculo estimulado era el vasto medial del cuádriceps, con una frecuencia 100Hz, un ancho de pulso de 400  $\mu$ s y una intensidad que variaba desde 28 mA a 90 mA, según la tolerancia del paciente.

Di Filippo y cols.(76) evaluaron la función con el FTSTS y el TUGTest, al finalizar su protocolo de 8 semanas con 24 sesiones en total, identificaron un aumento significativo en ambos tests. Nuestros estudios difieren en el músculo a tratar (cuádriceps), la cantidad de muestra evaluada ( $n= 12$ ) y las características del NMES (75 Hz; 400  $\mu$ s; con la máxima intensidad tolerada), en contraste, los criterios de inclusión de la muestra eran las mismas que en nuestro estudio.

## **VIII. CONCLUSIÓN**

La alteración en los patrones de la marcha y la disminución en la función física en los adultos mayores implican una problemática en el área de salud, Luego de los datos recogidos en este estudio y los resultados reportados en la literatura, se puede concluir que la NMES podría ser una importante herramienta terapéutica para retrasar diversas consecuencias que el envejecimiento trae aparejado, como ser la disminución de la velocidad de marcha y la función física.

Sin embargo, es necesario incentivar mayores investigaciones de la terapia NMES que incluyan al tríceps sural como músculo primordial tanto para la marcha como la función. Además, es fundamental ampliar el tamaño de muestra a estudiar para obtener resultados concluyentes.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Serrano GP, Aa V, de Juanas Oliva Á, París EC, Mendizábal MRL, Prudenciano JL, et al. Calidad de vida en personas adultas y mayores. Editorial UNED; 2013. 308 p.
2. World Health Organization. World Health Statistics 2016 [OP]: Monitoring Health for the Sustainable Development Goals (SDGs). World Health Organization; 2016. 161 p.
3. Izquierdo M, Arteaga R. Kinesiología y biomecánica de la actividad física y el deporte: Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. México: Editorial Médica Panamericana. 2012;
4. Pérez MCO. Fisioterapia y adulto mayor. Servicio de Publicaciones -Universidad de Jaén; 2011. 247 p.
5. Duran D, Orbegoz Valderrama LJ. Social integration and functional skills in older adults. Universitas [Internet]. 2008; Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-92672008000100019&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-92672008000100019&script=sci_abstract&tlng=pt)
6. Varela Pinedo LF, Ortiz Saavedra PJ, Chavez Jimeno HA. Velocidad de la marcha en adultos mayores de la comunidad en Lima, Perú. Rev Medica Hered. 2012 Oct 29;20(3):133.
7. Preston RR, Wilson TE. Fisiología. Lippincott Williams & Wilkins; 2013. 432 p.
8. Costanzo LS. Fisiología. Elsevier Health Sciences; 2018. 528 p.
9. Latarjet M, Liard AR. Anatomía Humana. Ed. Médica Panamericana; 2004. 866 p.
10. Nordin M, Frankel VH. Bases Biomecánicas Del Sistema Musculoesquelético. Lippincott Williams & Wilkins; 2013. 712 p.
11. Pifarré F. Física y biomecánica clínica para fisioterapeutas y podólogos. Universitat de Lleida; 2021. 451 p.
12. Martín JMR. Electroterapia en Fisioterapia. Ed. Médica Panamericana; 2004. 662 p.
13. Cameron MH, Cameron M. Agents Físicos en Rehabilitacion: Incluye Evolve. Elsevier España; 2009. 480 p.
14. Alvarado García AM, Salazar Maya ÁM. Análisis del concepto de envejecimiento. Gerokomos. 2014 Jun;25(2):57–62.
15. Decade of healthy ageing: baseline report. Summary. World Health Organization; 2021. 30 p.
16. Stevenson A. Oxford Dictionary of English. OUP Oxford; 2010. 2069 p.
17. Almeida dos Santos AD, Porto Sabino Pinho C, Santos do Nascimento AC, Oliveira Costa AC. Sarcopenia en pacientes ancianos atendidos ambulatoriamente: prevalencia y factores asociados. Nutr Hosp. 2016;33(2):255–62.



18. Duarte MB, da Silva Almeida GC, Costa KHA, Garcez DR, de Athayde Costa E Silva A, da Silva Souza G, et al. Anticipatory postural adjustments in older versus young adults: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2022 Nov 23;11(1):251.
19. Barbaccia V, Bravi L, Murmura F, Savelli E, Viganò E. Mature and Older Adults' Perception of Active Ageing and the Need for Supporting Services: Insights from a Qualitative Study. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 Jun 23;19(13). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19137660>
20. Felipe Salech M, Rafael Jara L, Luis Michea A. Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 2012 Jan 1;23(1):19–29.
21. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jul 1;48(4):601.
22. RamónE. Fuenmayor C, Villabón G, Saba T. Sarcopenia - visión clínica de una entidad poco conocida y mucho menos buscada. *Revista Venezolana de*. 2007;5:03–7.
23. Urrego RB, Rincón JCG. Perfil hormonal del envejecimiento muscular. *Repert Med Cir*. 2011 Dec 1;20(4):217–24.
24. Brocca L, McPhee JS, Longa E, Canepari M, Seynnes O, De Vito G, et al. Structure and function of human muscle fibres and muscle proteome in physically active older men. *J Physiol*. 2017 Jul 15;595(14):4823–44.
25. Bermúdez CR, Vargas AB. Sarcopenia: abordaje integral del adulto mayor: Revisión de tema. *Rev Med* [Internet]. 2019; Available from: <https://www.revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/194>
26. González Bernal J, De la Fuente Anuncibay R. DESARROLLO HUMANO EN LA VEJEZ: UN ENVEJECIMIENTO ÓPTIMO DESDE LOS CUATRO COMPONENTES DEL SER HUMANO. *Int J Dev Educ Psychol Rev INFAD Psicol*. 2017 Jan 30;7(1):121.
27. Bermúdez CR, Vargas AB, Jiménez GB. Sarcopenia: abordaje integral del adulto mayor. *Rev Medica Sinerg* [Internet]. 2019 May 1; Available from: <https://www.revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/194>
28. Zakaria NA, Kuwae Y, Tamura T, Minato K, Kanaya S. Quantitative analysis of fall risk using TUG test. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2015;18(4):426–37.
29. María TF, Lucía FG, Héctor MM. Escalas de valoración funcional en el anciano, Scales for the functional assessment in the elderly. *Galicia Clin*.
30. Pavasini R, Guralnik J, Brown JC, di Bari M, Cesari M, Landi F, et al. Short Physical Performance Battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2016 Dec 22;14(1):215.
31. Makizako H, Shimada H, Doi T, Tsutsumimoto K, Nakakubo S, Hotta R, et al. Predictive Cutoff Values of the Five-Times Sit-to-Stand Test and the Timed “Up & Go” Test for Disability Incidence in Older People Dwelling in the Community. *Phys Ther*. 2017 Apr 1;97(4):417–24.
32. Nishikawa H, Asai A, Fukunishi S, Takeuchi T, Goto M, Ogura T, et al. Screening

- Tools for Sarcopenia. *In Vivo*. 2021 Nov-Dec;35(6):3001–9.
33. Piotrowicz K, Gryglewska B, Gąsowski J. The usefulness of SARC-F. *Aging Clin Exp Res*. 2021 Aug;33(8):2307.
  34. Bahat G, Ozkok S, Kilic C, Karan MA. SARC-F Questionnaire Detects Frailty in Older Adults. *J Nutr Health Aging*. 2021;25(4):448–53.
  35. Rubio Castañeda FJ, Tomás Aznar C, Muro Baquero C. [Validity, Reliability and Associated Factors of the International Physical Activity Questionnaire Adapted to Elderly (IPAQ-E)]. *Rev Esp Salud Publica [Internet]*. 2017 Jan 18;91. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28098134>
  36. Martínez-Aldao D, Diz JC, Varela S, Ayán C. [Analysis of the convergent validity of the Spanish short version of the Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire (VREM) and the Spanish version of the International Physical Activity Questionnaire in elderly people (IPAQ-E)]. *An Sist Sanit Navar*. 2019 Aug 23;42(2):147–57.
  37. Gochicoa-Rangel L, Mora-Romero U. Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. *Neumología y cirugía [Internet]*. 2015; Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0028-37462015000200008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0028-37462015000200008&script=sci_arttext)
  38. Binotto MA, Lenardt MH, Rodríguez-Martínez MDC. Physical frailty and gait speed in community elderly: a systematic review. *Rev Esc Enferm USP*. 2018 Dec 13;52:e03392.
  39. Hiriscau EI, Buzdugan EC, Hui LA, Bodolea C. Exploring the Relationship between Frailty, Functional Status, Polypharmacy, and Quality of Life in Elderly and Middle-Aged Patients with Cardiovascular Diseases: A One-Year Follow-Up Study. *Int J Environ Res Public Health [Internet]*. 2022 Feb 17;19(4). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19042286>
  40. Jara R. Efectos del ejercicio en adultos mayores. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*. 2015;26(4):293–9.
  41. Morley JE. Frailty and sarcopenia in elderly. *Wien Klin Wochenschr*. 2016 Dec;128(Suppl 7):439–45.
  42. McPhee JS, French DP, Jackson D, Nazroo J, Pendleton N, Degens H. Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing and frailty. *Biogerontology*. 2016 Jun;17(3):567–80.
  43. Pano-Rodríguez A, Beltran-Garrido JV, Hernández-González V, Reverter-Masia J. Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: a systematic review. *BMC Complement Altern Med*. 2019 Apr 24;19(1):87.
  44. Ribeiro F, Teixeira F, Brochado G, Oliveira J. Impact of low cost strength training of dorsi- and plantar flexors on balance and functional mobility in institutionalized elderly people. *Geriatr Gerontol Int*. 2009 Mar;9(1):75–80.
  45. Astudillo C, Alvarado L, Sánchez J, Encalada L. PREVALENCIA DE CAÍDAS EN ADULTOS MAYORES Y FACTORES ASOCIADOS EN LA PARROQUIA SIDCAY, CUENCA, 2013. *Rev Fac Cienc Méd Univ Cuenca*. 2017 Jul 27;35(1):30–8.

46. Bohm S, Mandla-Liebsch M, Mersmann F, Arampatzis A. Exercise of Dynamic Stability in the Presence of Perturbations Elicit Fast Improvements of Simulated Fall Recovery and Strength in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Front Sports Act Living*. 2020 May 27;2:52.
47. Hirono T, Ikezoe T, Yamagata M, Kato T, Kimura M, Ichihashi N. Relationship between postural sway on an unstable platform and ankle plantar flexor force steadiness in community-dwelling older women. *Gait Posture*. 2021 Feb;84:227–31.
48. Stenholm S, Harris TB, Rantanen T, Visser M, Kritchevsky SB, Ferrucci L. Sarcopenic obesity: definition, cause and consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2008 Nov;11(6):693–700.
49. Tsuchida W, Kobayashi Y, Inoue K, Horie M, Yoshihara K, Ooie T. Kinematic characteristics during gait in frail older women identified by principal component analysis. *Sci Rep*. 2022 Jan 31;12(1):1676.
50. Menz HB, Levinger P, Tan JM, Auhl M, Roddy E, Munteanu SE. Rocker-sole footwear versus prefabricated foot orthoses for the treatment of pain associated with first metatarsophalangeal joint osteoarthritis: study protocol for a randomised trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014 Mar 15;15(1):86.
51. Homes R, Clark D, Moridzadeh S, Tosovic D, Van den Hoorn W, Tucker K, et al. Comparison of a Wearable Accelerometer/Gyroscopic, Portable Gait Analysis System (LEGSYS+TM) to the Laboratory Standard of Static Motion Capture Camera Analysis. *Sensors [Internet]*. 2023 Jan 3;23(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/s23010537>
52. Tasvuran Horata E, Cetin SY, Erel S. Effects of individual progressive single- and dual-task training on gait and cognition among older healthy adults: a randomized-controlled comparison study. *Eur Geriatr Med*. 2021 Apr;12(2):363–70.
53. Fukuchi CA, Fukuchi RK, Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2019 Jun 27;8(1):153.
54. Garcia-Pinillos F, Cozar-Barba M, Munoz-Jimenez M, Soto-Hermoso V, Latorre-Roman P. Gait speed in older people: an easy test for detecting cognitive impairment, functional independence, and health state. *Psychogeriatrics*. 2016 May;16(3):165–71.
55. Cruz-Jimenez M. Normal Changes in Gait and Mobility Problems in the Elderly. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2017 Nov;28(4):713–25.
56. Elshehabi M, Del Din S, Hobert MA, Warmerdam E, Sünkel U, Schmitz-Hübsch T, et al. Walking parameters of older adults from a lower back inertial measurement unit, a 6-year longitudinal observational study. *Front Aging Neurosci*. 2022 Sep 8;14:789220.
57. Nascimento M de M, Gouveia ÉR, Marques A, Gouveia BR, Marconcin P, França C, et al. The Role of Physical Function in the Association between Physical Activity and Gait Speed in Older Adults: A Mediation Analysis. *Int J Environ Res Public Health [Internet]*. 2022 Oct 1;19(19). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph191912581>

58. Bermúdez CR, Vargas AB. Sarcopenia: abordaje integral del adulto mayor: Revisión de tema. *Rev Med [Internet]*. 2019; Available from: <https://www.revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/194>
59. Gochicoa-Rangel L, Mora-Romero U, Guerrero-Zúñiga S, Silva-Cerón M, Cid-Juárez S, Velázquez-Uncal M, et al. Prueba de caminata de seis minutos: Recomendaciones y procedimientos. *Neumol Cir Torax [Internet]*. 2019; Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0028-37462015000200008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0028-37462015000200008&script=sci_arttext)
60. Treacy D, Hassett L. The Short Physical Performance Battery. *J Physiother*. 2018 Jan;64(1):61.
61. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994 Mar;49(2):M85–94.
62. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med*. 1995 Mar 2;332(9):556–61.
63. Vieira ER, Palmer RC, Chaves PHM. Prevention of falls in older people living in the community. *BMJ*. 2016 Apr 28;353:i1419.
64. Ostir GV, Volpato S, Fried LP, Chaves P, Guralnik JM, Women's Health and Aging Study. Reliability and sensitivity to change assessed for a summary measure of lower body function: results from the Women's Health and Aging Study. *J Clin Epidemiol*. 2002 Sep;55(9):916–21.
65. Ward RE, Leveille SG, Beauchamp MK, Trivison T, Alexander N, Jette AM, et al. Functional performance as a predictor of injurious falls in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2015 Feb;63(2):315–20.
66. Kim JC, Chon J, Kim HS, Lee JH, Yoo SD, Kim DH, et al. The Association Between Fall History and Physical Performance Tests in the Community-Dwelling Elderly: A Cross-Sectional Analysis. *Ann Rehabil Med*. 2017 Apr;41(2):239–47.
67. Shea CA, Ward RE, Welch SA, Kiely DK, Goldstein R, Bean JF. Inability to Perform the Repeated Chair Stand Task Predicts Fall-Related Injury in Older Primary Care Patients. *Am J Phys Med Rehabil*. 2018 Jun;97(6):426–32.
68. Fisher S, Ottenbacher KJ, Goodwin JS, Graham JE, Ostir GV. Short Physical Performance Battery in hospitalized older adults. *Aging Clin Exp Res*. 2009 Dec;21(6):445–52.
69. Kirby KA. Biomecánica del pie y la extremidad inferior III: artículos de Precision Intricast, 2002-2008. 2009. 190 p.
70. Kapandji AI. Fisiología articular. Tomo 3. Tronco y Raquis. 1998; Available from: [https://www.academia.edu/download/61116308/Fisiologia\\_Articular20191103-105515-n8mj3b.pdf](https://www.academia.edu/download/61116308/Fisiologia_Articular20191103-105515-n8mj3b.pdf)
71. Cohen JC. Anatomy and biomechanical aspects of the gastrocnemius complex. *Foot Ankle Clin*. 2009 Dec;14(4):617–26.

72. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol.* 2010 Sep;110(2):223–34.
73. Bezerra P, Zhou S, Crowley Z, Davie A, Baglin R. Effects of electromyostimulation on knee extensors and flexors strength and steadiness in older adults. *J Mot Behav.* 2011 Oct 6;43(5):413–21.
74. Paillard T, Lafont C, Dupui P. Effets de la pratique de l'électrostimulation sur les activités posturocinétiques chez des sujets âgés sains. *Sci Sports.* 2005 Apr;20(2):95–8.
75. Paillard T, Lafont C, Pérès C, Costes-Salon MC, Soulat JM, Montoya R, et al. L'électrostimulation surimposée à la contraction musculaire volontaire présente-t-elle un intérêt physiologique chez les sujets âgés ? *Ann Readapt Med Phys.* 2005 Feb;48(1):20–8.
76. Di Filippo ES, Mancinelli R, Marrone M, Doria C, Verratti V, Toniolo L, et al. Neuromuscular electrical stimulation improves skeletal muscle regeneration through satellite cell fusion with myofibers in healthy elderly subjects. *J Appl Physiol.* 2017 Sep 1;123(3):501–12.
77. Amiridis I, Arabatzi F, Violaris P, Stavropoulos E, Hatzitaki V. Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol.* 2005 Jul;94(4):424–33.
78. Mani D, Almuklass AM, Amiridis IG, Enoka RM. Neuromuscular electrical stimulation can improve mobility in older adults but the time course varies across tasks: Double-blind, randomized trial. *Exp Gerontol.* 2018 Jul 15;108:269–75.
79. Langeard A, Bigot L, Loggia G, Bherer L, Chastan N, Gauthier A. Ankle dorsiflexors and plantarflexors neuromuscular electrical stimulation training impacts gait kinematics in older adults: A pilot study. *Gait Posture.* 2021 Feb;84:335–9.
80. Kern H, Barberi L, Löfler S, Sbardella S, Burggraf S, Fruhmann H, et al. Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors. *Front Aging Neurosci.* 2014 Jul 24;6:189.
81. Takano Y, Matsuse H, Tsukada Y, Omoto M, Hashida R, Shiba N. A New Training for Older Adults Using Combined Neuromuscular Electrical Stimulation and Volitional Contraction: A Pilot Study. *Kurume Med J.* 2016 May 25;62(3-4):73–81.
82. Acaröz Candan S, Akoğlu AS, Büğüşan S, Yüksel F. Effects of neuromuscular electrical stimulation of quadriceps on the quadriceps strength and functional performance in nursing home residents: A comparison of short and long stimulation periods. *Geriatr Gerontol Int.* 2019 May;19(5):409–13.
83. Laufer Y, Shtraker H, Elboim Gabyzon M. The effects of exercise and neuromuscular electrical stimulation in subjects with knee osteoarthritis: a 3-month follow-up study. *Clin Interv Aging.* 2014 Jul 17;9:1153–61.
84. Hicks GE, Sions JM, Velasco TO, Manal TJ. Trunk Muscle Training Augmented With Neuromuscular Electrical Stimulation Appears to Improve Function in Older Adults With Chronic Low Back Pain: A Randomized Preliminary Trial. *Clin J Pain.* 2016 Oct;32(10):898–906.
85. O'Connor D, Lennon O, Fernandez MM, Signorelli GR, Caulfield B. Functional,

physiological and subjective responses to concurrent neuromuscular electrical stimulation (NMES) exercise in adult cancer survivors: a controlled prospective study. *Sci Rep.* 2020 Aug 19;10(1):14008.

86. Demircioglu DT, Paker N, Erbil E, Bugdayci D, Emre TY. The effect of neuromuscular electrical stimulation on functional status and quality of life after knee arthroplasty: a randomized controlled study. *J Phys Therapy Sci.* 2015 Aug;27(8):2501–6.
87. Acheche A, Mekki M, Paillard T, Tabka Z, Trabelsi Y. The Effect of Adding Neuromuscular Electrical Stimulation with Endurance and Resistance Training on Exercise Capacity and Balance in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial. *Can Respir J.* 2020 Sep 29;2020:9826084.
88. Hicks GE, Simonsick EM, Harris TB, Newman AB, Weiner DK, Nevitt MA, et al. Trunk muscle composition as a predictor of reduced functional capacity in the health, aging and body composition study: the moderating role of back pain. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005 Nov;60(11):1420–4.

## X. ANEXOS

### X. a. Anexo 1. "Historia Clínica"

FICHA DE EVALUACIÓN DE ADULTOS MAYORES (RV Y EE)				Individuo N°:		
Nombre y apellido:		Sexo:		Fecha:		
Teléfono:						
Edad:	Altura:	Peso:	IMC:			
<b>ANTECEDENTES:</b>						
Caídas en el último año: SI/NO			Medicación actual:			
Ayuda marcha: SI/NO						
Enfermedad crónica: SI/NO			¿cuál/es?:			
Consumo de tabaco y/o alcohol: SI/NO						
<b>EVALUACIÓN :</b>						
<b>SPPB</b>			<b>FUERZA FLEXIÓN PLANTAR</b>			
			<b>Izquierda</b>			
	PRE	POST	Pre	Post	Pre	Post
Balance			1	Pico:	Rfd:	
5TSTS			2	Pico:	Rfd:	
Vel. Marcha(4m)			3	Pico:	Rfd:	
<b>HAND GRIP</b>			<b>Derecho</b>			
			Pre	Post	Pre	Post
1-der		Post	1	Pico:	Rfd:	
2-der		Post	2	Pico:	Rfd:	
3-der		Post	3	Pico:	Rfd:	
Promedio:		Promedio:	<b>VELOCIDAD DE MARCHA (10m medir 4m centrales):</b>			
1-izq		Post		Pre	Post	
2-izq		Post	Tiempo (segundos)			
3-izq		Post	Tiempo (segundos)			
PROMEDIO		PROMEDIO	Tiempo (segundos)			
Aclarar que lado es el dominante con un *						
Long de miembro:		<b>TIMED UP AND GO TEST</b>				
		Pre	Post			
BTracks		1				
IPAQ		2				
SARC-f		3				

## **X. b. Anexo 2. “Consentimiento Informado”**

Consentimiento Informado.

El grupo de trabajo a cargo de este estudio, integrado por los licenciados Leonardo Intelangelo, Iván Roulet e Ignacio Lassaga, invita a usted a participar en una investigación titulada “Efecto de un protocolo de electroestimulación neuromuscular sobre el tríceps sural en adultos mayores.”.

Usted ha sido elegido/a para participar en esta investigación, cuyo objetivo es determinar si la electroestimulación (EE) aplicada sobre el tríceps sural genera algún cambio sobre la estabilidad, la marcha y la función. La EE es una herramienta terapéutica de eficacia comprobada, en la cual se utilizan electrodos y corriente eléctrica para estimular el tejido muscular. Usted recibirá una intervención, de la cual se espera un beneficio terapéutico. La aplicación será realizada en la parte de atrás de su pierna. Luego de la misma, es común tener sensación de fatiga o dolorimiento en los músculos de la pantorrilla, que desaparecerá en algunos minutos u horas.

En primera instancia se llevará a cabo un proceso de familiarización con la aplicación de corriente eléctrica, que constará de 3 etapas a realizarse en días consecutivos. Posterior a esto, será incluido en un protocolo de EE de 6 semanas de duración, que implica 3 sesiones presenciales en el centro médico ortoprotésico kinésico (CEMOK) radicado en calle Buenos aires 1575, Rosario, Santa fe, Argentina. A su vez las evaluaciones serán realizadas en dos etapas: antes e inmediatamente después del tratamiento. Estas incluirán la medición del equilibrio mediante una plataforma con sensores que medirán su estabilidad, la marcha a través de una caminata de 20 metros y la función a través de diferentes pruebas que buscarán medir su capacidad para moverse y mantener el equilibrio. Todas las consignas son seguras, y Ud. será acompañado/a de cerca para su mayor tranquilidad. La persona a cargo de su participación es un profesional Kinesiólogo y Docente de la Universidad del Gran Rosario (UGR).

Los posibles beneficios de este estudio consistirán en la adquisición de nuevos conocimientos sobre los efectos de la EE sobre el tríceps sural. Este estudio implica para nosotros los siguientes compromisos:

1. Todos sus datos y su historia clínica serán almacenados confidencialmente, y su nombre no será revelado en ningún caso.



2. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados para posibles publicaciones.
3. Usted no está obligado a participar en este estudio si no lo desea.
4. Usted podrá solicitar una copia de los resultados y de la interpretación de su estudio a los mails [leonardo.intelangelo@hotmail.com](mailto:leonardo.intelangelo@hotmail.com) [ivanroulet@gmail.com](mailto:ivanroulet@gmail.com) [ignacio\\_lassaga@hotmail.com](mailto:ignacio_lassaga@hotmail.com)

Firma del investigador a cargo del estudio  
.....

Aclaración

.....

Yo, ....., expreso mi conformidad de acuerdo con los términos previamente indicados, y doy mi consentimiento para participar en la investigación titulada “Efecto de un protocolo de electroestimulación neuromuscular sobre el tríceps sural en adultos mayores.”. Firma del participante voluntario  
.....

Rosario,.....de ..... de 20....

X. c. Anexo 3. “Cuestionario SARC-F”

<b>Escala SARC-F versión en español – México</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Puntaje</b>
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 $\geq 4$ puntos se define como sarcopenia.		
<b>Referencia:</b> Parra-Rodríguez L, Szlejf C, García-González AI, Malmstrom TK, Cruz-Arenas E, <b>Rosas-Carrasco O.</b> Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Spanish-Language Version of the SARC-F to Assess Sarcopenia in Mexican Community-Dwelling Older Adults. <i>J Am Med Dir Assoc.</i> 2016;17(12):1142-1146. doi:10.1016/j.jamda.2016.09.008		
<b>Versión original en inglés:</b> Malmstrom TK, Morley JE. SARC-F: a simple questionnaire to rapidly diagnose sarcopenia. <i>J Am Med Dir Assoc.</i> 2013;14(8):531-2. doi:10.1016/j.jamda.2013.05.018.		

### X. d. Anexo 4. "Cuestionario IPAQ-E"

#### CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Nombre..... Sexo (F / M) Edad .....

Las preguntas se basan sobre el tiempo que pasó siendo físicamente activo en la última 7 días.

Responda cada pregunta incluso si no se considera un activo persona.

Para describir la intensidad de la actividad física, se usan dos términos (Moderado y Vigoroso)

Las actividades moderadas se refieren a actividades que requieren un esfuerzo físico moderado y respira un poco más fuerte de lo normal.

Las actividades físicas vigorosas se refieren a actividades que requieren un gran esfuerzo físico y respira mucho más fuerte de lo normal.

#### IPAQ-E

1. La primera pregunta es sobre el tiempo que pasó sentado durante los últimos 7 días. Incluir el tiempo que pasa en el trabajo, en casa, mientras realiza el trabajo del curso y durante el tiempo libre.

Esto puede incluir el tiempo que pasa sentado en un escritorio, visitando amigos, leyendo o sentado o acostado a ver la televisión.

Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día?

\_\_\_ horas \_\_\_ minutos

2. Piense en el tiempo que pasó caminando en los últimos 7 días. Esto incluye en el trabajo y en casa, caminar para viajar de un lugar a otro, y cualquier otra caminata que podría hacer únicamente por recreación, deporte, ejercicio o esparcimiento.

Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días caminó durante al menos 10 minutos ¿tiempo?

\_\_\_\_\_ Días                      ¿Cuánto tiempo solía dedicar a caminar en esos días?

o

Ningún día                                  \_\_\_ horas \_\_\_ minutos

3. Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días realizó actividades físicas moderadas? Como jardinería, limpiar, andar en bicicleta a un ritmo regular, nadar u otro ejercicio ocupaciones.

Piense solo en aquellas actividades físicas que hizo durante al menos 10 minutos. No incluya caminar.

\_\_\_\_\_ Días

¿Cuánto tiempo solía pasar haciendo actividades físicas moderadas en uno de esos días?

días?

o

Ningún día

\_\_\_\_ horas \_\_\_\_ minutos

4. Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días realizó actividades físicas intensas? como levantar objetos pesados, trabajos de jardinería o de construcción más pesados, cortar leña, ejercicios aeróbicos, trotar / correr o andar en bicicleta rápido?

Piense solo en aquellas actividades físicas que hizo durante al menos 10 minutos.

\_\_\_\_\_ Días

¿Cuánto tiempo solía pasar haciendo actividades físicas vigorosas en uno de esos días?

o

Ningún día

\_\_\_\_ horas \_\_\_\_ minutos