



UGR Universidad
del Gran Rosario

TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

“Entrenamiento de la fuerza muscular en pacientes con amputación de
miembro inferior durante la etapa protésica”

Autor:

De Grande, Victoria. N°43714883

Director:

Prof. Lic. Dell'Elce Gabriela

Lugar:

Rosario, Santa Fe

Fecha de presentación:

19/03/2026

Firma del autor:

RESUMEN

Introducción. La amputación de una extremidad se trata de un proceso potencialmente discapacitante que afecta todos los aspectos de las actividades de la vida diaria de quien la padece. Su prevalencia ha ido en aumento en los últimos años, siendo las patologías vasculares la principal causa, seguida de traumatismos, neoplasias malignas y alteraciones congénitas.

La rehabilitación durante la etapa protésica tiene el objetivo de lograr la readaptación del paciente a sus actividades laborales y sociales. Es sabido que el desarrollo de la fuerza muscular tiene un impacto positivo en la deambulaci3n de estos pacientes, lo que convierte al entrenamiento de fuerza en una intervenci3n fundamental durante este per3odo.

Objetivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un programa de entrenamiento de la fuerza muscular en un grupo de pacientes con amputaci3n de miembro inferior durante la etapa protésica.

Materiales y métodos. Se llev3 a cabo una serie de casos con dise1o de ensayo cl3nico cruzado aleatorizado simple ciego. El estudio incluy3 cuatro pacientes amputados unilaterales de miembro inferior en etapa protésica, quienes realizaron dos protocolos, uno de fuerza y otro de resistencia, de seis semanas de duraci3n cada uno. Se evalu3, antes y despu3s de cada intervenci3n, la funcionalidad, la calidad de vida y la fuerza isométrica máxima.

Resultados. Los resultados mostraron que, tras el protocolo de fuerza, la funcionalidad mejor3 en la totalidad de los pacientes. En cambio, la evaluaci3n de la calidad de vida mostr3 hallazgos variables. En cuanto a la fuerza isométrica máxima, se registraron modificaciones de magnitud variable seg3n el movimiento evaluado, el miembro analizado y el paciente.

Conclusi3n. Se demostr3 que un entrenamiento de fuerza de seis semanas de duraci3n tuvo un impacto positivo sobre la funcionalidad, el riesgo de ca3das y la fuerza muscular en los pacientes con amputaci3n de miembro inferior. Sin embargo, se requieren nuevas investigaciones para establecer criterios más precisos de dosificaci3n y evaluar sus efectos a largo plazo y su impacto sobre la calidad de vida.

Palabras clave. Amputaci3n quirúrgica [DeCS], Amputation [MeSH], Fuerza muscular [DeCS], Muscle Strength [MeSH], Ejercicio físico [DeCS], Exercise [MeSH], Estado funcional [DeCS], Functional status [MeSH], Calidad de vida [DeCS], Quality of Life [MeSH].

ÍNDICE:

I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVOS	4
II.a Objetivo general	4
II.b Objetivos específicos	4
III. MARCO TEÓRICO	5
III.a Epidemiología	5
III.b Etiología	6
III.b.1 Enfermedad arterial periférica	6
III.b.2 Diabetes mellitus	7
III.b.3 Amputaciones traumáticas	9
III.b.4 Amputaciones por padecimientos oncológicos	10
III.b.5 Amputaciones congénitas	10
III.c Niveles de amputación	11
III.d Etapas de la rehabilitación	12
III.d.1 Etapa prequirúrgica	12
III.d.2 Etapa preprotésica	13
III.d.3 Etapa protésica	15
III.e Entrenamientos	17
III.e.1 Entrenamiento de fuerza	17
III.e.2 Entrenamiento de resistencia	21
III.f Funcionalidad y calidad de vida	23
III.g Tipos de prótesis	24
III.g.1 Prótesis convencionales	24
III.g.2 Prótesis osteointegradas	26
IV. JUSTIFICACIÓN	29
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
V.a. Estrategia de búsqueda bibliográfica	30
V.b. Combinación de palabras clave	30
V.c. Diseño del estudio	31
V.d. Criterios de inclusión	32
V.e. Criterios de exclusión	32

V.f. Criterios de eliminación	32
V.g. Evaluaciones	33
V.g.1. Funcionalidad.....	33
V.g.2. Calidad de vida	33
V.g.3. Fuerza isométrica máxima	34
VI. RESULTADOS	35
VI.a. Funcionalidad	35
VI.b. Calidad de vida.....	36
VI.c. Fuerza isométrica máxima	38
VI.c.1. Entrenamiento de fuerza.....	38
VI.c.2 Entrenamiento de resistencia	41
VII. DISCUSIÓN	44
VII.a. Funcionalidad	44
VII.b. Calidad de vida.....	45
VII.c. Fuerza isométrica máxima	46
VII.d. Fortalezas y limitaciones.....	48
VIII. CONCLUSIÓN	49
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
X. ANEXOS	62
X.a. Hoja de información	62
X.b. Consentimiento informado	64
X.c. Acuerdo de confidencialidad	65
X.d. WHOQOL-BREF.....	66
X.e. Protocolo de entrenamiento de fuerza	70
X.f. Protocolo de entrenamiento ACSM.....	73

I. INTRODUCCIÓN

Una amputación implica la pérdida de una extremidad, por lo que se trata de un proceso potencialmente discapacitante que afecta de forma esencial a todos los aspectos de las actividades de la vida diaria de quien la padece. Su etiología es múltiple, situando en primer lugar a las patologías vasculares. La diabetes mellitus representa actualmente la principal causa de amputación de miembros inferiores y se cree que es atribuible a la combinación de neuropatía periférica, caracterizada por hiposensibilidad, e infecciones derivadas. Las úlceras diabéticas asociadas a la neuropatía, deformidades resultantes en los pies y problemas de cicatrización de las heridas constituyen gran parte del riesgo de amputación en pacientes con diabetes mellitus. Por otro lado, siguiendo con las patologías vasculares, la enfermedad arterial periférica se define como un síndrome arterioesclerótico. Aunque su prevalencia aumenta con la edad y la exposición a determinados factores de riesgo, el paciente diabético es particularmente vulnerable a padecerla. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Ubicándose en segundo lugar, los traumatismos desempeñan un rol importante en la incidencia de lesiones del aparato locomotor, lo que lleva, en ocasiones, a tomar la decisión de amputar el miembro inferior con el fin de preservar la salud general del paciente. Por último, observado con menor frecuencia, tumores benignos y/o malignos y malformaciones congénitas que puedan alterar la función y las actividades de la vida diaria de los pacientes. ⁽¹⁾⁽³⁾

En cuanto al nivel de amputación, el aspecto más importante a considerar es que a mayor altura, mayor será el gasto de energía para efectuar la marcha y, al mismo tiempo, la velocidad disminuirá y el consumo de oxígeno se incrementará. Además, es importante que el muñón sea lo más largo posible para contar con un brazo de palanca fuerte que controle la prótesis. En términos de frecuencia, el nivel transtibial ocupa el primer lugar, seguidas por el transfemoral, mientras que las realizadas en pelvis, cadera, tobillo y pie se observan con menor frecuencia. ⁽⁴⁾

El proceso de rehabilitación del paciente amputado consta de distintas etapas. La primera corresponde a la fase prequirúrgica, que podría llevarse a cabo únicamente en casos de amputación no traumática, abarcando el periodo de tiempo comprendido entre la decisión de realizar la intervención y el acto mismo; una etapa preprotésica, con el fin de conseguir un buen estado del muñón, evitar contracturas musculares, aumentar o mantener el ROM adecuado, iniciar actividades de destreza corporal y

realizar el tratamiento de las manifestaciones sensoriales que pudiesen presentarse en el miembro amputado; y por último, la etapa protésica, que tiene el objetivo de lograr una correcta readaptación del paciente con su equipamiento en sus actividades de la vida diaria, entorno laboral y social. Dado que constituye uno de los momentos de mayor intervención desde la kinesiología, es sobre esta última etapa en la que nos centraremos en el presente estudio y más específicamente, en el entrenamiento de la fuerza muscular, cualidad física que debe ser desarrollada en estos pacientes dado que es un predictor de distancia recorrida, velocidad de marcha y nivel de movilidad. Además, los músculos más fuertes están relacionados a un menor costo metabólico, mejor equilibrio, y mayor resistencia entre las personas con amputación de miembro inferior, por lo que resulta clave incluir su valoración durante este periodo. Uno de los métodos más fiables para la evaluación de la fuerza muscular isométrica son los dinamómetros manuales y de presión, presentando ventajas frente a otros procedimientos dado que son más objetivos y repetibles. ^{(5) (6) (7)}

Durante esta etapa es importante considerar al paciente como un sujeto que cumple un rol en la sociedad y que como tal su objetivo de recuperación puede ser retornar a una actividad laboral/deportiva que requiera un programa de ejercicios adecuado. Normalmente en el ámbito del entrenamiento físico suele buscarse el valor de la máxima repetición, es decir, la máxima carga movilizada en una repetición con la adecuada técnica de ejecución, este valor equivale al 100% de la fuerza del sujeto para realizar el movimiento solicitado. Sin embargo, los pacientes con amputación de miembro inferior no se encuentran en condiciones de realizar 1RM dada la carencia en la adaptación de las partes blandas al uso y movilización de sobrecargas. Por esto, se propone el uso de una ecuación o fórmula, que ayuda a determinar el valor de 1RM sin realizar el esfuerzo a la máxima intensidad, sino que se selecciona una carga que resulte cómoda para el paciente y que pueda movilizar la máxima cantidad de veces posibles hasta la fatiga o hasta detectar un error técnico de ejecución y, en base a ese valor, programar el entrenamiento de la fuerza en función del objetivo terapéutico de la persona. ^{(8) (9)}

Se ha demostrado que, en pacientes con amputación transfemoral, la fuerza de los músculos flexoextensores y abductores de cadera del lado amputado se encuentra disminuida comparado al miembro contralateral, mientras que, en el nivel transtibial, la debilidad muscular es más prominente entre los flexores y extensores de rodilla del miembro residual en comparación con la extremidad intacta, este es un hallazgo clínicamente relevante puesto que la debilidad de estos músculos podría provocar un bajo rendimiento tanto en bipedestación como en la marcha; esta última estaría afectada

en cuanto a la velocidad y parece ser atribuible a longitudes de paso y zancadas más cortas relacionadas con la pérdida de la fuerza muscular. Asimismo, la fuerza extensora de cadera del miembro residual, seguida de la fuerza abductora fueron los mayores predictores de la resistencia a la marcha entre los pacientes. ^{(7) (10)}

En relación al tema desarrollado, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cuál es el efecto del entrenamiento de la fuerza muscular en pacientes con amputación de miembro inferior durante la etapa protésica?

II. OBJETIVOS

II.a. Objetivo general

Evaluar el efecto de un programa de entrenamiento de la fuerza muscular en un grupo de pacientes con amputación de miembro inferior durante la etapa protésica.

II.b. Objetivos específicos

- Analizar los efectos de los protocolos de ejercicios de fuerza muscular sobre la funcionalidad de los pacientes amputados de miembro inferior.
- Indagar sobre los efectos de los protocolos de ejercicios sobre la calidad de vida de los pacientes amputados de miembro inferior.
- Comparar los cambios que generan los protocolos de ejercicios en la fuerza y resistencia posterior a la realización de los mismos en pacientes amputados de miembro inferior.

III. MARCO TEÓRICO

III.a Epidemiología

La amputación se define como la pérdida parcial o total de una extremidad como consecuencia de un procedimiento quirúrgico indicado cuando no es posible preservar el segmento afectado. En la actualidad, la prevalencia de personas amputadas muestra un incremento sostenido, fenómeno que se asocia principalmente al envejecimiento de la población. Con la edad, se incrementa la incidencia de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus y la enfermedad vascular periférica, las cuales constituyen las principales causas de amputación de las extremidades inferiores. De acuerdo con datos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), estas patologías son responsables de aproximadamente entre el 40 y el 85% del total de las amputaciones de miembro inferior. Asimismo, se observa que la mayor proporción de personas amputadas se concentra en el grupo etario de 60 a 75 años, y que cerca del 90% de las amputaciones corresponden a la extremidad inferior. ⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾

Sin embargo, la etiología de la amputación es diversa y, siguiendo a las patologías vasculares, el trauma representa la segunda causa más frecuente. A diferencia de las amputaciones de origen vascular, la etiología traumática afecta predominantemente a los miembros superiores. En relación con el sexo y la edad, se ha informado que los hombres presentan un riesgo significativamente mayor que las mujeres. En la población masculina se describen dos picos etarios para las amputaciones traumáticas: uno entre los 20 y 29 años y otro entre los 70 y 79 años, mientras que en las mujeres el mayor número de casos se concentra entre los 70 y 79 años. El primer pico en adultos jóvenes se asocia principalmente a accidentes laborales y automovilísticos, mientras que el aumento observado en edades avanzadas se vincula, en gran medida, con las caídas. ⁽¹¹⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾

La amputación como consecuencia de procesos oncológicos es considerablemente menos frecuente en comparación con las etiologías mencionadas previamente. Gracias a los avances en la detección precoz y en los tratamientos médicos y quirúrgicos, se han desarrollado técnicas que permiten preservar las extremidades, lo que ha contribuido a una disminución de la tasa de amputaciones por neoplasias malignas. ⁽¹¹⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾

Por último, las deficiencias congénitas representan aproximadamente el 0,8% del total de las amputaciones. Estas pueden originarse a partir de alteraciones

genéticas, la exposición a agentes teratógenos ambientales o de la interacción entre factores genéticos y ambientales. ⁽¹¹⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾

III.b Etiología

IIIb.1 Enfermedad arterial periférica

La enfermedad arterial periférica (EAP) se caracteriza por la presencia de estenosis u oclusión que compromete a las arterias encargadas de irrigar las extremidades inferiores, pudiendo afectar cualquier segmento, desde el sector aortoiliaco hasta las arterias pedias, lo que provoca una disminución del flujo sanguíneo tisular. Si bien diversos procesos patológicos pueden originar esta condición, la causa más frecuente de obstrucción arterial es la aterosclerosis. ⁽¹⁵⁾

El síntoma más habitual de la EAP es la claudicación intermitente (CI), que se manifiesta como dolor, calambres o sensación de fatiga en las extremidades inferiores durante el esfuerzo físico y que cede con el reposo de aproximadamente 10 minutos. La localización de los síntomas suele corresponder al nivel proximal de la obstrucción arterial, por lo que el dolor puede referirse en la región glútea, en los muslos y/o en las pantorrillas. Sin embargo, muchos pacientes no experimentan la CI típica, manifestando síntomas atípicos o incluso permaneciendo asintomáticos. Esta situación reviste especial importancia clínica, ya que estos individuos, independientemente de la presencia de síntomas, presentan un peor pronóstico y una mayor limitación funcional de las extremidades en comparación con aquellos sin EAP. ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

La isquemia crítica de las extremidades (CLTI) constituye una forma grave de la EAP. Se caracteriza por la presencia de dolor isquémico en reposo, pérdida tisular o gangrena, con una duración mínima de dos semanas, asociada a signos de hipoperfusión. Por otro lado, la isquemia aguda de las extremidades (ALI) representa otra manifestación severa de la enfermedad y se define por una disminución súbita y significativa de la perfusión arterial de la extremidad, con una evolución inferior a dos semanas. Entre sus manifestaciones clínicas se incluyen dolor, palidez, ausencia de pulso, poiquilotermia, parestesias y parálisis con pérdida de la sensibilidad y de la función motora. La ALI se asocia de manera significativa con un mayor riesgo de eventos cardiovasculares adversos mayores, aumento de la mortalidad por todas las causas y una mayor probabilidad de amputación mayor, es decir, en los niveles transfemoral y transtibial. ⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾

Diversos factores de riesgo cardiovasculares, tales como la edad avanzada, el tabaquismo y la diabetes mellitus, se encuentran estrechamente relacionados con el desarrollo y la progresión de la EAP. El incremento observado en las tasas de amputación en estos pacientes se atribuye, en gran medida, a la creciente prevalencia de diabetes mellitus concomitante, estos pacientes suelen presentar formas más severas de EAP y poseen un riesgo hasta cinco veces mayor de sufrir una amputación de miembro inferior en comparación con pacientes con EAP no diabéticos. Este mayor riesgo se explica por la combinación de la isquemia arterial, la neuropatía periférica y la mayor susceptibilidad a infecciones asociadas a la diabetes mellitus mal controlada. (15)(19)(20)

III.b.2 Diabetes mellitus

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica caracterizada por un déficit absoluto o relativo de insulina, una hormona secretada por el páncreas que regula los niveles de glucosa en sangre. Puede clasificarse en DM tipo 1, en donde existe una alteración en la secreción de insulina por destrucción de las células beta pancreáticas, mediada predominantemente por mecanismos inmunológicos, la cual se presenta con mayor prevalencia en niños y adolescentes; y DM tipo 2, en la que hay una reducción de la acción de esta hormona, lo que se denomina resistencia a la insulina, con pérdida progresiva de la función de las células beta. Esta última es la que se observa con mayor frecuencia en la actualidad y se encuentra estrechamente relacionada con la amputación de miembros inferiores. El riesgo de desarrollarla se ve determinado por la interacción de factores genéticos y metabólicos, y se eleva cuando antecedentes familiares de DM, factores étnicos y un episodio de diabetes gestacional se combinan con la edad avanzada, sobrepeso y obesidad, alimentación poco saludable, falta de actividad física y tabaquismo. Dentro de la clínica, los pacientes pueden presentar síntomas como diuresis y sed excesiva, hambre permanente, adelgazamiento, alteraciones en la visión y cansancio. (21)(22)

Las úlceras del pie diabético (UPD) representan una complicación frecuente en la DM de larga duración y mal controlada. De los aproximadamente 537 millones de personas que padecen esta enfermedad a nivel global, entre el 19% y 34% desarrollarán una UPD en algún momento de su vida. Asimismo, cerca del 20% requerirá una amputación de la extremidad inferior, que puede ser menor, por debajo del tobillo, o mayor, por encima. (23)

Este tipo de lesiones preceden al 80% de las amputaciones en personas con diagnóstico de DM, y su desarrollo se asocia principalmente a la neuropatía diabética, considerada el resultado de factores metabólicos y vasculares en un contexto de hiperglucemia crónica. Esta afección se manifiesta como una polineuropatía simétrica caracterizada por dolor y parestesias o, en muchos casos, asintomática, junto a déficits sensitivos, motores y autonómicos, los cuales contribuyen a la aparición de las úlceras.
(20)(23)(24)

La neuropatía sensorial conduce a la disminución o pérdida de la sensibilidad protectora del pie, que se caracteriza por la pérdida de propiocepción, dolor y sensación de temperatura, lo que predispone a traumatismos menores no reconocidos y contribuye a una marcha anormal. La neuropatía motora genera un proceso de desgaste muscular, tendiendo a afectar preferentemente a la masa extensora de tobillo y pie. Este desequilibrio flexor – extensor deriva en deformidades del pie y anomalías biomecánicas. Como consecuencia, genera una distribución anormal de la presión que favorece la aparición de úlceras, generalmente por debajo de la cabeza del primer metatarsiano. Por último, la neuropatía autónoma produce modificaciones en las propiedades viscoelásticas de la piel. Genera una disminución de la sudoración, que ocasiona sequedad y fragilidad cutánea, predispone al agrietamiento espontáneo, reducción de la vasoconstricción inducida por el nervio simpático y alteración de la regulación microvascular de la piel, lo cual contribuye a edema local y, finalmente, al deterioro de la cicatrización.
(20)(23)(24)

Como consecuencia de estas alteraciones, es frecuente la formación de callos. Los microtraumatismos y la inflamación por el impacto repetitivo del pie mientras se soporta peso pueden derivar en una hemorragia debajo del callo que, tras su eliminación, se presenta como una úlcera de espesor total, es decir, el daño se extiende hacia el tejido subcutáneo (Figura 1). Otros mecanismos por los cuales pueden desarrollarse estas lesiones incluyen, zapatos apretados que causan necrosis tisular, o una presión extremadamente alta.
(24)

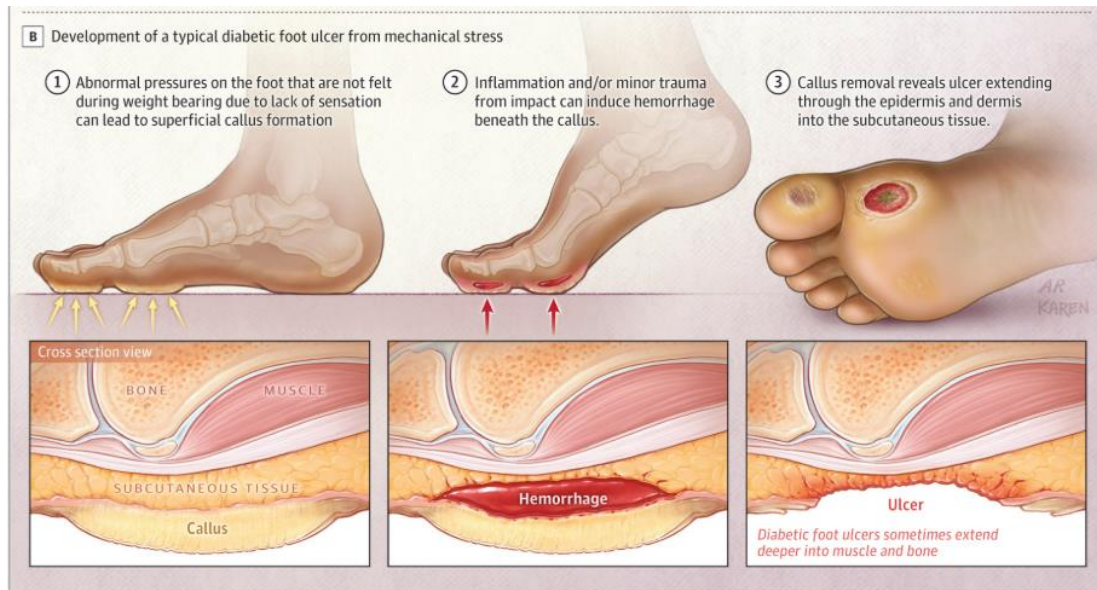


Figura 1. Vías hacia la ulceración del pie diabético (factores mecánicos e isquémicos) (24)

En ausencia de un tratamiento adecuado, las úlceras pueden evolucionar hacia la infección de tejidos blandos, gangrena e incluso la amputación de miembro inferior. Entre los pacientes que desarrollan una infección del pie diabético, la mayoría requerirá intervención quirúrgica para desbridamiento, y en aproximadamente un 15 – 20% de los casos será necesaria la amputación para lograr un adecuado control del foco infeccioso o favorecer la cicatrización. En aquellos que desarrollen una infección grave u osteomielitis, la tasa de amputación asciende a casi el 90 %, lo que constituye una complicación tardía del control inadecuado de la DM a largo plazo. (23)(24)

III.b.3 Amputaciones traumáticas

En los últimos años se ha observado un incremento en la incidencia de este tipo de amputaciones, las cuales pueden originarse por diversos mecanismos lesionales. En el ámbito laboral, el uso de maquinaria y herramientas representa un riesgo significativo, especialmente en entornos industriales, de construcción y en actividades domésticas, donde los incidentes asociados a estos equipos pueden ocasionar lesiones graves que, en determinados casos, requieren la amputación de la extremidad comprometida. De manera similar, los accidentes de tránsito han cobrado un papel relevante en la etiología de las amputaciones traumáticas, especialmente entre motociclistas y ciclistas, quienes, debido a la ausencia de estructuras de protección, presentan un mayor riesgo de sufrir lesiones graves con compromiso de los miembros. En el caso de los adultos mayores,

los peatones representan un grupo vulnerable con altas tasas de lesiones en la vía pública. ⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾

Asimismo, las caídas constituyen una causa importante de amputación. En adolescentes, los accidentes ocurren principalmente en entornos laborales, mientras que, en personas mayores, predominan las caídas desde el mismo nivel. Otro mecanismo, aunque menos frecuente, son las quemaduras eléctricas, las cuales pueden generar lesiones destructivas. Estas afectan progresivamente la piel y los tejidos más profundos, comprometiendo la funcionalidad del miembro afectado y, en muchos casos, resultando en la pérdida del mismo. Finalmente, el traumatismo en extremidades es la lesión más común en el contexto de combate, donde las heridas relacionadas con enfrentamientos bélicos presentan un alto riesgo de infección profunda y osteomielitis, condiciones que pueden hacer necesaria la amputación. ⁽²⁵⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾

III.b.4 Amputaciones por padecimientos oncológicos

La mayor parte de las amputaciones a causa de tumores malignos se debe a la presencia de osteosarcomas, que también representan el cáncer óseo pediátrico más común. Este tipo de tumor, de origen mesenquimal, se presenta más comúnmente en la metáfisis de huesos largos, a menudo extendiéndose hacia la epífisis, y su patogénesis está vinculada a un evento oncogénico en las células precursoras de osteoblastos, las cuales experimentan una rápida división celular durante el crecimiento óseo. En caso de requerir intervención quirúrgica, existen dos enfoques principales: la cirugía de salvamento de extremidades y la amputación. La primera técnica busca extirpar el tumor con márgenes de tejido sano, garantizando la eliminación completa de la lesión; sin embargo, cuando esta estrategia no es viable, se procede a la amputación como medida alternativa. ⁽³⁰⁾⁽³¹⁾⁽³²⁾

III.b.5 Amputaciones congénitas

Las deficiencias congénitas de las extremidades pueden manifestarse como la ausencia total de estas o como su desarrollo incompleto al momento del nacimiento. Generalmente se originan por interrupciones en el proceso de crecimiento del miembro durante la gestación o por la destrucción del tejido embrionario normal dentro del útero. Diversos factores pueden contribuir al origen de estas deficiencias, factores maternos como malnutrición, exposición a radiación, consumo de sustancias como alcohol y tabaco, y enfermedades como diabetes o hipertensión; factores fetales, como la

isquemia; y factores externos, como traumatismos, la administración de ciertos fármacos (incluyendo talidomida, anticonvulsivos, anticoagulantes), hormonas, o bacterias y sus toxinas. ⁽³³⁾⁽³⁴⁾

Dentro de las causas más comunes de amputaciones congénitas encontramos el síndrome de banda amniótica, que implica la compresión de tejidos blandos debido a la formación de bandas fibrosas dentro del saco amniótico, afectando principalmente las extremidades, pero pudiendo comprometer la región craneofacial y el tronco. Desde el punto de vista clínico, los efectos pueden incluir desuniones, malformaciones, hendiduras y la amputación de varias partes del cuerpo. ⁽³³⁾⁽³⁵⁾

En ciertos casos, el tratamiento incluye intervenciones quirúrgicas con el fin de alinear correctamente la extremidad afectada o compensar diferencias en la longitud de los miembros. En otros, se indica la extirpación quirúrgica del mismo, con el objetivo de dar una forma funcional al muñón y, posteriormente, facilitar la adaptación de una prótesis. ⁽³³⁾

III.c Niveles de amputación

Las amputaciones de miembro inferior se clasifican según el sitio anatómico en el que se realiza la intervención quirúrgica, existiendo distintos niveles en función de su altura. Entre ellas, adquieren relevancia las amputaciones transtibiales, por debajo de la rodilla, y transfemorales, por encima de la rodilla, no solo por ser las más frecuentes, sino también por el impacto funcional que conllevan. Además, pueden identificarse otros niveles como la desarticulación de cadera, rodilla y tobillo, la amputación de Syme, y las resecciones más distales, como las amputaciones de Lisfranc, Chopart, transmetatarsianas y digitales. ⁽³⁶⁾

El nivel de amputación influye significativamente en los patrones de marcha, especialmente al comparar amputaciones transfemorales y transtibiales. De forma general, se observa una reducción de la longitud de zancada, disminución de la velocidad de marcha y un incremento en el ancho de paso, representando una estrategia compensatoria frente a la pérdida de equilibrio y la limitada retroalimentación propioceptiva. Se ha identificado una mayor asimetría en la duración del paso y en la velocidad de marcha cuanto más proximal es el nivel de amputación. Esta asimetría se manifiesta también en el tiempo de apoyo, ya que los amputados transfemorales presentan una fase de apoyo más corta sobre la extremidad protésica. En cambio, los amputados transtibiales tienden a mantener un soporte más simétrico, beneficiándose

de la preservación de la articulación de la rodilla y de una mejor capacidad de control postural. ⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾

En cuanto al desplazamiento del centro de presión, este revela distintos patrones según el nivel anatómico comprometido. En amputaciones transfemorales se observa un mayor desplazamiento hacia la extremidad contralateral, lo que sugiere una sobrecarga de la pierna sana y una menor utilización funcional de la prótesis. También, se percibe un traspaso de peso abrupto del centro de presión hacia el lado protésico. En comparación, los amputados transtibiales presentan una menor variabilidad lateral del centro de presión, reflejando un mejor control y estabilidad durante la marcha. Finalmente, la proximidad del nivel de amputación implica un mayor consumo energético durante el desarrollo de las actividades de la vida diaria. Por tanto, las diferencias funcionales asociadas a dichos niveles hacen imprescindible un abordaje de rehabilitación específico, adaptado a las particularidades de cada paciente. ⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾

III.d Etapas de la rehabilitación

III.d.1 Etapa prequirúrgica

Durante esta etapa, los enfoques terapéuticos se orientan a optimizar el estado funcional del paciente previo a la amputación. Se busca preservar el rango articular completo de las extremidades no afectadas, así como mantener la movilidad de las articulaciones más proximales del miembro comprometido. Asimismo, es importante fortalecer las reservas cardíacas y pulmonares, ya que la condición física pre y posquirúrgica de estos pacientes tiende a ser baja, en gran parte debido a la presencia de comorbilidades como la diabetes mellitus y la enfermedad vascular periférica. La edad avanzada y la posible reducción de la motivación para mantener un buen estado físico también pueden constituir factores relevantes que afecten las capacidades funcionales y el rendimiento físico de estos pacientes en el período postoperatorio. Por este motivo, existe una mayor necesidad de programas específicos de ejercicios cardiovasculares y de fuerza muscular con el objetivo de mejorar su capacidad funcional antes de la amputación, lo que podría contribuir a un mejor desempeño físico y psicológico posterior a la cirugía, así como una mejora en la calidad de vida relacionada con la salud. ⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾

Además, esta etapa incluye cuidados preventivos para los miembros sanos y la educación del paciente. En este último aspecto, los profesionales deben proporcionar asesoramiento e información clara sobre el procedimiento quirúrgico, los programas de

rehabilitación, las opciones protésicas y los posibles resultados, de manera que la persona pueda tomar decisiones informadas y establecer objetivos para cada etapa de la rehabilitación. ⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾

III.d.2 Etapa preprotésica

Tras la amputación, resulta fundamental establecer un proceso de rehabilitación integral del paciente, que incluye el manejo adecuado de la herida quirúrgica y el control del edema del miembro residual, factores esenciales para prevenir complicaciones que interfieran con el uso posterior de una prótesis, asimismo, se incorporan estrategias de desensibilización y el uso continuo de apósitos, blandos o rígidos, con el objetivo de reducir el dolor y moldear adecuadamente el muñón. También es clave implementar ejercicios orientados al fortalecimiento muscular, lo que permitirá al paciente desenvolverse de manera autónoma en sus actividades cotidianas. ⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾

El edema es frecuente en los muñones recién amputados, principalmente en la parte distal del miembro, donde generalmente ocurren infecciones e inflamaciones. El vendaje elástico es una de las técnicas que ayudan a disminuirlo y debe iniciarse tan pronto como se retiren los puntos quirúrgicos. Para dicho objetivo, se recomienda utilizarlo 23 horas diarias, retirando y vendando nuevamente 4 o 5 veces al día para garantizar una compresión adecuada y debe realizarse en forma de ocho, desde la región distal hacia la proximal, aplicando mayor presión en la parte más distal del muñón (Figura 2). ⁽⁴²⁾

⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾



Figura 2. Técnica de vendaje en forma de ocho. (44)

Además de la reducción del edema, el vendaje ofrece otros beneficios. Entre ellos, contribuye a mejorar la circulación sanguínea previniendo la estasis venosa, tonifica el tejido flácido, acelera el proceso de cicatrización, protege la piel y alivia posibles molestias causadas por neuromas o dolor fantasma. Finalmente, propiciará a una adecuada forma y estructura del muñón, que le permitirá ser apto para la colocación de una prótesis. ⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾

La desensibilización constituye otra parte fundamental del proceso de rehabilitación y tiene como finalidad eliminar o disminuir las respuestas físicas o psicológicas provocadas por estímulos dolorosos o molestos en el muñón, el cual suele presentar una sensibilidad aumentada después de la cirugía que requiere ser tratada mediante intervenciones como masajes y golpeteos suaves, vibración, presión constante y la aplicación de diversos tejidos en la zona sensible. Una vez completada la cicatrización, se recomienda la terapia de masaje activo, la cual contribuye a evitar adherencias cutáneas y favorece una mayor transmisión sensorial. Además, este tipo de terapia entrena al paciente para tolerar la presión que se generará posteriormente en el contacto entre el muñón y la prótesis. ⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾

Otro aspecto a considerar durante el proceso de recuperación es la prevención de contracturas y deformidades articulares, ya que el posicionamiento inadecuado del miembro residual o la falta de movilización pueden conducir al desarrollo de contracturas difíciles de corregir, interfiriendo con la correcta alineación y adaptación de la prótesis. Las contracturas más frecuentes incluyen la flexión de rodilla en amputaciones transtibiales, y la abducción, rotación externa y flexión de cadera en amputaciones transfemorales. Cuando la contractura ya se ha desarrollado, la opción terapéutica más eficaz consiste en combinar ejercicios activos con técnicas de estiramiento para favorecer su mejoría. ⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾⁽⁴⁶⁾

Por último, la implementación de un programa de ejercicios favorece el flujo sanguíneo, incrementa la fuerza muscular, amplía el rango de movimiento y mejora la capacidad cardiorrespiratoria. Asimismo, contribuye a prevenir o corregir contracturas articulares existentes, reduce el edema del muñón y favorece la autonomía funcional. Para ello, se deben incorporar ejercicios de rango de movimiento articular junto con el fortalecimiento isométrico de ambas extremidades, ya que se asocian con una marcha protésica más funcional. Particularmente, se debe poner énfasis en los músculos extensores y abductores de cadera y la musculatura del tronco, por su rol en la estabilidad y el control postural. Cuando la condición clínica del paciente lo permite, es aconsejable comenzar

con ejercicios de transferencia y entrenamiento de la marcha sin prótesis, como preparación para la etapa de deambulaci3n protésica. ⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾⁽⁴⁷⁾

III.d.3 Etapa protésica

La etapa protésica constituye una fase fundamental dentro del proceso de rehabilitaci3n de las personas con amputaci3n de miembro inferior. Durante este per3odo, el individuo comienza la adaptaci3n f3sica y funcional a la pr3tesis, lo que implica no solo la integraci3n del dispositivo al esquema corporal, sino tambi3n el reaprendizaje de patrones motores b3sicos. En esta instancia se busca optimizar el ajuste y la alineaci3n protésica, favorecer la recuperaci3n de la fuerza y del equilibrio, y promover la adquisici3n de estrategias que permitan una marcha m3s eficiente y segura, donde el objetivo central ser3 alcanzar la mayor independenci3 funcional posible y mejorar la calidad de vida del paciente. ⁽⁴⁸⁾

Un requisito esencial para la movilidad de los usuarios de pr3tesis es mantener un equilibrio erguido estable. La amputaci3n de una extremidad incrementa considerablemente la demanda de control postural debido a la p3rdida de retroalimentaci3n sensorial, la disminuci3n del control muscular de la pierna amputada y la reducci3n del rango de movimiento del pie protésico. Estas limitaciones obligan al desarrollo de estrategias compensatorias de control del equilibrio. Una de las m3s frecuentes es la menor utilizaci3n de la pierna protésica en comparaci3n con la extremidad intacta, situaci3n que se observa tanto durante la bipedestaci3n como en la marcha. ⁽³⁸⁾⁽⁴⁹⁾

Las personas con amputaci3n de miembro inferior presentan mayores desplazamientos del centro de presi3n y alteraciones del equilibrio en comparaci3n con individuos sin discapacidad, especialmente en amputaciones m3s proximales y con mu1ones m3s cortos. Estas alteraciones generan compensaciones biomec3nicas que, si bien contribuyen a la estabilidad, aumentan el riesgo de dolor y lesiones musculoesquel3ticas, afectando la movilidad funcional. A su vez, la presencia de dolor lumbar o en las extremidades, la disminuci3n de la confianza en el equilibrio y la menor movilidad funcional se han identificado como determinantes en la probabilidad de ca3das recurrentes. En particular, la confianza en el equilibrio, entendida como la autopercepci3n de la capacidad para mantener la estabilidad durante actividades espec3ficas, ha sido se1alada como un predictor significativo tanto de la movilidad como de la participaci3n social. En este sentido, mejorar la estabilidad y la confianza en el

equilibrio resulta fundamental para favorecer la movilidad, la participación social y, en consecuencia, la calidad de vida en esta población. ⁽³⁸⁾⁽⁵⁰⁾⁽⁵¹⁾

En cuanto a la marcha, los pacientes amputados muestran parámetros espaciotemporales deteriorados, que incluyen una disminución de la duración de la fase de apoyo de la extremidad protésica, disminución de la longitud del paso de la extremidad intacta, flexión lateral del tronco hacia el lado protésico, frecuentemente asociada a debilidad de los abductores de cadera o a inestabilidad y molestias derivadas del encaje, y disminución de la cadencia y de la velocidad de marcha autoseleccionada en comparación con la población sana. Estos cambios pueden conducir a una reducción de la eficiencia energética y un aumento del estrés articular de la extremidad intacta y el tronco y, como consecuencia, pueden limitar la participación en actividades funcionales y recreativas y reducir la seguridad al deambular en la comunidad. ⁽⁵²⁾

Para mitigar las desviaciones de la marcha y mejorar la calidad de vida de las personas amputadas, resulta fundamental una adecuada prescripción de los componentes protésicos junto con la participación activa de un programa de rehabilitación, incluyendo ejercicio terapéutico, reeducación neuromuscular y entrenamiento de la marcha, lo que ha demostrado mejorar los parámetros espaciotemporales, la cinemática articular y la eficiencia durante la deambulación. ⁽⁵²⁾

Finalmente, el ejercicio constituye una parte muy importante durante esta etapa, teniendo como principales propósitos conservar el rango de movimiento articular, mantener el equilibrio entre la fuerza de músculos agonistas y antagonistas y mejorar la capacidad cardiorrespiratoria junto con la tolerancia al esfuerzo. Por consiguiente, el objetivo principal es lograr que el paciente pueda reincorporarse a su vida social alcanzando el mayor nivel posible de independencia y funcionalidad física. ⁽⁴³⁾

Asimismo, resulta fundamental animar a los pacientes a participar en actividades deportivas y recreativas adaptadas a sus posibilidades. Esto no solo favorece la integración social, sino que también ayuda a reducir el riesgo de desarrollar comorbilidades, como osteoartritis, obesidad o enfermedades cardiovasculares. La participación en actividades recreativas y de ocio genera beneficios tanto físicos como psicosociales, mientras que la práctica regular de actividad física diaria aporta ventajas que impactan de manera positiva en la salud y en la calidad de vida en general. ⁽⁴³⁾

III.e Entrenamientos

III.e.1 Entrenamiento de fuerza

El principio fundamental del entrenamiento de fuerza es la sobrecarga progresiva, que establece que el músculo debe someterse a cargas superiores a las habituales para desarrollar mayores niveles de fuerza. A medida que el tejido muscular se adapta y se vuelve más fuerte, requiere estímulos de mayor magnitud para promover incrementos adicionales. Esta progresión está estrechamente vinculada con la relación entre intensidad y volumen. Por lo tanto, cuando el objetivo es lograr incrementos significativos de fuerza, el entrenamiento debe orientarse hacia mayores resistencias y un menor número de repeticiones, favoreciendo así una estimulación mecánica acorde con este objetivo. ⁽⁵³⁾

Las adaptaciones neurológicas desempeñan un papel fundamental en la ganancia de fuerza, entre ellas destaca la movilización y sincronización de unidades motoras, reguladas por múltiples neuronas que transmiten impulsos excitadores e inhibidores. La contracción o relajación de las fibras musculares depende de la suma de estos impulsos, la unidad motora se activa únicamente cuando los estímulos excitatorios superan a los inhibitorios y se alcanza el umbral requerido. Las mejoras en la fuerza pueden originarse, en parte, por la capacidad de reclutar un mayor número de unidades motoras y hacer que actúen de manera más sincrónica, lo que facilita la contracción y aumenta la capacidad del músculo para generar fuerza. Paralelamente, existen mecanismos inhibitorios que limitan la producción de fuerza con el fin de proteger a los tejidos, como la acción de los órganos tendinosos de Golgi, responsables de la denominada inhibición autógena. Cuando la tensión supera un cierto umbral, estos receptores incrementan la actividad inhibitoria sobre las neuronas motoras del músculo implicado. El entrenamiento puede atenuar progresivamente estos impulsos inhibitorios, permitiendo que el músculo alcance niveles superiores de fuerza. ⁽⁵³⁾

Otros factores de origen neural también contribuyen en la mejora del rendimiento muscular. Uno de ellos es la coactivación entre músculos agonistas y antagonistas, es decir, para optimizar la fuerza producida por un agonista, es necesario minimizar la activación simultánea de su antagonista, ya que ésta genera una fuerza opuesta que reduce la eficacia del movimiento. La disminución de la coactivación, observada con el entrenamiento, explica una parte importante de las adaptaciones neuromusculares tempranas. Asimismo, la codificación de la frecuencia de descarga, entendida como el incremento en la tasa de activación de las unidades motoras, constituye otro mecanismo a través del cual el sistema nervioso incrementa la producción de fuerza. ⁽⁵³⁾

Si bien estas adaptaciones neurales son determinantes para las mejoras iniciales, el aumento sostenido de la fuerza depende de cambios estructurales dentro del propio tejido muscular. Las contracciones generadas durante el entrenamiento desencadenan una cascada de eventos de señalización que promueven la acumulación de proteínas intracelulares y, por lo tanto, el aumento del tamaño de la miofibra y la reorganización de la matriz extracelular. Aunque aún no se conocen por completo los mecanismos moleculares responsables de este proceso, en los últimos años se han logrado avances importantes, en particular en las áreas de la función y la biogénesis ribosomales, la actividad de las células satélite, la regulación transcripcional, la mecanotransducción y la señalización de las miocinas. Todos estos mecanismos interactúan entre sí para sostener la respuesta hipertrófica generada por el entrenamiento de fuerza. ⁽⁵³⁾⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾

En cuanto a la función y biogénesis ribosomal, la hipertrofia de las fibras musculares esqueléticas como respuesta adaptativa al entrenamiento, depende de un balance proteico neto positivo, con un anabolismo superando al catabolismo durante un período de tiempo prolongado. El aumento en la síntesis de proteínas requiere una mayor función ribosómica y puede producirse a través de dos mecanismos, ya sea mediante una mayor eficiencia ribosomal, es decir, un incremento en la cantidad de proteínas sintetizadas por cada ribosoma, o una mayor capacidad ribosomal mediante la biogénesis o producción de nuevos ribosomas. La evidencia disponible indica que ambos fenómenos intervienen en la hipertrofia muscular, aunque en los últimos años ha cobrado particular relevancia el rol de la biogénesis ribosomal como proceso clave. ⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾

Otro mecanismo fundamental para sostener la hipertrofia muscular es la participación de las células satélite, células madre miogénicas ubicadas entre la lámina basal y el sarcolema de cada fibra muscular que, si bien no están completamente diferenciadas, pertenecen en gran medida al linaje miogénico. Su relevancia radica en el concepto de dominio mionuclear, que plantea que cada núcleo dentro de una fibra multinucleada puede regular transcripcionalmente solo un volumen limitado de citoplasma. En consecuencia, cuando la fibra muscular experimenta una expansión significativa de su tamaño, se vuelve necesario incrementar el número de núcleos para sostener la demanda transcripcional asociada al crecimiento, que se cree que resultan de la diferenciación de las células satélite en mioblastos con capacidad de fusionarse en la miofibra en crecimiento como donantes nucleares. ⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾

Por otra parte, se ha destacado también la importancia del control del transcriptoma muscular sobre la respuesta adaptativa. Estudios recientes han

identificado más de seiscientos genes cuya expresión se modifica tras una sesión aguda de entrenamiento de fuerza, y cuyas variaciones se correlacionan con el grado de hipertrofia alcanzado por cada individuo. Asimismo, se ha demostrado que el transcriptoma de las fibras tipo IIa presenta modificaciones más marcadas que el de las fibras tipo I, y que el músculo de las personas jóvenes exhibe una respuesta transcripcional más evidente que el de los individuos mayores. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la idea de que la regulación transcripcional constituye un mecanismo central en la determinación del potencial de hipertrofia. ⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾

La mecanotransducción constituye otro fenómeno esencial, ya que describe cómo el músculo convierte los estímulos mecánicos del entrenamiento de fuerza en señales bioquímicas que activan procesos anabólicos. En la actualidad se reconoce que distintas estructuras del músculo presentan componentes capaces de detectar el estiramiento o la tensión mecánica, activando vías de señalización que promueven la síntesis proteica y el crecimiento de la fibra. Entre los mediadores más relevantes se encuentra el ácido fosfatídico, un lípido que aumenta en respuesta a la carga y actúa como señal mecanosensible capaz de activar directamente mTORC1, uno de los principales reguladores de la síntesis proteica. Este incremento en ácido fosfatídico depende de la actividad de enzimas mecanosensibles como la diacilglicerol-quinasa, que se activa durante el esfuerzo. Además, complejos estructurales como los costameros, que vinculan el sarcómero con el sarcolema y la matriz extracelular, funcionan como plataformas clave de mecanodetección. Proteínas asociadas al citoesqueleto, entre ellas desmina y plectina-1, también participan en este proceso, contribuyendo no solo a mantener la integridad estructural de la fibra, sino también a posicionar los núcleos y transmitir señales hacia el interior celular durante el estímulo mecánico. ⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾

Otras proteínas sarcoméricas, como las MARP, pueden incluso desplazarse desde el sarcómero hacia el núcleo cuando el músculo es sometido a carga, modulando factores de transcripción que regulan la expresión génica asociada al crecimiento. De forma conjunta, estos mecanismos muestran cómo la tensión mecánica se traduce en una respuesta molecular coordinada que favorece la síntesis de proteínas y, en última instancia, la hipertrofia muscular. ⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾

Por último, la señalización mediada por miocinas representa otro componente relevante en los procesos que regulan la hipertrofia. Las miocinas son citocinas, factores de crecimiento y otras proteínas que son sintetizadas y liberadas por el músculo esquelético. La contracción muscular es uno de los principales estímulos que regula la

producción y liberación de miocinas. Si bien todavía no se comprende por completo la función específica de muchas de ellas, se sabe que varias cumplen roles clave en la modulación del crecimiento muscular, ya sea promoviendo procesos anabólicos o regulando mecanismos inhibitorios. Entre las miocinas más estudiadas en relación con la hipertrofia se encuentran factores de crecimiento de fibroblastos, IL-4, IL-6, IL-8, IL-15, IGF-I, factor de crecimiento de hepatocitos, factor inhibidor de leucemia y miostatina. En los últimos años, gracias a técnicas de análisis molecular de alta resolución, se han identificado cientos de miocinas inducidas por la contracción, lo que sugiere que el músculo es un órgano secretor altamente complejo. Este hallazgo abre nuevas perspectivas para comprender cómo determinadas miocinas podrían participar de manera directa en la activación de vías moleculares que favorecen la síntesis proteica y la hipertrofia durante el entrenamiento de fuerza. ⁽⁵⁴⁾

Las adaptaciones neurales y los mecanismos que regulan la hipertrofia explican cómo el entrenamiento de fuerza mejora la capacidad del músculo para generar tensión; sin embargo, al trasladar estos procesos al contexto de las personas con amputación de miembro inferior, es necesario considerar que esta genera un impacto significativo en la función muscular de los miembros inferiores. La pérdida de las inserciones musculares distales al nivel de la amputación hace que parte de la musculatura remanente se vuelva ineficaz, asimismo, pueden aparecer diversas comorbilidades musculoesqueléticas, como dolor lumbar, osteoartritis, disminución de la densidad ósea y pérdida de volumen acompañada de atrofia muscular. Estas alteraciones comprometen la función neuromuscular y dan lugar a un déficit de fuerza, que, además, está influido por múltiples factores, incluidos la edad, el sexo, la etiología disvascular, la longitud del miembro residual, el tipo de procedimiento quirúrgico y el nivel de actividad física antes y después de la cirugía. Entre ellos, el envejecimiento y la reducción de la actividad física destacan como determinantes del deterioro muscular. ⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾⁽⁵⁸⁾

La distribución del déficit también varía según el nivel de amputación. En usuarios de prótesis transfemorales, se observa una disminución marcada de la fuerza en la articulación de la cadera, especialmente en los movimientos de abducción, aducción y flexión del miembro residual respecto a la extremidad sana. En los amputados transtibiales, la fuerza de la cadera se mantiene relativamente conservada, mientras que los principales afectados son los flexores y extensores de la rodilla. Sin embargo, incluso con prótesis de alta calidad, las alteraciones funcionales no se resuelven por completo. La simetría biomecánica de la marcha permanece modificada de manera permanente, lo que genera patrones de carga asimétricos y exige ajustes compensatorios continuos que se asocian con una atrofia progresiva del músculo

esquelético tanto en la extremidad afectada como en la región lumbar. La combinación de marcha asimétrica, pérdida de masa muscular y reducción de la fuerza incrementa las tensiones mecánicas sobre la columna, contribuyendo de forma sustancial al desarrollo de dolor lumbar. ⁽⁷⁾⁽⁵⁹⁾

De este modo, la pérdida de fuerza muscular repercute directamente en la bipedestación y la marcha, afectando el equilibrio, la movilidad, la eficiencia energética y la resistencia al caminar. Además, los patrones compensatorios asociados aumentan la susceptibilidad a patologías articulares y sobrecargas crónicas, por lo tanto, el fortalecimiento muscular debe considerarse un objetivo prioritario dentro de los programas de rehabilitación para personas amputadas. ⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁹⁾⁽⁶⁰⁾

III.e.2 Entrenamiento de resistencia

El entrenamiento de resistencia se caracteriza por la realización de ejercicio físico contra una carga relativamente baja durante períodos prolongados de tiempo, y su objetivo principal es mejorar la capacidad del organismo para sostener esfuerzos continuos o repetitivos, retrasando la aparición de la fatiga y optimizando el rendimiento físico. Desde el punto de vista funcional, la resistencia puede abordarse a partir de dos componentes estrechamente vinculados, por un lado, la resistencia muscular se define como la capacidad de un músculo o grupo muscular para mantener contracciones repetidas o estáticas de alta intensidad durante un período determinado. Por otro lado, la resistencia cardiorrespiratoria hace referencia a la capacidad del organismo para sostener ejercicios rítmicos y prolongados, y se encuentra estrechamente relacionada con el desarrollo y la eficiencia de los sistemas cardiovascular y respiratorio, así como con el metabolismo aeróbico. ⁽⁵³⁾⁽⁶¹⁾

Este tipo de entrenamiento induce adaptaciones significativas tanto en el sistema cardiovascular como en el sistema musculoesquelético, lo que se traduce en un aumento general de la capacidad funcional y del rendimiento durante el ejercicio. En cuanto a las adaptaciones centrales, se generan cambios en los distintos componentes del sistema de transporte de oxígeno, especialmente a nivel cardíaco que, en respuesta a la demanda crónica del ejercicio, experimenta un aumento del volumen de las cavidades cardíacas y del grosor de los espesores parietales. Esta hipertrofia fisiológica se produce como adaptación al incremento de la poscarga, ya que el ventrículo izquierdo debe contraerse contra una mayor tensión arterial en la circulación sistémica. El entrenamiento también favorece un mayor llenado ventricular, fenómeno atribuible en gran medida al aumento del volumen plasmático inducido por el ejercicio, lo que

incrementa el volumen telediastólico. A su vez, la disminución de la frecuencia cardíaca en reposo y durante el ejercicio a una misma carga de trabajo prolonga el tiempo de llenado diastólico, contribuyendo a una mayor capacidad de la cavidad ventricular, este fenómeno se asocia con un aumento del tono parasimpático y una reducción de la actividad simpática, lo que refleja una adaptación favorable del sistema nervioso autónomo al ejercicio crónico de resistencia. Como consecuencia de un mayor llenado diastólico y de una mayor contractilidad del ventrículo izquierdo, el volumen sistólico se incrementa, lo que se traduce en una mayor fracción de eyección en el corazón entrenado. ⁽⁵³⁾

Con respecto a las adaptaciones periféricas, se produce un aumento de la biogénesis mitocondrial, mayor densidad capilar del musculo entrenado, mayor apertura de los capilares preexistentes, redistribución más eficiente del flujo sanguíneo y un incremento del volumen sanguíneo total, lo que optimiza el aporte de oxígeno y sustratos energéticos y, por lo tanto, retrasa la aparición de la fatiga muscular durante un rendimiento aeróbico prolongado. ⁽⁶¹⁾⁽⁶²⁾

El consumo de oxígeno máximo ($VO_2\max$) se define como la cantidad de O_2 que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo, y constituye uno de los principales predictores de la capacidad aeróbica y cardiorrespiratoria de los individuos. Este parámetro está determinado por la eficiencia del sistema cardiovascular para bombear sangre, expresada a través del gasto cardíaco, y por la capacidad de los tejidos periféricos para extraer y utilizar el oxígeno, reflejada en la diferencia arteriovenosa de oxígeno. Las adaptaciones fisiológicas inducidas por el entrenamiento de resistencia optimizan de manera integrada estos procesos, favoreciendo una mayor disponibilidad y aprovechamiento del oxígeno durante el ejercicio, lo que se traduce en una mejora del $VO_2\max$ y del rendimiento aeróbico. ⁽⁶³⁾

En el caso de las personas con amputación de miembro inferior, estas adaptaciones adquieren una relevancia particular, dado que, en general, el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca al caminar son mayores en comparación con individuos sin amputación. Las asimetrías biomecánicas inherentes a la amputación generan estrategias compensatorias que reducen la eficiencia del trabajo muscular y elevan el esfuerzo requerido para realizar actividades funcionales. Por lo tanto, el entrenamiento de resistencia constituye una herramienta fundamental para mejorar la tolerancia al esfuerzo, optimizar la eficiencia metabólica y favorecer el desempeño funcional durante la marcha y las actividades de la vida diaria, contribuyendo de manera significativa a la autonomía y a la calidad de vida de esta población. ⁽⁶¹⁾⁽⁶³⁾⁽⁶⁴⁾⁽⁶⁵⁾

III.f Funcionalidad y calidad de vida

La amputación de miembros inferiores tiene un impacto significativo en la funcionalidad del individuo. Entre las principales limitaciones se destacan la disminución de la capacidad de equilibrio, de la velocidad al caminar y del nivel de actividad, junto con el aumento de la demanda metabólica, del riesgo de caídas y la dificultad para movilizarse en superficies más demandantes. ⁽⁷⁾⁽⁶³⁾⁽⁶⁶⁾

La movilidad, entendida como un componente esencial de la vida independiente, constituye un factor determinante para la calidad de vida y la integración social. La amputación compromete de manera significativa esta capacidad, generando dependencia de dispositivos de asistencia y condicionando la autonomía del individuo en actividades de la vida diaria. Diferentes aspectos influyen en el rendimiento funcional de estos pacientes, entre ellos la edad, el nivel y la causa de la amputación, la presencia de comorbilidades, el estado físico general y las características psicosociales. Se ha observado que las personas de mayor edad presentan menor movilidad en todos los niveles de amputación y etiologías, con peores resultados especialmente en casos de origen vascular. Además, la amputación más proximal se asocia con una disminución significativa en el potencial funcional, lo que repercute en la capacidad de utilizar la prótesis y en el desempeño durante la marcha. ⁽⁶⁶⁾⁽⁶⁷⁾⁽⁶⁸⁾

Las evaluaciones objetivas de movilidad, como el Timed Up and Go (TUG), han mostrado ser herramientas fiables para medir la funcionalidad. Los resultados de estas pruebas demuestran una relación directa entre la edad y el tiempo de ejecución, así como entre el nivel de amputación y el rendimiento funcional, siendo más desfavorables los tiempos de TUG en amputados transfemorales en comparación con los transtibiales. Por otra parte, el tiempo de uso de la prótesis influye de manera significativa en la adaptación física y psicológica del paciente. Se ha observado que cuanto mayor es la experiencia en el uso de la prótesis, mejores son los resultados funcionales, ya que el proceso de práctica y adaptación favorece la independencia y la confianza en la marcha. Así, la movilidad funcional en personas con amputación de miembros inferiores se encuentra reducida respecto de la población general, y depende de múltiples variables que incluyen factores físicos, sociales y temporales. ⁽⁶⁶⁾⁽⁶⁸⁾

En cuanto a la calidad de vida, esta se entiende como un concepto amplio que engloba diversas experiencias relacionadas con el bienestar general, implica un valor basado en el funcionamiento subjetivo en relación con las expectativas personales y se define por experiencias, estados y percepciones subjetivas. ⁽⁶⁹⁾

En personas con amputación de miembro inferior, la calidad de vida se ve afectada de manera integral, ya que no solo se limita a las restricciones funcionales, sino que también involucra aspectos psicológicos y sociales. La pérdida de una extremidad repercute directamente en la movilidad, la autonomía y la capacidad de participar en actividades laborales, recreativas y sociales, generando además un impacto significativo sobre la identidad, la percepción de la imagen corporal, el bienestar psicológico y la interacción con el entorno. Como consecuencia, síntomas como ansiedad, depresión, dolor, aislamiento social y alteraciones en la autoestima se describen como frecuentes. ⁽⁶⁹⁾⁽⁷⁰⁾

Otros factores pueden condicionar la calidad de vida de los amputados, como la edad, la presencia de comorbilidades, el dolor del miembro residual, el riesgo de caídas, el apoyo social, la motivación, las estrategias de afrontamiento y el nivel de amputación, ya que se ha documentado que amputaciones de nivel más proximal, como las transfemorales, se asocian con peores resultados en comparación con las transtibiales, debido a que pueden requerir períodos más largos de rehabilitación para recuperar la función y la independencia. ⁽⁷⁰⁾⁽⁷¹⁾

Por otro lado, el uso de prótesis y dispositivos de asistencia emerge como un factor determinante para mejorar la calidad de vida, ya que favorecen la recuperación de la movilidad, reducen la dependencia funcional y facilitan la reintegración social. Estudios señalan que la capacidad de caminar con una prótesis es el factor más influyente en la calidad de vida de esta población, siendo además un predictor de participación social, independencia y mejor integración comunitaria. ⁽⁷⁰⁾⁽⁷¹⁾⁽⁷²⁾

Si bien la calidad de vida de los amputados suele ser menor en comparación con la población general, investigaciones muestran que puede mejorar, siempre que el proceso de rehabilitación aborde tanto los aspectos físicos como los psicológicos y sociales. Por ello, resulta esencial diseñar intervenciones multidisciplinarias orientadas a potenciar la funcionalidad, el rendimiento físico, la estabilidad emocional y el soporte social, con el fin de optimizar la calidad de vida de los pacientes con amputación de miembro inferior. ⁽⁷⁰⁾

III.g Tipos de prótesis

III.g.1 Prótesis convencionales

El uso de una prótesis tras la amputación de miembro inferior cumple un rol fundamental en el proceso de rehabilitación ya que permite recuperar la autonomía en

las actividades diarias y mejorar la calidad de vida. Asimismo, puede tener un impacto positivo en la autoestima ayudando a mantener una apariencia natural. ⁽⁵¹⁾⁽⁷³⁾

En cuanto a los componentes protésicos, su elección se orienta a partir del nivel funcional del paciente. El encaje, que une la prótesis al muñón, es la pieza clave a la hora de garantizar una adecuada confortabilidad y tolerancia del dispositivo, lo que se traduce en un correcto funcionamiento y adaptación por parte del paciente. Los materiales que más se utilizan actualmente para la elaboración incluyen termoplásticos y resinas acrílicas. Por otro lado, el sistema de suspensión es el encargado de mantener la prótesis unida al muñón. El método más utilizado garantiza la suspensión a través del efecto de succión o ventosa, en donde se sostiene gracias a un tapón o válvula que sella un orificio ubicado en la parte distal del encaje. Al introducir el muñón, se genera una presión negativa en su interior que es sellada por la válvula y permite la expulsión del aire residual dentro del encaje. Otro sistema comúnmente empleado es el uso de una funda de silicona, conocida como liner, que envuelve y ajusta el muñón, y en su extremo distal incorpora un pin o tornillo que se inserta y fija en el fondo del encaje proporcionando una sujeción segura y estable. Además, existen otras alternativas como el sistema Kiss, que utiliza dos correas instaladas en el liner que pasan por un orificio superior y otro inferior hechos en el encaje, asegurándose externamente para garantizar una fijación eficiente. Finalmente, los diseños de liners con aros, o los aros instalados directamente en el encaje, conocidos como Pro - Seal, tienen la ventaja de reducir el área en la que la válvula de succión elimina el aire remanente. También generan un efecto de adherencia y limitan la entrada de aire en la parte inferior del muñón, optimizando el rendimiento del sistema de suspensión. ⁽⁷⁴⁾⁽⁷⁵⁾⁽⁷⁶⁾⁽⁷⁷⁾

En el caso de la amputación transfemoral, existen dos tipos de rodillas protésicas: mecánicas, que a su vez se pueden dividir en aquellas que disponen de un solo eje, es decir, monocéntricas o, varios ejes, policéntricas y, de tipo electrónico. ⁽⁷⁵⁾⁽⁷⁸⁾

Respecto a los dispositivos mecánicos, para garantizar estabilidad, podemos encontrar mecanismos que mantienen un bloqueo permanente en extensión, activándose con un pequeño movimiento de extensión del muñón, y se desactiva voluntariamente al tirar de un cable o, activarse solo cuando el paciente carga peso sobre la prótesis, desbloqueándose al liberar la carga. Sobre el control de movimiento, para ayudar a la impulsión de la rodilla protésica durante la fase de oscilación de la marcha, existen dispositivos que la regulan a través de una fricción constante o variable. En el caso de la primera, la oscilación queda regulada o prefijada, limitando al amputado a caminar a una única velocidad. La fricción variable proporciona distintas velocidades

durante la marcha, lo que hace que la cadencia del paso sea más armónica. Estos mecanismos funcionan con el control de fluido, utilizando la dinámica de fluidos para proporcionar una resistencia variable según los requerimientos de cada momento de la marcha. Están compuestos por cilindros con pequeños pistones que contienen aire, en caso de las rodillas neumáticas, o fluido, en el caso de las hidráulicas. Cuando la rodilla está flexionada se comprime el aire o fluido, almacenando energía que posteriormente se libera para proporcionar la fuerza necesaria en la fase de extensión. ⁽⁷⁵⁾

Las rodillas electrónicas, por otro lado, poseen microprocesadores integrados que pueden detectar el movimiento y el ritmo que lleva el paciente, ajustándose inmediatamente al tipo de marcha que desee. En lugar de mantener una única velocidad, estos dispositivos analizan en tiempo real la posición de la rodilla y el pie, así como las fuerzas de carga, para modificar continuamente la fricción durante las fases de oscilación y apoyo, optimizando así la movilidad y estabilidad. ⁽⁷⁵⁾⁽⁷⁸⁾

Por último, el componente más distal es el pie protésico, el cual tiene la función de transmitir las fuerzas de reacción del suelo al resto de la prótesis, amortiguar el impacto y compensar la ausencia de las articulaciones del pie y el tobillo. Entre los modelos más utilizados se encuentra el pie Sach, que no cuenta con articulaciones, pero logra simular de manera sencilla el funcionamiento de un pie humano gracias a su capacidad de deformidad elástica dentro del plano sagital. Por otro lado, el pie articulado, que posee la capacidad de deformarse de manera elástica dentro del plano sagital, facilitando tanto la flexión plantar como la dorsal. Gracias a estas características contribuye notablemente a mejorar la marcha de la persona amputada. Los pies de almacenamiento de energía o de respuesta dinámica, buscan equilibrar la rigidez con la flexibilidad. Absorbe la energía potencial y cinética que se produce en la toma de contacto del pie con el suelo bajo carga, liberándola después en el despegue del talón. Están fabricados con fibra de carbono, lo que les proporciona resistencia y eficiencia en el retorno de energía. ⁽⁷⁸⁾⁽⁷⁹⁾

III.g.2 Prótesis osteointegradas (POI)

La osteointegración en el contexto de la reconstrucción post amputación se define como un procedimiento quirúrgico en el que un implante metálico se ancla directamente al hueso residual y se conecta al sistema protésico a través de un conector transcutáneo. A diferencia de las prótesis convencionales, que dependen de un encaje que rodea los tejidos blandos del muñón, este método establece una fijación directa hueso-prótesis. ⁽⁸⁰⁾

Existen diferentes sistemas de implantes osteointegrados. El que se realiza con mayor frecuencia en la actualidad, es la prótesis osteointegrada para la rehabilitación del paciente amputado (OPRA), que se desarrolla en dos tiempos quirúrgicos. Primero se inserta un anclaje óseo intramedular de roscado de titanio y, tras un intervalo de seis meses, se realiza la aplicación de un pilar al implante que se exterioriza a través de la piel. De forma similar, la prótesis integral de pierna (ILP) también se realiza en dos etapas, aunque utiliza un implante de cobalto fijado mediante técnica de ajuste a presión y un intervalo más corto entre procedimientos. Por último, la prótesis de miembro osteointegrado (OPL) se caracteriza por realizarse en un único tiempo quirúrgico, empleando un sistema de fijación a presión tras la preparación secuencial del canal medular. ⁽⁸⁰⁾

Entre las principales ventajas de las POI se destaca la fijación estable de la prótesis al muñón. El implante se acopla directamente a un conector metálico permitiendo una integración más rígida y funcional, lo que reduce los microdeslizamientos que comprometen la estabilidad durante la marcha en los usuarios de prótesis convencionales. Además, al no ser necesario encaje, los cambios de volumen del muñón tampoco afectarán la adaptación de la prótesis. Otro fenómeno relevante es la osteopercepción, que se refiere al mecanismo de transducción sensorial originado por la estimulación mecánica de una prótesis fijada al tejido óseo. Este proceso es mediado por mecanorreceptores ubicados en músculos, articulaciones, piel y tejidos adyacentes al hueso, cuya señal aferente es conducida al sistema nervioso central y, como resultado, el paciente experimenta una sensación pasiva de la propia posición y funcionalidad sensoriomotora. ⁽⁸¹⁾⁽⁸²⁾

En cuanto al nivel de función, se demostró que los pacientes con POI presentan patrones de marcha más cercanos a los de sujetos sin amputación en comparación con quienes utilizan prótesis convencionales. Durante la fase de apoyo existe una mayor extensión de cadera y una disminución de la inclinación pélvica anterior. Asimismo, estudios encontraron que el uso de una POI resultó en mejoras significativas en la puntuación general de movilidad y en el tiempo de realización de la prueba de marcha de 6 minutos y Timed Up & Go (TUG), así como una reducción del costo energético durante de la deambulación. ⁽⁸²⁾⁽⁸³⁾⁽⁸⁴⁾

Con respecto a las desventajas, además de la dificultad para acceder a ellas debido a su alto costo, podemos mencionar el riesgo de infección debido a la comunicación entre el implante y el medio externo a través del estoma cutáneo, la posibilidad de fracturas, ya que una caída o un golpe sobre la prótesis va a repercutir

directamente sobre el hueso en donde está sujeto el implante, y el tiempo que transcurre entre la realización de la cirugía y el proceso de osteointegración completo, que suele ser, en promedio, de 18 meses. ⁽⁸¹⁾

IV. JUSTIFICACIÓN

La amputación de miembro inferior es una intervención quirúrgica que se observa cada día con mayor frecuencia, esto se debe mayormente al incremento de la población que presenta enfermedades cardiovasculares, siendo hoy la principal causa de amputación.

Actualmente existen diferentes estudios que se centran en la rehabilitación de estos pacientes, sin embargo, la investigación sobre el entrenamiento de la fuerza muscular es relativamente escasa.

Demostrar que este tipo de programas impacta de manera directa sobre la recuperación de estos pacientes, mejora su capacidad motora y así, su funcionalidad, podría resultar en nuevas estrategias terapéuticas que lleven a mejorar la calidad de vida de los individuos con amputación de miembro inferior. El fin es lograr que el paciente presente la mayor independencia posible, se buscará restablecer la función para permitir una reincorporación óptima a sus actividades diarias y reinsertarse tanto social como laboralmente.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

V.a. Estrategia de búsqueda bibliográfica

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica de la literatura, para la realización de una serie de casos en bases de datos como PubMed, Biblioteca Virtual en Salud y mediante búsqueda manual, teniendo en cuenta artículos publicados entre los años 2010 y 2025 relacionados al entrenamiento de fuerza muscular en pacientes con amputación de miembro inferior. La información obtenida se utilizó como referencia para definir el tipo de ejercicios, su frecuencia y dosificación dentro del programa de entrenamiento aplicado en el presente estudio, así como para la selección de los métodos de evaluación utilizados. La estrategia de búsqueda utilizada se presenta a continuación:

Palabra clave	DeCs	MeSH	Termino libre
Amputación	Amputación quirúrgica	Amputation	
Fuerza muscular	Fuerza muscular	Muscle Strength	
Resistencia	Resistencia física	Physical endurance	
Funcionalidad	Estado funcional	Functional status	Capacidad funcional
Calidad de vida	Calidad de vida	Quality of Life	
Programa de entrenamiento	Ejercicio físico	Exercise	Entrenamiento físico

IV.b. Combinación de palabras clave

Combinaciones DeCs

- ("Amputación quirúrgica") AND ("Ejercicio físico") AND ("Fuerza muscular")
- ("Amputación quirúrgica") AND ("Ejercicio físico") AND ("Resistencia física")
- ("Amputación quirúrgica") AND ("Ejercicio físico") AND ("Fuerza muscular") AND ("Resistencia física")
- ("Amputación quirúrgica") AND ("Ejercicio físico") AND ("Funcionalidad")
- ("Amputación quirúrgica") AND ("Ejercicio físico") AND ("Fuerza muscular") AND ("Funcionalidad")
- ("Amputación quirúrgica") AND ("Ejercicio físico") AND ("Calidad de vida")

Combinaciones MeSH

- ("Amputation") AND ("Exercise") AND ("Muscle Strength")
- ("Amputation") AND ("Exercise") AND ("Physical endurance")
- ("Amputation") AND ("Exercise") AND ("Muscle Strength") AND ("Physical endurance")
- ("Amputation") AND ("Exercise") AND ("Functional status")
- ("Amputation") AND ("Exercise") AND ("Muscle Strength") AND ("Functional status")
- ("Amputation") AND ("Exercise") AND ("Quality of Life")

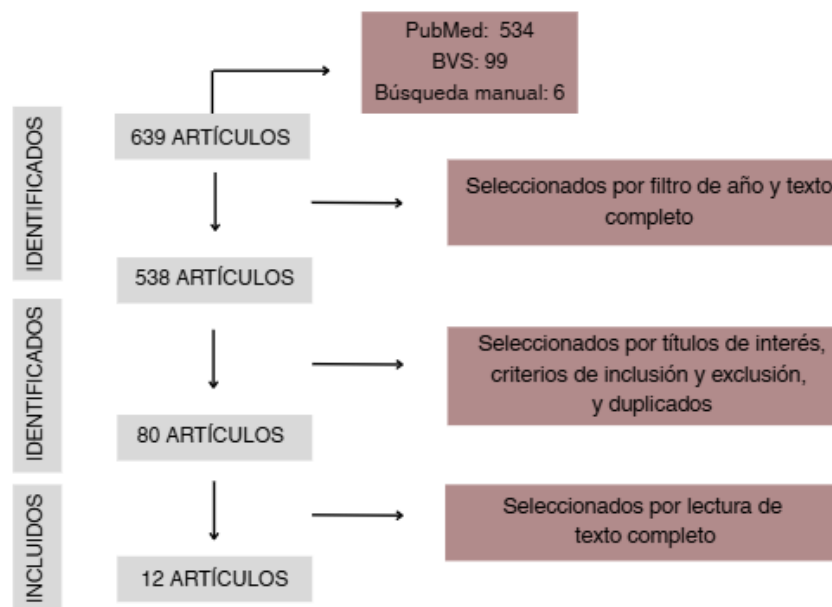


Figura 3. Diagrama de flujo – revisión bibliográfica

V.c Diseño del estudio

Se llevó a cabo una serie de casos con diseño de ensayo clínico cruzado aleatorizado simple ciego, a partir del proyecto de investigación (PID) "Entrenamiento de la fuerza muscular en pacientes amputados de miembro inferior", de la directora Prof. Lic. Gabriela Dell'Elce.

El estudio se desarrolló a lo largo de dieciséis semanas e incluyó la realización de dos protocolos de entrenamiento físico, uno de fuerza muscular y otro de resistencia, este último siguiendo las características de la ACSM (American College Sport Medicine). Ambos programas tuvieron una duración de seis semanas, separados por un período de wash – out o periodo de limpieza de cuatro semanas, en el cual los pacientes

continuaron con actividades destinadas al trabajo de equilibrio, propiocepción y estabilidad. La asignación del orden de los entrenamientos se realizó de manera aleatoria y la frecuencia fue de dos a tres sesiones semanales, según la disponibilidad de cada paciente.

Para la prescripción del entrenamiento de fuerza se estimó el valor de 1RM (repetición máxima) a partir de la determinación inicial de 5RM y luego se establecieron las cargas de trabajo correspondientes al 75%, 80%, 85% y 90% del 1RM.

Tanto el protocolo de fuerza como el protocolo de entrenamiento según la ACSM se encuentran desarrollados en los anexos E y F respectivamente.

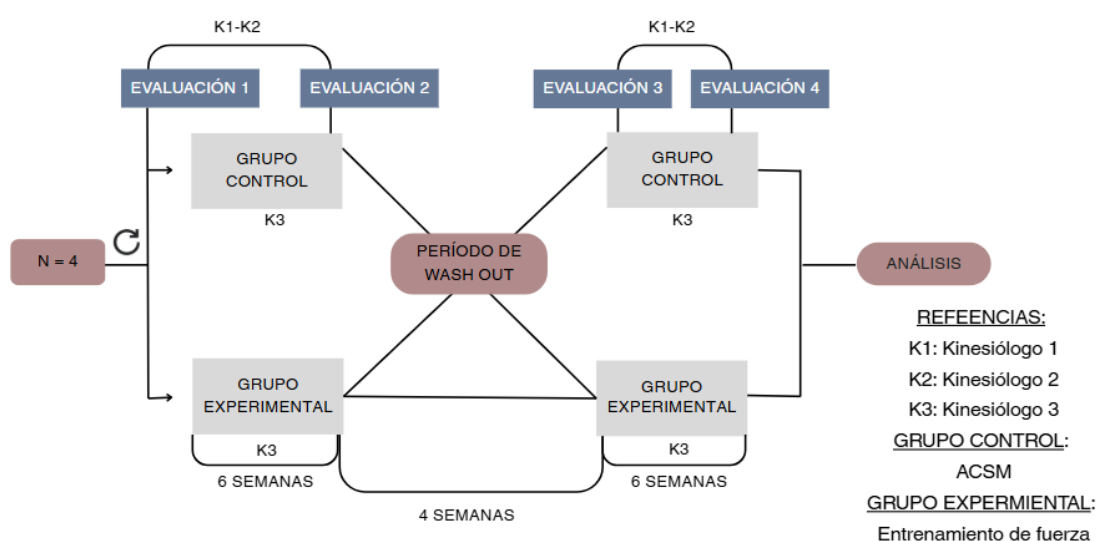


Figura 4. Diagrama de flujo – Diseño del estudio.

V.d Criterios de inclusión

Se incluyeron pacientes con amputación unilateral de miembro inferior, de nivel transtibial o transfemoral, usuarios de prótesis, con edades comprendidas entre 18 y 75 años, que hayan firmado el consentimiento informado y que estén aptos físicamente para realizar el entrenamiento.

V.e Criterios de exclusión

Se excluyeron pacientes con amputación bilateral de miembro inferior o amputación de miembro superior, así como aquellos que presentaran patologías que modifiquen su salud. También aquellos que no pudieran completar la evaluación inicial o que realizaran simultáneamente otro entrenamiento físico.

V.f Criterios de eliminación

Se consideraron como tales el fallecimiento, el abandono voluntario del tratamiento o la aparición de una enfermedad que impidiera la continuidad en el estudio.

V.g Evaluaciones

Se realizaron cuatro instancias de evaluación, antes y después de cada uno de los protocolos de entrenamiento, que estuvieron a cargo de los Licenciados Iván Roulet, Lassaga Ignacio y Rava Emiliano. Las variables de interés fueron la funcionalidad, la calidad de vida y la fuerza isométrica máxima.

V.g.1 Funcionalidad

Se valoró a través del Timed Up and Go (TUG), en el cual el paciente debe iniciar sentado en una silla, ponerse de pie, caminar 3 metros en línea recta, girar y volver a sentarse. Se registró el tiempo total empleado en segundos para completar la prueba, teniendo en cuenta que, en personas con amputación de miembro inferior, tiempos superiores a 19 segundos se asocian con un mayor riesgo de caídas. ⁽⁸⁵⁾



Figura 5. Evaluación de la funcionalidad a través del Timed Up and Go Test.

V.g.2 Calidad de vida

Se evaluó mediante el cuestionario World Health Organization Quality of Life – BREF (WHOQOL-BREF), compuesto por veintiséis preguntas, dos generales sobre

percepción de calidad de vida y satisfacción con el estado de salud, y veinticuatro agrupadas en cuatro dominios: salud física, salud psicológica, relaciones sociales y ambiente. Las respuestas se presentan en formato Likert de cinco opciones, donde puntuaciones más elevadas indican mejor calidad de vida. Estas se calcularon de acuerdo con el algoritmo de la Organización Mundial de la Salud. ⁽⁸⁶⁾

Dicho cuestionario se encuentra detallado en el anexo D.

V.g.3 Fuerza isométrica máxima

Se valoró mediante dinamometría manual digital, registrándose en ambos miembros inferiores los movimientos de flexión, extensión y abducción de cadera, midiendo tanto la fuerza pico, como la fuerza media.

La flexión se evaluó con el paciente ubicado en sedestación y los brazos cruzados sobre el pecho. El dinamómetro se colocó por encima de la rodilla, tanto del lado sano como del lado amputado. La fuerza en extensión se midió con el paciente en decúbito prono, ubicando el dinamómetro por encima del encaje protésico y en la parte distal de la pierna en la extremidad contralateral. En la abducción el instrumento se ubicó de la misma forma, mientras el paciente se posicionó en decúbito lateral.

Para cada movimiento se realizaron tres mediciones, calculándose posteriormente el promedio de las mismas. Los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar.



Figura 6. Evaluación de la fuerza isométrica máxima en los movimientos de flexión, extensión y abducción.

VI. RESULTADOS

La muestra estuvo conformada por cuatro pacientes amputados unilaterales de miembro inferior. En la Tabla 1 se presentan las características generales de los mismos.

Paciente	Edad	Sexo	Altura (cm)	Peso (Kg)	Nivel de amputación	Largo del muñón (cm)	Etiología	Años desde la amputación
1+	68	M	176	80	Transtibial	18	Úlcera diabética	7
2*	69	M	170	75	Transfemoral	13	Infección protésica	3
3*	63	M	169	82	Transfemoral	14	Úlcera diabética	1
4+	63	F	156	60	Transfemoral	15	Úlcera diabética	3

+ Inició con protocolo de resistencia * Inició con protocolo de fuerza

Tabla 1. Características de los participantes.

VII.a Funcionalidad

En relación con la funcionalidad evaluada mediante el TUG test, se observó una disminución en los tiempos de ejecución tras la aplicación de ambos protocolos en los cuatro participantes, indicando una mejora en el rendimiento funcional. Específicamente, el entrenamiento de fuerza registro una mejora que varió entre el 5% y el 25.6%. Con respecto al protocolo de resistencia estos cambios variaron entre el 1.8% y el 25.1%.

El protocolo de fuerza evidenció mayores cambios porcentuales en comparación con el protocolo de resistencia en la mayoría de los participantes. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

CASOS (n)	PROTOCOLO DE FUERZA		$\Delta\%$	PROTOCOLO DE RESISTENCIA		$\Delta\%$
	ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
1+	17,9 \pm 2,3	13,3 \pm 2,1	25,6	23,3 \pm 1,3	20,7 \pm 1,9	11,1
2*	21,9 \pm 1,7	16,6 \pm 2,6	24	18,3 \pm 0,5	13,7 \pm 1,5	25,1
3*	40,7 \pm 6,3	31,9 \pm 1,7	21,6	21,4 \pm 2,8	21 \pm 2,4	1,8
4+	9,7 \pm 0,3	9,2 \pm 0,7	5	13,8 \pm 2	11,4 \pm 1,4	17,3

$\Delta\%$: diferencia en porcentaje entre los valores antes y después de cada protocolo

Tabla 2. Resultados de la evaluación de funcionalidad a través de la prueba TUG.

VII.b Calidad de vida

El análisis de las puntuaciones obtenidas en el cuestionario WHOQOL-BREF se realizó por dominios (físico, psicológico, social y ambiental) evaluando cada uno de ellos de forma independiente con el objetivo de identificar variaciones específicas en las distintas dimensiones de la calidad de vida.

Las puntuaciones correspondientes a cada paciente se detallan en las Tablas 3, 4, 5 y 6.

PACIENTE 1+						
DOMINIO	PROTOCOLO DE FUERZA		$\Delta\%$	PROTOCOLO DE RESISTENCIA		$\Delta\%$
	ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
FÍSICO	45	52.5	16.6	45	50	11.1
PSICOLÓGICO	57.5	50	-13	57.5	50	-13
SOCIAL	65	40	-38.4	40	40	0
AMBIENTAL	42.5	40.6	-4.4	40	37.5	-6.2

$\Delta\%$: Diferencia en porcentaje entre las puntuaciones antes y después de cada protocolo

Tabla 3. Resultados de la evaluación de la calidad de vida según los dominios del cuestionario WHOQOL-BREF en el paciente 1.

PACIENTE 2*						
DOMINIO	PROTOCOLO DE FUERZA		$\Delta\%$	PROTOCOLO DE RESISTENCIA		$\Delta\%$
	ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
FÍSICO	42,5	42,5	0	42,5	55	29,4
PSICOLÓGICO	40	50	25	52,5	50	-4,7
SOCIAL	32,5	57,5	77	40	50	25
AMBIENTAL	42,5	62,5	47	55	67,5	22,7

$\Delta\%$: Diferencia en porcentaje entre las puntuaciones antes y después de cada protocolo

Tabla 4. Resultados de la evaluación de la calidad de vida según los dominios del cuestionario WHOQOL-BREF en el paciente 2.

PACIENTE 3*						
DOMINIO	PROTOCOLO DE FUERZA		$\Delta\%$	PROTOCOLO DE RESISTENCIA		$\Delta\%$
	ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
FÍSICO	42,5	45	5,8	37,5	45	20
PSICOLÓGICO	45	57,5	27,7	50	62,5	25
SOCIAL	32,5	40	23	57,5	40	-30
AMBIENTAL	55	65	18	57,5	57,5	0

$\Delta\%$: Diferencia en porcentaje entre las puntuaciones antes y después de cada protocolo

Tabla 5. Resultados de la evaluación de la calidad de vida según los dominios del cuestionario WHOQOL-BREF en el paciente 3.

PACIENTE 4+						
DOMINIO	PROTOCOLO DE FUERZA		$\Delta\%$	PROTOCOLO DE RESISTENCIA		$\Delta\%$
	ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
FÍSICO	42,5	50	17,6	50	50	0
PSICOLÓGICO	57,5	57,5	0	40	57,5	43,7
SOCIAL	50	50	0	32,5	32,5	0
AMBIENTAL	50	52,5	5	55	50	-9

$\Delta\%$: Diferencia en porcentaje entre las puntuaciones antes y después de cada protocolo

Tabla 6. Resultados de la evaluación de la calidad de vida según los dominios del cuestionario WHOQOL-BREF en el paciente 4.

VII.c Fuerza isométrica máxima

VII.c.1 Entrenamiento de fuerza

Las mediciones de la fuerza muscular posterior al entrenamiento mostraron modificaciones de magnitud variable según participante, movimiento evaluado y miembro analizado.

En el caso del paciente 1, se observaron incrementos en la extensión y la abducción del miembro sano, mientras que la flexión presentó una disminución. En el miembro amputado, se registraron descensos en la flexión y la extensión, con un aumento marcado en la abducción.

En el paciente 2, el miembro sano evidenció incrementos en la flexión y la extensión, mientras que la abducción mostró una reducción. En el miembro amputado, la flexión se mantuvo relativamente estable, con disminuciones en la extensión y la abducción.

Con respecto al paciente 3, el miembro sano presentó una disminución en la flexión y aumentos en la extensión y la abducción. En el miembro amputado, se registraron incrementos en los tres movimientos evaluados, destacándose aumentos pronunciados en abducción.

Finalmente, en el paciente 4, se observaron incrementos en todos los movimientos evaluados tanto en el miembro sano como en el amputado, con mayores magnitudes de cambio en la extensión de ambas extremidades.

En las Tablas 7 a 10, se presentan los valores de cada paciente.

PACIENTE 1+							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de fuerza		Post protocolo de fuerza		Δ% Pico	Δ% Media
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)		
Miembro sano	Flexión	18.1 ± 3.7	14 ± 1.3	13 ± 0.4	10 ± 0.6	-28.1	-28.5
	Extensión	9.2 ± 0.8	7.7 ± 1.1	10 ± 0.1	7.8 ± 0.1	8,6	1.2
	Abducción	8.3 ± 1.1	6.9 ± 0.8	8.7 ± 1.2	7.4 ± 0.9	4,8	7.2
Miembro amputado	Flexión	13.8 ± 2.5	11 ± 1.8	10,6 ± 0.8	8.7 ± 0.4	-23.1	-20.9
	Extensión	10.8 ± 2.8	8.8 ± 1.7	8.7 ± 1.1	7 ± 0.5	-19.4	-20.4
	Abducción	6.5 ± 0.1	5.5 ± 0.1	8.6 ± 0.6	7.4 ± 0.6	32.3	34.5

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 7. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de fuerza en el paciente 1.

PACIENTE 2*							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de fuerza		Post protocolo de fuerza		Δ% Pico	Δ% Media
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)		
Miembro sano	Flexión	19 ± 1.4	16.5 ± 0.8	26.1 ± 1.7	22.8 ± 1.3	37.3	38.1
	Extensión	11.2 ± 0.5	8.1 ± 0.2	12.4 ± 1.4	10.8 ± 1.3	10.7	33.3
	Abducción	16.2 ± 2.1	13 ± 1.3	14.1 ± 0.9	12.1 ± 0.8	-12.9	-6.9
Miembro amputado	Flexión	21 ± 3.8	17.9 ± 3.2	21.2 ± 1.6	18.7 ± 1.9	0.9	4.4
	Extensión	13.3 ± 0.6	10.1 ± 0.7	11.2 ± 5.4	9.5 ± 4.9	-15.7	-5.9
	Abducción	10.7 ± 1.7	8.9 ± 1.9	6.6 ± 0.2	5.4 ± 0.2	-38.3	-39.3

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 8. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de fuerza en el paciente 2.

PACIENTE 3*							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de fuerza		Post protocolo de fuerza		Δ% Pico	Δ% Media
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)		
Miembro sano	Flexión	15.8 ± 3.4	12.3 ± 2.6	9 ± 0.9	7.9 ± 0.8	-43	-35.7
	Extensión	7.6 ± 0.6	5.8 ± 0.2	8.3 ± 1	7 ± 0.8	9.2	20.6
	Abducción	7.5 ± 0.8	6.1 ± 0.7	8.6 ± 0.3	7.1 ± 0.3	14.6	16.3
Miembro amputado	Flexión	10 ± 1	8.8 ± 0.9	12.7 ± 0.9	10.5 ± 1.3	27	19.3
	Extensión	5.5 ± 0.7	4.5 ± 0.8	9.7 ± 0.6	8.4 ± 0.6	76.3	86.6
	Abducción	1.6 ± 0.1	1.5 ± 0.1	6.4 ± 2	5.3 ± 1.7	300	253.3

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 9. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de fuerza en el paciente 3.

PACIENTE 4+							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de fuerza		Post protocolo de fuerza		Δ% Pico	Δ% Media
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)		
Miembro sano	Flexión	16.5 ± 1.2	13.8 ± 1.4	17.5 ± 1.5	15.4 ± 1.5	6	11.5
	Extensión	8.3 ± 0.6	6.9 ± 0.5	11 ± 0.4	9.4 ± 0.4	32.5	36.2
	Abducción	11.3 ± 0.6	9.3 ± 0.6	11.9 ± 0.5	10.6 ± 0.6	5.3	13.9
Miembro amputado	Flexión	14.8 ± 0.6	12.2 ± 0.2	16.2 ± 2	14 ± 1.6	9.4	14.7
	Extensión	6.5 ± 0.1	5.2 ± 0.2	8.2 ± 0.2	7 ± 0.2	26.1	34.6
	Abducción	8 ± 0.1	6.8 ± 0.3	8.8 ± 0.5	7.7 ± 0.4	10	13.2

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 10. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de fuerza en el paciente 4.

VII.c.2 Entrenamiento de resistencia

En el paciente 1, el miembro sano presentó incrementos en los tres movimientos evaluados, con mayores variaciones en la abducción. En el miembro amputado se observaron aumentos en la extensión y la abducción, mientras que la flexión mostró una disminución.

El paciente 2, evidenció una disminución en la flexión del miembro sano, incremento en la extensión y valores estables en la abducción. En el miembro amputado se registraron descensos en la flexión y la abducción, con cambios mínimos en la extensión.

En el paciente 3, se observaron incrementos en los tres movimientos del miembro sano. En el miembro amputado se registraron aumentos en la flexión y la abducción, mientras que la extensión mostró una leve disminución.

Por último, el paciente 4, presentó incrementos tanto en la extensión y como en la abducción de ambos miembros, mientras que la flexión permaneció prácticamente sin cambios.

Los valores registrados de cada paciente se encuentran en las Tablas 11, 12,13 y 14, respectivamente.

PACIENTE 1+							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de resistencia		Post protocolo de resistencia		Δ%	Δ%
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)	Pico	Media
Miembro sano	Flexión	16.2 ± 3.7	12.5 ± 2.1	16.5 ± 4.7	12.1 ± 2	1.8	-3.2
	Extensión	8.9 ± 1.2	5.6 ± 0.8	9.4 ± 0.9	7.3 ± 0.4	5.6	30.3
	Abducción	10.4 ± 1	8.2 ± 0.3	11.5 ± 0.1	9.3 ± 0.1	10.5	13.4
Miembro amputado	Flexión	18.5 ± 1.8	14.3 ± 2	13.1 ± 0.5	10.9 ± 0.2	-29.1	-23.7
	Extensión	5.6 ± 0.5	4.5 ± 0.5	8.1 ± 0.1	6.2 ± 0.3	44.6	37.7
	Abducción	9.1 ± 1.2	7.6 ± 1.3	12.4 ± 1.6	8.8 ± 1	36.2	15.7

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 11. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de resistencia en el paciente 1.

PACIENTE 2*							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de resistencia		Post protocolo de resistencia		Δ% Pico	Δ% Media
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)		
Miembro sano	Flexión	21.7 ± 1.6	18 ± 0.7	16 ± 1.9	13.5 ± 1.7	-26.6	-25
	Extensión	9 ± 0.7	7.4 ± 0.8	10.1 ± 0.4	8.2 ± 0.2	12.2	10.8
	Abducción	14.2 ± 0.2	11.2 ± 0.3	14.2 ± 0.4	11.4 ± 0.3	0	1.7
Miembro amputado	Flexión	19.5 ± 0.5	15.4 ± 0.4	13.4 ± 0.2	10.4 ± 0.4	-31.2	-32.4
	Extensión	12.2 ± 1.2	10.2 ± 1.1	12.4 ± 1.6	9.2 ± 1.3	1.6	-9.8
	Abducción	16.9 ± 1.3	13.2 ± 1.2	14.3 ± 0.3	11.2 ± 0.3	-15.3	-15.1

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 12. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de resistencia en el paciente 2.

PACIENTE 3*							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de resistencia		Post protocolo de resistencia		Δ% Pico	Δ% Media
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)		
Miembro sano	Flexión	8.4 ± 0.4	7.4 ± 0.3	9.4 ± 0.2	8.3 ± 0.2	11.9	12.1
	Extensión	9.6 ± 2.9	7.8 ± 2	10.4 ± 0.4	8.5 ± 0.4	8.3	8.9
	Abducción	10.3 ± 0.3	9.3 ± 0.1	12.1 ± 0.3	10.2 ± 0.1	17.4	9.6
Miembro amputado	Flexión	14.8 ± 0.9	11.6 ± 0.3	18.8 ± 0.9	15.6 ± 1.2	27	34.4
	Extensión	11.5 ± 0.7	9.5 ± 0.9	11 ± 1.1	9.5 ± 1	-4.3	0
	Abducción	6.4 ± 0.6	5.1 ± 0.5	7.9 ± 0.4	6.7 ± 0.4	23.4	31.3

Δ%: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 13. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de resistencia en el paciente 3.

PACIENTE 4+							
Miembro	Movimiento	Pre protocolo de resistencia		Post protocolo de resistencia		$\Delta\%$	$\Delta\%$
		Fuerza pico (Kg)	Fuerza media (Kg)	Fuerza pico (kg)	Fuerza media (Kg)	Pico	Media
Miembro sano	Flexión	14.7 ± 0.8	12.3 ± 0.8	14.7 ± 1.8	11.8 ± 1.4	0	-4
	Extensión	5.2 ± 0.3	4.5 ± 0.4	9.3 ± 0.9	8 ± 0.8	78.8	77.7
	Abducción	9.8 ± 0.1	7.8 ± 0.6	11.1 ± 0.5	9.2 ± 0.5	13.2	17.9
Miembro amputado	Flexión	12.7 ± 2.3	10.6 ± 2	12.8 ± 0.2	10.6 ± 0.6	0.7	0
	Extensión	3.5 ± 0.4	2.9 ± 0.4	6.8 ± 1	5.6 ± 1	94.2	93.1
	Abducción	5 ± 0.7	4.2 ± 0.4	6.5 ± 0.2	5.4 ± 0.1	30	28.5

$\Delta\%$: Diferencia en porcentaje entre las mediciones antes y después del protocolo

Tabla 14. Medición de la fuerza isométrica máxima antes y después del protocolo de resistencia en el paciente 4.

VII. DISCUSIÓN

VII.a Funcionalidad

Los principales hallazgos mostraron que la aplicación del protocolo de fuerza generó un impacto positivo en el desempeño funcional de los pacientes evaluados mediante la prueba TUG, lo que resulta consistente con los hallazgos reportados por Pauley y cols.,⁽⁸⁷⁾ estudio que resulta relevante por su similitud metodológica con la presente investigación. En dicho trabajo se llevó a cabo un ensayo clínico cruzado simple ciego con aleatorización en el que los participantes realizaron un entrenamiento de fuerza de los abductores de cadera utilizando el valor de 10RM con una frecuencia de dos veces por semana durante ocho semanas, comparándolo con una intervención de control basada en ergometría de brazos. En contraste, en el presente estudio el entrenamiento de fuerza se aplicó durante seis semanas, utilizando el valor de 5RM y comparándose con un protocolo de resistencia de igual duración. A pesar de estas diferencias, Pauley y cols. mostraron una disminución del tiempo registrado en la prueba TUG de 17% tras el protocolo de fortalecimiento. Además, los autores observaron que una mayor proporción de participantes presentó mejoras superiores al cambio mínimo detectable en la prueba TUG tras el entrenamiento de fuerza en comparación con el grupo control. De manera similar, los pacientes evaluados en este estudio mostraron mayores cambios porcentuales en el tiempo de ejecución del TUG tras el entrenamiento de fuerza, lo que indica el potencial terapéutico de este tipo de intervención dentro de los programas de rehabilitación dirigidos a personas con amputación de miembro inferior.

Asimismo, se observó una relación directa entre los tiempos de ejecución del TUG y el tiempo de uso de la prótesis, considerando tanto el tiempo desde la amputación como las horas de uso diario. En este sentido, a mayor tiempo de experiencia con la prótesis, los pacientes tienden a presentar un mejor desempeño funcional. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Mukkamala y cols.⁽⁸⁸⁾ y Newton y cols.⁽⁸⁹⁾, quienes señalan que el mayor tiempo de uso protésico favorece la adaptación y genera un impacto positivo en la movilidad del paciente. Además, se observó una relación inversa entre el uso de dispositivos de asistencia para la deambulación y el tiempo registrado en la prueba TUG.

VII.b Calidad de vida

La evidencia disponible sobre los efectos del entrenamiento de fuerza muscular en la calidad de vida de los pacientes con amputación de miembro inferior es limitada. Los estudios identificados generalmente analizan programas de ejercicio combinados y emplean diversos instrumentos de evaluación, como el SF-36, el WHOQOL-BREF o el EQ-5D, entre otros. Este grado de variabilidad entre los estudios y la ausencia de una herramienta de evaluación estándar, dificulta establecer conclusiones específicas sobre el fortalecimiento muscular de forma aislada y limita la extrapolación de los resultados. ⁽⁷³⁾ Es por esto, que el presente estudio buscó aportar información sobre el impacto de este tipo de entrenamiento en la calidad de vida de los pacientes amputados.

De manera similar, Chang y cols. ⁽⁹⁰⁾, en una revisión sistemática y metaanálisis sobre intervenciones de ejercicio en personas con amputación, reportaron mejoras en variables de rendimiento físico como la función cardiopulmonar, la fuerza muscular, la flexibilidad y la velocidad de la marcha. No obstante, los autores señalan que el impacto del ejercicio sobre la calidad de vida aún no es concluyente, posiblemente debido a la heterogeneidad de los programas de entrenamiento, el tamaño reducido de las muestras y la variabilidad en las herramientas de evaluación utilizadas. Asimismo, destacan la importancia de que las prescripciones de ejercicio sean individualizadas y orientadas a objetivos específicos.

En este contexto, la presente investigación analizó los cambios en la calidad de vida tras la aplicación de los protocolos de ejercicio mediante el cuestionario WHOQOL-BREF. Al examinar los distintos dominios evaluados, se observó que tanto el entrenamiento de fuerza como el de resistencia se asociaron con mejoras en la percepción del dominio físico, lo que podría explicarse por el impacto del ejercicio sobre la movilidad, la capacidad funcional y la realización de actividades de la vida diaria. Delbello y cols. ⁽⁹¹⁾, señalan que, los estudios que incluyen intervenciones de fuerza muscular muestran beneficios en el rendimiento y la funcionalidad de las personas con amputación, lo que, a su vez, incide positivamente en su calidad de vida. En relación con esto, en este estudio se observaron mejoras en la movilidad funcional evaluada mediante la prueba TUG, lo que podría indicar que el entrenamiento aplicado favoreció la capacidad de equilibrio y disminuyó el riesgo de caídas, pudiendo relacionarse con las mejoras observadas en este dominio.

En este aspecto, también es pertinente mencionar los resultados de Godlwana y cols. ⁽⁹²⁾, quienes evaluaron calidad de vida a través del Euroqol-5D, en un ensayo

clínico aleatorizado simple ciego, en el que compararon un programa de fortalecimiento muscular de miembros inferiores, junto con la educación del paciente y la reeducación del equilibrio, la movilidad, transferencias y prevención de contracturas, con un grupo control. Los resultados mostraron mejoras significativas en la calidad de vida, relacionada con cambios positivos en la movilidad, el dolor y los síntomas de ansiedad/depresión, reforzando la idea de que las intervenciones orientadas a mejorar la función y la movilidad pueden influir positivamente en la percepción de la calidad de vida.

En cuanto a los dominios relacionados con la salud psicológica, social y ambiental, estos presentaron variaciones entre pacientes y entre los distintos protocolos. Si bien algunos participantes presentaron mejoras, en otros casos los cambios fueron mínimos o incluso negativos. Esta heterogeneidad en los resultados podría explicarse por el carácter multifactorial de la percepción de calidad de vida, la cual no depende únicamente de la mejora del rendimiento físico en términos de funcionalidad y movilidad, sino también de aspectos emocionales y motivacionales. En este sentido, variables como el apoyo social, tanto de familiares y amigos como de otros pacientes amputados, la aceptación de la nueva imagen corporal, las estrategias de afrontamiento y las condiciones del entorno pueden influir en el bienestar general, independientemente de los efectos directos del ejercicio. Por otra parte, Calabrese y cols. ⁽⁷²⁾ han señalado que el nivel de amputación puede incidir en la valoración, indicando que niveles más altos corresponden a puntuaciones más bajas de calidad de vida. Estos hallazgos no coinciden con los de la presente investigación, lo que podría deberse al reducido número de participantes y a las características particulares de la muestra analizada.

En conclusión, los cambios observados en estos dominios deben interpretarse considerando el carácter biopsicosocial de la calidad de vida en esta población.

VII.c Fuerza isométrica máxima

Los resultados del presente estudio mostraron que, en general, los mayores incrementos se dieron en los movimientos de extensión y abducción de cadera, tanto en el miembro sano como en el miembro protésico. Esto resulta particularmente relevante desde el punto de vista funcional, ya que Sawers y cols., ⁽⁶⁰⁾ demostraron que la debilidad de ambos grupos musculares se asoció con una reducción de la velocidad de marcha, la distancia y los niveles de actividad física. Además, cumplen un papel fundamental en la estabilidad pélvica y en el control del equilibrio durante la marcha.

Retomando el estudio de Pauley y cols. ⁽⁸⁷⁾, los autores demostraron que un programa de fortalecimiento de la musculatura abductora durante ocho semanas daba lugar a aumentos significativos de la fuerza. Asimismo, los autores señalaron que, antes de cualquier tipo de entrenamiento, la capacidad de producción de torque isométrico por parte de los abductores del lado amputado es hasta un 30% menor que el miembro sano. Esto coincide con nuestro estudio, ya que todos los pacientes presentaron una fuerza pico y fuerza media menor en el miembro amputado en comparación con el contralateral durante la abducción antes de iniciar con los protocolos, lo que refuerza la idea de incorporar programas de fortalecimiento en la rehabilitación de esta población.

Sin embargo, Pauley y cols. ⁽⁸⁷⁾ también observaron que, a pesar de las mejoras asociadas al ejercicio, los valores de fuerza alcanzados al finalizar el tratamiento permanecieron por debajo de los valores de referencia para adultos sanos de la misma edad. Además, la duración relativamente corta de la intervención y la ausencia de cambios significativos en la circunferencia del muñón sugieren que los efectos en la fuerza se debieron a las adaptaciones neurológicas asociadas al entrenamiento, más que a procesos de hipertrofia muscular. En este sentido, es posible que un mecanismo similar haya influido en los resultados del presente estudio, considerando que la duración del protocolo fue de seis semanas. Por esto, los autores plantean que la continuidad del entrenamiento podría favorecer mayores incrementos de fuerza muscular.

Por otra parte, Nolan y cols. ⁽⁹²⁾ evidenciaron un aumento de la fuerza de los músculos flexores y extensores de cadera tras la implementación de un programa domiciliario de diez semanas de duración, realizado dos veces por semana, que incluía ejercicios de equilibrio, coordinación y fortalecimiento de los músculos de la cadera. En contraste, el grupo control, que continuó con sus actividades habituales, no mostró cambios significativos. Según los autores, durante ese mismo período la realización de actividad física ocasional, como ejercicios aeróbicos, en lugar de entrenamiento de fuerza, puede asociarse con una disminución de la fuerza extensora de cadera.

De este modo, los hallazgos coinciden parcialmente con los obtenidos en el presente estudio, ya que se observaron incrementos en la fuerza de extensión de cadera en la mayoría de los casos. Sin embargo, a diferencia de lo reportado por dichos autores, los cambios en la flexión no fueron consistentes, siendo uno de los movimientos que presentó mayor variabilidad entre los pacientes evaluados. Asimismo, debe considerarse que el estudio de Nolan y cols. incluyó una muestra de mayor tamaño, lo que podría haber contribuido a una menor variabilidad en los resultados, y presentó una

edad media menor en comparación con la de los participantes de este trabajo, factor que podría influir en la respuesta al entrenamiento.

VII.d Fortalezas y limitaciones

Por último, es importante considerar tanto las fortalezas como las limitaciones de esta investigación. En cuanto a las fortalezas, se destaca el programa de entrenamiento estructurado y progresivo, con protocolos diferenciados de fuerza y resistencia. Estos presentan una alta aplicabilidad clínica al tratarse de ejercicios reproducibles y accesibles, lo que favorece su utilización en ámbitos de la rehabilitación, sumando evidencia en una población poco estudiada en contextos locales. Por otra parte, la realización de evaluaciones antes y después de cada fase del entrenamiento permitió comparar el desempeño de cada participante a lo largo del tiempo, posibilitando el análisis de su evolución individual.

Entre las principales limitaciones se encuentra el tamaño muestral reducido que podría limitar la extrapolación de los resultados. Además, el tiempo de intervención prolongado favoreció la falta de adherencia. A esto se suman factores externos, como los ajustes protésicos, la variabilidad de los componentes, la presencia de molestias o los cambios en el estado general de salud, que también influyeron en el desempeño funcional de los pacientes.

Por otra parte, la medición de la calidad de vida presenta un componente subjetivo, ya que se vio influenciada por factores emocionales, sociales y ambientales, por lo que los cambios observados no necesariamente dependen del entrenamiento. Finalmente, deben considerarse las barreras socioeconómicas presentes en parte de la muestra, tales como dificultades en el acceso al transporte y limitaciones en la cobertura de salud, las cuales condicionaron la adherencia al programa, el mantenimiento protésico y la percepción de calidad de vida.

VIII. CONCLUSIÓN

Los hallazgos obtenidos en el presente estudio sugieren que la implementación de un programa de entrenamiento de fuerza de seis semanas puede generar efectos positivos en personas con amputación de miembro inferior, contribuyendo a aumentar la fuerza muscular, reducir el riesgo de caídas y mejorar el desempeño funcional.

Sin embargo, resulta necesario el desarrollo de nuevas investigaciones, especialmente ensayos clínicos paralelos con un mayor tamaño muestral, que permitan analizar con más precisión los efectos del entrenamiento de fuerza como intervención específica. En este sentido, resulta relevante establecer criterios más claros en cuanto a la dosificación del ejercicio, así como determinar sus cambios a largo plazo y su posible repercusión sobre la calidad de vida de esta población.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Carrión Martin M., Carrión Pérez F. Epidemiología de la amputación. En: Zambudio Periago R. Prótesis, ortesis y ayudas técnicas. 1ª ed. España: Masson; 2009.p.15-19.
- 2) Barnes JA, Eid MA, Creager MA, Goodney PP. Epidemiology and Risk of Amputation in Patients With Diabetes Mellitus and Peripheral Artery Disease. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* [revista en internet]. 2020 [citado el 25 de septiembre de 2024]; 40(8):1808-1817. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32580632/>
- 3) Zárate Treviño A., Saucedo R. Etiología de las amputaciones. En: Vázquez Vela Sánchez E. Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p.11-14.
- 4) Domínguez Carrillo L.G. Niveles de amputación. En: Vázquez Vela Sánchez E. Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p.77-83.
- 5) Jofré Salinas J.C. Rehabilitación integral de amputados: una visión global [libro en internet]. 1ª ed. Chile: RIL editores;2018 [acceso 25 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://elibro.net/es/ereader/ugrelibro/105475?col_q=amputados&prev=col&col_code=ELC004
- 6) Raya MA, Gailey RS, Fiebert IM, Roach KE. Variables de deterioro que predicen la limitación de la actividad en personas con amputación de miembros inferiores. *Prosthetics and Orthotics International* [revista en internet]. 2010 [citado el 25 de septiembre de 2024];34(1):73-84. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3109/03093640903585008>
- 7) Hewson A, Dent S, Sawers A. Déficits de fuerza en usuarios de prótesis de miembros inferiores: una revisión exploratoria. *Prosthetics and Orthotics International* [revista en internet]. 2020 [acceso 20 de septiembre 2024]; 44(5):323-340. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309364620930176>
- 8) Seo D.I., Kim E., Fahs C.A., Rossow L., Young K., Ferguson S.L., et al. Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *J Sports Sci Med* [revista en internet]. 2012 [acceso 26 de septiembre 2024]; 11(2): 221–225. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737872/>

- 9) Abdul-Hameed U., Rangra P., Shareef M.Y., Hussain M.E. Reliability of 1-repetition maximum estimation for upper and lower body muscular strength measurement in untrained middle aged type 2 diabetic patients. *Asian J Sports Med* [revista en internet]. 2012 [acceso 26 de septiembre 2024]; 3(4): 267–273. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3525823/>
- 10) Fontes Filho C.H.D.S., Laett C.T., Gavilão U.F., Campos J.C. Jr., Alexandre D.J.A., Cossich V.R.A., et al. Bodyweight distribution between limbs, muscle strength, and proprioception in traumatic transtibial amputees: a cross-sectional study. *Clinics* [revista en internet]. 2021 [acceso 20 de septiembre 2024]; 44(5): 273-358. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1807593222001090>
- 11) Hajar Medina M. Epidemiología de las amputaciones en México. En: En: Vázquez Vela Sánchez E. *Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado*. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p.5-10.
- 12) Hicks CW, Selvin E. Epidemiology of peripheral neuropathy and lower extremity disease in diabetes. *Curr Diab Rep* [Internet]. 2019 [consultado 14 mayo 2025]; 19(10):86. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6755905/>
- 13) Varma P, Stineman MG, Dillingham TR. Epidemiology of limb loss. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2014 [consultado 14 mayo 2025]; 25(1):1-8. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4533906/>
- 14) Constantin VD, Socea B, Gaspar BS, Epistatu D, Paunica I, Dumitriu AS, et al. Limb Amputations; Etiopathogenesis, Diagnosis and the Multidisciplinary Therapeutic Approach. *J. Mind Med. Sci* [Internet]. 2022 [consultado 5 feb 2026]; 9(2):209-223. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2392-7674/9/2/24>
- 15) Aday AW, Matsushita K. Epidemiology of peripheral artery disease and polyvascular disease. *Circ Res* [revista en internet]. 2021 [consultado 14 mayo 2025];128(12):1818-1832. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCRESAHA.121.318535>
- 16) McDermott MM. Lower extremity manifestations of peripheral artery disease: the pathophysiologic and functional implications of leg ischemia. *Circ Res* [revista en internet]. 2015 [consultado 14 mayo 2025];116(9):1540-1550. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCRESAHA.114.303517>
- 17) Berchiolli R, Bertagna G, Adami D, Canovaro F, Torri L, Troisi N. Chronic limb-threatening ischemia and the need for revascularization. *J Clin Med* [Internet].

- 2023 [consultado 20 mayo 2025];12(7):2682. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10095037/>
- 18) Olinic DM, Stanek A, Tătaru DA, Homorodean C, Olinic M. Acute Limb Ischemia: An Update on Diagnosis and Management. J Clin Med. [Internet]. 2019 [consultado 20 mayo 2025];8(8):1215. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6723825/>
 - 19) Govsyeyev N, Nehler MR, Low Wang CC, Blomster J, Norgren L, Bonaca MP. Etiology and outcomes of amputation in patients with peripheral artery disease in the EUCLID trial. J Vasc Surg [revista en internet]. 2021 [consultado 20 mayo 2025]; 75(2): 660 - 670. Disponible en: [https://www.jvascsurg.org/article/S0741-5214\(21\)02161-3/fulltext](https://www.jvascsurg.org/article/S0741-5214(21)02161-3/fulltext)
 - 20) Barnes JA, Eid MA, Creager MA, Goodney PP. Epidemiology and Risk of Amputation in Patients With Diabetes Mellitus and Peripheral Artery Disease. Vasc Biol [revista en internet]. 2020 [consultado 21 mayo 2025];40(8):1808-1817. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/ATVBAHA.120.314595>
 - 21) Harreiter J, Roden M. Diabetes mellitus: definition, classification, diagnosis, screening and prevention (Update 2023). Wien Klin Wochenschr [revista en internet]. 2023 [acceso 2 abril 2025]; 135(1):7-17. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10133036/>
 - 22) Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la diabetes. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2016.
 - 23) McDermott K, Fang M, Boulton AJM, Selvin E, Hicks CW. Etiology, Epidemiology, and Disparities in the Burden of Diabetic Foot Ulcers. Diabetes Care [revista en internet]. 2023 [acceso 2 abril 2025]; 46(1):209–221. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9797649/>
 - 24) Armstrong DG, Tan TW, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers: A Review. JAMA [revista en internet]. 2023 [acceso 5 abril 2025]; 330(1):62–75. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10723802/>
 - 25) Rosas Osuna SR. Amputaciones por traumatismos. Lesiones no intencionales. En: Vázquez Vela Sánchez E. Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p.22-28
 - 26) Malta DC, Morais Neto OL, Cardoso LSM, Veloso GA, Andrade FMD, Vasconcelos AMN, et al. Road traffic injuries and deaths and the achievement of UN Sustainable Development Goals in Brazil: results from the Global Burden of Disease Study, 1990 to 2019. Rev Soc Bras Med Trop [revista en internet]. 2022 [acceso 3 de junio 2025]; 55(suppl 1): e0261 - 2021. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9038143/>

- 27) Bartley CN, Atwell K, Purcell L, Cairns B, Charles A. Amputation Following Burn Injury. *Journal of Burn Care & Research* [revista en internet]. 2019 [acceso 3 de junio 2025]; 40 (4): p. 430–436. Disponible en: <https://academic.oup.com/jbcr/article/40/4/430/5476606>
- 28) Pedrazzi N, Klein H, Gentsch T, Kim BS, Waldner M, Giovanoli P, et al. Predictors for limb amputation and reconstructive management in electrical injuries. *Burns* [revista en internet]. 2023 [acceso 3 de junio 2025]; 49 (5): p.1103-1112. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030541792200208X>
- 29) Petfield JL, Lewandowski LR, Stewart L, Murray CK, Tribble DR. IDCRP Combat-Related Extremity Wound Infection Research. *Mil Med* [revista en internet]. 2022 [acceso 3 de junio 2025]; 187(Supl.2): p. 25 – 33. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9278329/>
- 30) Vazquez Vela Echeverría A. Amputaciones por padecimientos oncologicos. En: Vázquez Vela Sánchez E. *Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado*. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p.35-42.
- 31) Brookes MJ, Chan CD, Baljer B, Wimalagunaratna S, Crowley TP, Ragbir M, et al. Surgical Advances in Osteosarcoma. *Cancers (Basel)* [revista en internet]. 2021 [acceso 29 de mayo 2025]; 13(3):388. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7864509/>
- 32) Papakonstantinou E, Stamatopoulos A, Athanasiadis D, Kenanidis E, Potoupnis M, Haidich AB, et al. Limb-salvage surgery offers better five-year survival rate than amputation in patients with limb osteosarcoma treated with neoadjuvant chemotherapy. A systematic review and meta-analysis. *J Bone Oncol* [revista en internet]. 2020 [acceso 29 de mayo 2025]; 25: 100319. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7567946/>
- 33) Vázquez Vela Echeverría A. Amputaciones en defectos de origen congenito. En: Vázquez Vela Sánchez E. *Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado*. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p.29-34.
- 34) Kurita H, Motoki N, Inaba Y, Misawa Y, Ohira S, Kanai M, et al. Maternal alcohol consumption and risk of offspring with congenital malformation: the Japan Environment and Children's Study. *Pediatr Res* [revista en internet]. 2021 [acceso 4 de junio 2025]; 90(2):479–486. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8460444/>
- 35) Phan TH, Thi Nguyen PT, Nguyen PN, Pham HH, Ngo QD, La Nguyen PT. Amniotic band syndrome leading to severe malformations of the newborn: a case report at Tu Du Hospital, Vietnam, and literature review. *Ann Med Surg (Lond)*

- [revista en internet]. 2023 [acceso 4 de junio 2025]; 85(3):592–597. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10060089/>
- 36) Dominguez Carrillo LG. Niveles de amputación. En: Vázquez Vela Sánchez E. Los amputados y su rehabilitación: Un reto para el estado. 1ª ed. México: Editorial Intersistemas SA;2016. p. 77-83.
- 37) Pantera E, Reneaud N, Dupeyron A, Pradon D. Impact of amputation level on gait disorders in transfemoral and transtibial amputees. *Gait & Posture* [revista en internet]. 2025 [acceso 31 de julio 2025]; 119: p.23 – 30. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636225001031>
- 38) Guerra G, Smith JD. Correlates of Balance and Aerobic Indices in Lower-Limb Prostheses Users on Arm Crank Exercise. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2021 [acceso 31 de julio 2025]; 19;21(20):6917. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/20/6917>
- 39) Webster JB, Crunkhorn A, Sall J, Highsmith MJ, Pruziner A, Randolph BJ. Clinical Practice Guidelines for the Rehabilitation of Lower Limb Amputation: An Update from the Department of Veterans Affairs and Department of Defense. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2019 [acceso 13 de agosto 2025]; 98(9): p. 820-829. Disponible en: https://journals.lww.com/ajpmr/fulltext/2019/09000/clinical_practice_guidelines_for_the.13.aspx
- 40) Esquenazi A, Meier III RH. Rehabilitation in Limb Deficiency. 4. Limb Amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* [revista en internet]. 1996 [acceso 13 de agosto 2025]; 77(3 Suppl): p.18-28. Disponible en: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(96\)90239-7/pdf](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(96)90239-7/pdf)
- 41) Hijmans JM, Dekker R, Geertzen JHB. Pre-operative rehabilitation in lower-limb amputation patients and its effect on post-operative outcomes. *Medical Hypotheses* [Internet]. 2020 [acceso 13 de agosto 2025];143: 110134. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306987720308239>
- 42) Choo YJ, Kim DH, Chang MC. Amputation stump management: A narrative review. *World J Clin Cases* [revista en internet]. 2022 [acceso 25 de agosto 2025]; 10(13): p.3981-3988. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9131228/>
- 43) Demir Y, Aydemir K. Gülhane lower extremity amputee rehabilitation protocol: A nationwide, 123-year experience. *Turk J Phys Med Rehabil* [revista en internet]. 2020 [acceso 25 de agosto 2025]; 66(4): p.373–382. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7756831/>

- 44) Matsumura AD, Resende JM, Chamlian TR. Avaliação pré e pós protética da circunferência dos cotos de amputados transtibiais. *Acta Fisiátr* [Internet]. 2013 [acceso 25 de agosto 2025]; 20(4):194-199. Disponible en: https://revistas.usp.br/actafisiatrica/pt_BR/article/view/103809/102281
- 45) Sánchez K, Henríquez M, Villareal M, Herrera E, Callender E. Vendaje compresivo en pacientes amputado a nivel transtibial. *Revista Semilla científica* [revista en internet]. 2023 [acceso 25 de agosto 2025]; 1(4): p. 296–302. Disponible en: <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/sc/article/view/1276/2158>
- 46) Ghazali MF, Abd Razak NA, Abu Osman NA, Gholizadeh H. Awareness, potential factors, and post-amputation care of stump flexion contractures among transtibial amputees. *Turk J Phys Med Rehabil* [revista en internet]. 2018 [acceso 26 de agosto 2026]; 64(3): p.268-276. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6657785/>
- 47) Ülger Ö, Yıldırım Şahan T, Çelik SE. A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation. *Physiother Theory Pract*. [revista en internet]. 2018 [acceso 26 de agosto 2025]; 34(11): p.821-834. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1425938>
- 48) Vieira RI, Luz SCT, Santos KPB, Gonçalves Junior E, Campos PVC. Intervenções fisioterapêuticas utilizadas em pessoas amputadas de membros inferiores pré e pós-protetização: uma revisão sistemática. *Acta Fisiátr*. [Internet]. 2017 [acceso 28 de agosto 2025];24(2): p.98-104. Disponible en: <https://revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/153639>
- 49) Kolářová B, Janura M, Svoboda Z, Kolář P, Tečová D, Elfmark M. Postural Control Strategies and Balance-Related Factors in Individuals with Traumatic Transtibial Amputations. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2021 [acceso 28 de agosto 2025]; 1;21(21):7284. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/21/7284>
- 50) Seth M, Horne JR, Pohlig RT, Sions JM. Pain, Balance-Confidence, Functional Mobility, and Reach Are Associated With Risk of Recurrent Falls Among Adults With Lower-Limb Amputation. *Arch Rehabil Res Clin Transl* [revista en internet]. 2023 [acceso 28 de agosto 2025]; 5(4):100309. Disponible en: [https://www.archives-rrct.org/article/S2590-1095\(23\)00071-X/fulltext](https://www.archives-rrct.org/article/S2590-1095(23)00071-X/fulltext)
- 51) Bourque MO, Schneider KL, Calamari JE, Reddin C, Stachowiak A, Major MJ, et al. Combining physical therapy and cognitive behavioral therapy techniques to improve balance confidence and community participation in people with unilateral transtibial amputation who use lower limb prostheses: a study protocol for a

- randomized sham-control clinical trial. *Trials* [revista en internet]. 2019 [acceso 28 de agosto 2025]; 20(1):812. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13063-019-3929-8>
- 52) Lathouwers E, Diaz MA, Maricot A, Tassignon B, Cherelle C, Cherelle P, et al. Therapeutic benefits of lower limb prostheses: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2023 [acceso 28 de agosto 2025];20(1):4. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12984-023-01128-5>
- 53) Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte* [libro en internet]. 6ªed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2007 [acceso 28 octubre 2025]. Disponible en: <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aauid:sc:VA6C2:f5461db1-e926-4ba7-9a7f-0c5b6f6d15ca?viewer%21megaVerb=group-discover>
- 54) Bamman MM, Roberts BM, Adams GR. Molecular Regulation of Exercise-Induced Muscle Fiber Hypertrophy. *Cold Spring Harb Perspect Med*. [revista en internet]. 2018 [acceso 10 de dic 2025];8(6): a029751. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5983156/>
- 55) Lim C, Nunes EA, Currier BS, McLeod JC, Thomas ACQ, Phillips SM. An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc*. [revista en internet]. 2022 [acceso 10 de dic 2025]; 54(9): p.1546-1559. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9390238/>
- 56) Rosario MLVV, Costa PB, da Silveira ALB, Florentino KRC, Casimiro-Lopes G, Pimenta RA, Dias I, et al. Effects of Resistance Training in Individuals with Lower Limb Amputation: A Systematic Review. *J Funct Morphol Kinesiol*. [revista en internet]. 2023 [acceso 10 de dic 2025]; 8(1):23. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9944843/>
- 57) Heitzmann DWW, Leboucher J, Block J, Günther M, Putz C, Götze M, et al. The influence of hip muscle strength on gait in individuals with a unilateral transfemoral amputation. *PLoS One* [revista en internet]. 2020 [acceso 10 de dic 2025]; 15(9): e0238093. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7467296/>
- 58) Sawers A, Fatone S. The relationship of hip strength to walking and balance performance in unilateral lower limb prosthesis users differs by amputation level. *PM R*. [revista en internet]. 2025 [acceso 10 de dic 2025]; 17(2): p.147-158. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11826971/>
- 59) Wasser JG, Herman DC, Horodyski M, Zaremski JL, Tripp B, Page P, et al. Exercise intervention for unilateral amputees with low back pain: study protocol for a randomised, controlled trial. *Trials*. [revista en internet]. 2017 [acceso 10 de

- dic 2025];18(1):630. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5747115/>
- 60) Demir Y, Kılınc Kamacı G, Örucü Atar M, Özyörük E, Özcan F, Korkmaz N, et al. Assessment of isokinetic hip muscle strength and predictors in patients with lower limb amputation: A cross-sectional study. *Turk J Phys Med Rehabil.* [revista en internet]. 2023 [acceso 10 de dic 2025]; 69(4): p.526-534. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11099856/>
- 61) Hughes DC, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harb Perspect Med.* [revista en internet]. 2018 [acceso 4 de feb 2026]; 8(6): a029769. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5983157/>
- 62) Mrówczyński W. Health Benefits of Endurance Training: Implications of the Brain-Derived Neurotrophic Factor-A Systematic Review. *Neural Plast* [revista en internet]. 2019 [acceso 4 de feb 2026]; 2019:5413067. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6613032/>
- 63) van Schaik L, Geertzen JHB, Dijkstra PU, Dekker R. Metabolic costs of activities of daily living in persons with a lower limb amputation: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* [revista en internet]. 2019 [acceso 4 de feb 2026]; 14(3):e0213256. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6426184/>
- 64) Storey KK, Geschwindt A, Astorino TA. Hemodynamic and Metabolic Responses to Moderate and Vigorous Cycle Ergometry in Men Who Have Had Transtibial Amputation. *Int J Environ Res Public Health* [revista en internet]. 2024 [acceso 4 de feb 2026]; 21(4):450. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11050650/>
- 65) Braga de Lima D, Weber FM, Caviquioni T, Boese da Silva G, Domingos dos Santos P, Cascaes da Silva F, et al. Métodos de treinamento aeróbicos e/ou resistidos para pessoas com amputação de membro inferior: uma revisão sistemática. *Acta Fisiátr.* [Internet]. 2021 [acceso 4 de feb 2026]; 28(3): p.184-189. Disponible en:
https://revistas.usp.br/actafisiatrica/pt_BR/article/view/188838
- 66) Karaali E, Duramaz A, Çiloğlu O, Yalın M, Atay M, Aslantaş FÇ. Factors affecting activities of daily living, physical balance, and prosthesis adjustment in non-traumatic lower limb amputees. *Turk J Phys Med Rehabil.* [revista en internet]. 2020 [acceso 25 de sep 2025]; 66(4): p.405-412. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7756832/>

- 67) Mukkamala N, Vala S. Functional Mobility in Individuals With Lower Limb Amputation: An Observational Study. *Cureus* [revista en internet]. 2024 [acceso 25 de sep 2025]; 16(1): e52759. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10882146/>
- 68) Inghilterra DL, Miller TA, Stevens PM, Campbell JH, Wurdeman SR. Mobility Analysis of Amputees (MAAT 7): Normative Mobility Values for Lower Limb Prosthesis Users of Varying Age, Etiology, and Amputation Level. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2022 [acceso 25 de sep 2025]; 101(9): p.850-858. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9377488/>
- 69) Enweluzo GO, Asoegwu CN, Ohadugha AGU, Udechukwu OI. Quality of Life and Life after Amputation among Amputees in Lagos, Nigeria. *J West Afr Coll Surg*. [Internet]. 2023 [acceso 24 de sep 2025]; 13(3): p.71-76. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10395860/>
- 70) Calabrese L, Maffoni M, Torlaschi V, Pierobon A. What Is Hidden behind Amputation? Quanti-Qualitative Systematic Review on Psychological Adjustment and Quality of Life in Lower Limb Amputees for Non-Traumatic Reasons. *Healthcare (Basel)* [Internet]. 2023 [acceso 24 de sep 2025]; 11(11):1661. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10252808/>
- 71) Pran L, Baijoo S, Hamanan D, Slim H, Maharaj R, Naraynsingh V. Quality of Life Experienced by Major Lower Extremity Amputees. *Cureus* [Internet]. 2021 [acceso 24 de sep 2025]; 13(8): e17440. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8462540/>
- 72) Hando DJ, Byomuganyizi MJ, Ngendahayo JB, Khamisi RH, Kivuyo NE, Kunambi PP, et al. Factors Influencing the Health-Related Quality of Life Among Lower Limb Amputees: A Two-Center Cross-Sectional Study. *East Afr Health Res J*. [Internet]. 2023 [acceso 24 de sep 2025]; 7(1): p.121-126. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10388641/>
- 73) Baars EC, Schrier E, Dijkstra PU, Geertzen JHB. Prosthesis satisfaction in lower limb amputees: A systematic review of associated factors and questionnaires. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2018 [acceso 9 de abril 2025]; 97(39): e12296. Disponible en: https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2018/09280/prosthesis_satisfaction_in_lower_limb_amputees_a.25.aspx
- 74) Ministerio de Salud y Protección Social. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio de la persona amputada, la prescripción de la prótesis y la rehabilitación integral: guía

- para pacientes y cuidadores. Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social; 2015.
- 75) Fernández González A. Prótesis en amputaciones femorales. En: Zambudio Periago R. Prótesis, ortesis y ayudas técnicas. 1ª ed. España: Masson; 2009.p.69-87.
- 76) Maldonado-Moreno JF, Martínez-Castañeda JS, Beltrán-Malaver YD, Riveros-Pineda IC, Tovar-Hernández GD. Metodología de producción de prótesis de miembro inferior. Rev UIS Ing [Internet]. 2024 [acceso 9 de abril 2025]; 23(2): p.167-186. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/14961>
- 77) Youngblood RT, Brzostowski JT, Hafner BJ, Czerniecki JM, Allyn KJ, Foster RL, et al. Effectiveness of elevated vacuum and suction prosthetic suspension systems in managing daily residual limb fluid volume change in people with transtibial amputation. Prosthet Orthot Int. [Internet]. 2020 [acceso 9 de abril 2025]; (3): p.155-163. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7443051/>
- 78) O'Keeffe B, Rout S. Prosthetic Rehabilitation in the Lower Limb. Indian J Plast Surg. [Internet]. 2019 [acceso 9 de abril 2025]; 52(1): p.134-143. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6664837/>
- 79) Salinas Castro F, Cohí Rimbau C. Pies protésicos. En: Zambudio Periago R. Prótesis, ortesis y ayudas técnicas. 1ª ed. España: Masson; 2009.p.43-50.
- 80) Hoellwarth JS, Tetsworth K, Rozbruch SR, Handal MB, Coughlan A, Al Muderis M. Osseointegration for amputees: current implants, techniques, and future directions. JBJS Rev [Internet]. 2020 [acceso 20 de mayo 2025];8(3): e0043. Disponible en: https://journals.lww.com/jbjsreviews/fulltext/2020/03000/osseointegration_for_a_mputees_current_implants.9.aspx#JCL-P-10
- 81) Zambudio Periago R. Osteointegración en amputados. En: En: Zambudio Periago R. Prótesis, ortesis y ayudas técnicas. 1ª ed. España: Masson; 2009.p.191-196.
- 82) Leijendekkers RA, van Hinte G, Frölke JP, van de Meent H, Nijhuis-van der Sanden MWG, Staal JB. Comparison of bone-anchored prostheses and socket prostheses for patients with a lower extremity amputation: a systematic review. Disabil Rehabil [Internet]. 2017 [acceso 20 de mayo 2025];39(11): p.1045-1058. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638288.2016.1186752>

- 83) Van de Meent H, Hopman MT, Frölke JP. Walking ability and quality of life in subjects with transfemoral amputation: a comparison of osseointegration with socket prostheses. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2013 [acceso 20 de mayo 2025]; 94(11): p.2174-2178. Disponible en: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(13\)00433-4/fulltext](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(13)00433-4/fulltext)
- 84) Hagberg K, Hansson E, Brånemark R. Outcome of percutaneous osseointegrated prostheses for patients with unilateral transfemoral amputation at two-year follow-up. Arch Phys Med Rehabil. [Internet]. 2014 [acceso 20 de mayo 2025]; 95(11):2120-7. Disponible en: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(14\)00503-6/](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(14)00503-6/)
- 85) Dite W, Connor H, Curtis H. Clinical Identification of Multiple Fall Risk Early After Unilateral Transtibial Amputation. Arch Phys Med Rehabil [Internet]. 2007 [acceso 10 de feb de 2026];88(1): 109-114. Disponible en: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(06\)01423-7/](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(06)01423-7/)
- 86) World Health Organization. WHOQOL-BREF: introduction, administration, scoring and generic version of the assessment. Geneva: World Health Organization; 1996.
- 87) Pauley T, Devlin M, Madan-Sharma P. Ensayo cruzado simple ciego de entrenamiento de fuerza de los abductores de cadera para mejorar el rendimiento en la prueba Timed Up & Go en pacientes con amputación unilateral transfemoral. J. Rehabil. Med. [Internet]. 2014 [acceso 10 de feb de 2026];46:264–270. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24363039/>
- 88) Mukkamala N, Vala S. Functional Mobility in Individuals With Lower Limb Amputation: An Observational Study. Cureus [Internet]. 2024 [acceso 20 de feb de 2026];16(1):e52759. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38389638/>
- 89) Newton KL, Evans C, Osmotherly PG. The Timed Up and Go and Two-Minute Walk Test: Exploration of a method for establishing normative values for established lower limb prosthetic users. Eur J Physiother [Internet]. 2016 [acceso 20 de feb de 2026]; 18(3):161–166. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/21679169.2016.1150511>
- 90) Chang S, Yan JX, Mu L. Effects of exercise on physical performance and quality of life in individuals with limb amputation: a systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord [Internet]. 2025 [acceso 20 de feb de 2026]; 26(1):965. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12523202/>
- 91) Delbello F, Zullo L, Giacomini A, Bizzarini E. Enhancing Performance and Quality of Life in Lower Limb Amputees: Physical Activity, a Valuable Tool-A Scoping

- Review. Healthcare (Basel) [Internet]. 2026 [acceso 20 feb de 2026];14(2):253. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12841301/>
- 92) Godlwana L, Stewart A, Musenge E. The effect of a home exercise intervention on persons with lower limb amputations: a randomized controlled trial. Clin Rehabil [Internet]. 2020 [acceso 20 feb de 2026]; 34(1):99–110. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0269215519880295>
- 93) Nolan L. A training programme to improve hip strength in persons with lower limb amputation. J Rehabil Med [Internet]. 2012 [citado 20 feb de 2026]; 44(3):241–248. Disponible en: <https://medicaljournalssweden.se/jrm/article/view/16019>

X. ANEXOS

X.a. Hoja de información

Estimado/a lo invito a participar, de un proyecto de investigación titulado "Entrenamiento de la fuerza muscular en pacientes con amputación de miembro inferior durante la etapa protésica". Este proyecto se llevará a cabo en CUADI (Centro de Asistencia, Docencia e Investigación) de la UGR (Universidad del Gran Rosario), a cargo de la Doctoranda Dell'Elce Gabriela, con la dirección del Dr. Barone Mauro.

La problemática principal de la amputación a nivel fisiológico es el aumento del gasto energético, que lleva a un mayor desgaste físico para la marcha, la funcionalidad y la calidad de vida. La pérdida de masa muscular que proviene del sedentarismo y de la pérdida de funciones nos lleva a evaluar en este trabajo si existen diferencias entre el entrenamiento de la fuerza y el entrenamiento guiado con los criterios de la American College Sports Medicine. Este estudio implica para nosotros los siguientes compromisos:

1. Su participación es voluntaria y gratuita.
2. Su participación no será remunerada de forma alguna.
3. La participación no implica un riesgo para usted.
4. Usted puede retirarse del presente estudio en cualquier momento aún luego de haber firmado el presente documento y dicho retiro no ocasionará merma en su atención médica.
5. Todos sus datos y su historia clínica serán almacenados confidencialmente, y su nombre no será relevado en ningún caso.
6. Usted es libre de negarse a terminar este estudio en caso de existir alguna razón personal
7. Usted puede solicitar una copia de los resultados y de la interpretación de su estudio, que podrá utilizar de acuerdo a su propia conveniencia.
8. Los resultados que se logren podrán ser presentados en congresos y/o publicaciones.
9. Usted puede solicitar información para contactarse con los investigadores por vía telefónica o e-mail.

La investigación se llevará a cabo en el Centro Universitario de Asistencia Docencia e Investigación (CUADI) de la UGR, situado en calle Buenos Aires 1575 de la ciudad de

Rosario. Deberá asistir 2 veces a la semana durante 16 semanas, en las cuales 4 sesiones serán destinadas a las evaluaciones.

Si usted acepta participar en esta investigación se le pedirá que asista primariamente para las evaluaciones anteriormente mencionadas, luego para las sesiones de entrenamiento de la fuerza que tiene una duración de 6 semanas, luego 4 semanas a las que se destinarán las sesiones a mejorar la marcha, estabilidad y propiocepción y por último 6 semanas más que serán destinadas a un protocolo de ejercicios. Las evaluaciones llevaran entre 30 y 45 minutos aproximadamente y se describen en la hoja de información correspondiente a: evaluación de la fuerza con dinamómetro digital, test de 5 RM, WHOQOL (calidad de vida), TUG TEST para la valoración de la funcionalidad y movilidad, cuando se realicen los entrenamientos las sesiones serán de una hora aproximadamente.

A continuación, se detallan las evaluaciones:

1. Evaluación de la fuerza: se utilizará un dinamómetro digital para evaluar la fuerza de flexores, extensores, aductores y abductores de ambas caderas.
2. Test de 5 RM: para realizar el protocolo de entrenamiento es necesario realizar esta evaluación ya que debemos saber el peso que puede levantar el paciente en los distintos ejercicios y así se guiarán los pesos en el mismo.
3. WHOQOL: es un auto-cuestionario de la Organización Mundial de la Salud que completa el paciente, contiene preguntas sobre la vida diaria, vida social, realización de actividades del hogar, etc.
4. TUG TEST: test que evalúa la funcionalidad/movilidad y el riesgo de caída en adultos.

Todos los métodos de evaluación y los protocolos de entrenamiento son seguros y no representan riesgo para la salud, la respuesta al cambio fisiológico, posterior a los ejercicios podrán generar una molestia leve y transitoria. Además, serán realizados por el Lic. en Kinesiología y fisioterapia altamente capacitado en el área.

Su participación es muy importante para nosotros. Cualquier pregunta o aclaración puede ser resuelta a través del siguiente contacto: gabrieladellelcee@gmail.com (3462) 344478.

Se garantiza la confidencialidad de toda la información recopilada.

X.b. Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO EXPLÍCITO.

Yo,, expreso mi conformidad de acuerdo a los términos previamente indicados, y doy mi consentimiento para participar en la investigación titulada "Entrenamiento de la fuerza muscular en pacientes con amputación de miembro inferior durante la etapa protésica"

1. Entiendo que mi participación en este estudio implica la realización de pruebas físicas y cuestionarios sobre mi estado de salud.
2. Soy consciente de que mi participación es voluntaria y que en cualquier momento puedo retirarme del estudio sin consecuencias.
3. Entiendo que mis datos serán tratados de forma confidencial y que solo serán utilizados para fines de investigación.
4. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y se me ha proporcionado toda la información necesaria para tomar una decisión informada.

Por lo tanto, doy mi consentimiento para participar de este estudio de investigación.

Firma del paciente voluntario.....

Rosario,..... de de 2024.

RESPONSABLE DEL ESTUDIO A CARGO DE RESPONDER SUS CONSULTAS:

Gabriela Dell'Elce

Firma

X.c. Acuerdo de confidencialidad

En el marco del Proyecto de Investigación Titulado “Entrenamiento de la fuerza muscular en pacientes con amputación de miembro inferior durante la etapa protésica” que se desarrolla en la Universidad del Gran Rosario, se acuerda que:

1. El acceso a la información recabada en el estudio contará con los recaudos establecidos por las normas éticas y legales que la protegen (Ley 25326/00 de Protección de Datos Personales).
2. Los datos obtenidos no podrán utilizarse con fines distintos a los que motivaron su obtención.
3. El equipo de investigación (Investigador principal y colaboradores) preservará la identidad de los titulares de los datos mediante mecanismos de disociación (la información no podrá asociarse, fuera de motivos científicos, a persona determinada ni determinable). En el caso de la publicación o presentación de los resultados, no serán divulgados los datos sensibles provenientes de los sujetos que formaron parte de la investigación.
4. Toda persona que el investigador principal incluya en el equipo de investigación para este trabajo está obligada a respetar las normativas expuestas y los recaudos éticos y legales resultantes del proceso.
5. Quien suscribe, Dell'Elce Gabriela, dni: 38.980.177, gabrieladellelcee@gmail.com, (3462-344478) Se compromete a respetar este Acuerdo haciéndose responsable de la guarda, privacidad y confidencialidad de los datos aquí obtenidos

FIRMA: ACLARACIÓN:.....

FECHA:.....

Rodee con un círculo el número que mejor defina cuánto apoyo obtuvo de otras personas en las dos últimas semanas. Si piensa que obtuvo bastante apoyo de otras personas, usted debería señalar con un círculo el número 4, quedando la respuesta de la siguiente forma:

		Nada	Un poco	Moderado	Bastante	Totalmente
	¿Obtiene de otras personas el apoyo que necesita?	1	2	3	4	5

Recuerde que cualquier número es válido, lo importante es que represente su opinión

Por favor, lea la pregunta, valore sus sentimientos y haga un círculo en el número de la escala que represente mejor su opción de respuesta

		Muy mala	Regular	Normal	Bastante buena	Muy buena
1	¿Cómo calificaría su calidad de vida?	1	2	3	4	5

		Muy insatisfecho/a	Un poco insatisfecho/a	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
2	¿Cómo de satisfecho/a está con su salud?	1	2	3	4	5

Las siguientes preguntas hacen referencia al grado en que ha experimentado ciertos hechos en las dos últimas semanas.

		Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Extremadamente
3	¿Hasta qué punto piensa que el dolor (físico) le impide hacer lo que necesita?	1	2	3	4	5
4	¿En qué grado necesita de un tratamiento médico para funcionar en su vida diaria?	1	2	3	4	5
5	¿Cuánto disfruta de la vida?	1	2	3	4	5
6	¿Hasta qué punto siente que su vida tiene sentido?	1	2	3	4	5
7	¿Cuál es su capacidad de concentración?	1	2	3	4	5
8	¿Cuánta seguridad siente en su vida diaria?	1	2	3	4	5
9	¿Cómo de saludable es el ambiente físico a su alrededor?	1	2	3	4	5

Las siguientes preguntas hacen referencia a si usted experimenta o fue capaz de hacer ciertas cosas en las dos últimas semanas, y en qué medida

		Nada	Un poco	Lo normal	Bastante	Totalmente
10	¿Tiene energía suficiente para la vida diaria?	1	2	3	4	5
11	¿Es capaz de aceptar su apariencia física?	1	2	3	4	5
12	¿Tiene suficiente dinero para cubrir sus necesidades?	1	2	3	4	5
13	¿Dispone de la información que necesita para su vida diaria?	1	2	3	4	5
14	¿Hasta qué punto tiene oportunidad de realizar actividades de ocio?	1	2	3	4	5
15	¿Es capaz de desplazarse de un lugar a otro?	1	2	3	4	5

Las siguientes preguntas hacen referencia a si en las dos últimas semanas ha sentido satisfecho/a y cuánto, en varios aspectos de su vida

		Muy insatisfecho/a	Poco	Lo normal	Bastante satisfecho/a	Muy satisfecho/a
16	¿Cómo de satisfecho/a está con su sueño?	1	2	3	4	5
17	¿Cómo de satisfecho/a está con su habilidad para realizar sus actividades de la vida diaria?	1	2	3	4	5
18	¿Cómo de satisfecho/a está con su capacidad de trabajo?	1	2	3	4	5
19	¿Cómo de satisfecho/a está de sí mismo?	1	2	3	4	5
20	¿Cómo de satisfecho/a está con sus relaciones personales?	1	2	3	4	5
21	¿Cómo de satisfecho/a está con su vida sexual?	1	2	3	4	5
22	¿Cómo de satisfecho/a está con el apoyo que obtiene de sus amigos/as?	1	2	3	4	5
23	¿Cómo de satisfecho/a está de las condiciones del lugar donde vive?	1	2	3	4	5
24	¿Cómo de satisfecho/a está con el acceso que tiene a los servicios sanitarios?	1	2	3	4	5
25	¿Cómo de satisfecho/a está con los servicios de transporte de su zona?	1	2	3	4	5

La siguiente pregunta hace referencia a la frecuencia con que usted ha sentido o experimentado ciertos sentimientos en las dos últimas semanas.

		Nunca	Raramente	Moderadamente	Frecuentemente	Siempre
26	¿Con qué frecuencia tiene sentimientos negativos, tales como tristeza, desesperanza, ansiedad, o depresión?	1	2	3	4	5

¿Le ha ayudado alguien a rellenar el cuestionario?

¿Cuánto tiempo ha tardado en contestarlo?

¿Le gustaría hacer algún comentario sobre el cuestionario?

X.e. Protocolo de entrenamiento de fuerza

SEMANA 1 - ENTRENAMIENTO AL 75%						
Entrada en calor	DIA 1		DIA 2		DIA 3	
	Plancha frontal con codos	30 seg.	Plancha frontal con manos	30 seg.	Plancha frontal con codos	30 seg.
3 vueltas	Puente gluteo	10	Puente gluteo con pelota	10	Puente gluteo	10
	Vitalizaciones	10	Buenos días	10	Vitalizaciones	10
Trabajo principal						
Series	Rep.					
5	6					
	Sentadillas con peso frontal		Peso muerto		Sentadillas con peso frontal	
	Remo en bipedestacion		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion	
	Bird dead	12	Abd bisagra		Bird dead	12
	Lumbares W	15 seg.	Lumbares T		Lumbares W	15 seg.
Vuelta a la calma						
Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 2 - ENTRENAMIENTO AL 80%						
Entrada en calor	DIA 1		DIA 2		DIA 3	
	Plancha frontal con codos	30 seg.	Plancha frontal con manos	30 seg.	Plancha frontal con codos	30 seg.
3 vueltas	Puente gluteo	10	Puente gluteo con pelota	10	Puente gluteo	10
	Vitalizaciones	10	Buenos días	10	Vitalizaciones	10
Trabajo principal						
Series	Rep.					
5	6					
	Sentadillas con peso frontal		Peso muerto		Sentadillas con peso frontal	
	Remo en bipedestacion		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion	
	Bird dead	12	Abd bisagra	12	Bird dead	12
	Lumbares W	15 seg.	Lumbares T	15 seg.	Lumbares W	15 seg.
Vuelta a la calma						
Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 3 - ENTRENAMIENTO AL 80%

Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3	
		Plancha frontal toco hombros	30 seg.	Plancha de manos con pelota en los pies	30 seg.	Plancha frontal toco hombros	30 seg.
3 vueltas		Puente gluteo c/ brazos en extensión	10	Puente gluteo a un pie	10	Puente gluteo c/ brazos en extensión	10
		Caminata lateral con banda	10	Abd bisagra	10	Caminata lateral con banda	10
Trabajo principal							
Series	Rep.						
5	4						
		Sentadillas con peso frontal		Estocadas		Sentadillas con peso frontal	
		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto	
		Empuje con mancuernas a un brazo		Biceps a un brazo alternado		Empuje con mancuernas a un brazo	
		Lumbares dinamico		Lumbares superman		Lumbares dinamico	
Vuelta a la calma							
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg					

SEMANA 4 - ENTRENAMIENTO AL 85%

Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3	
		Plancha frontal toco hombros	30 seg.	Plancha de manos con pelota en los pies	30 seg.	Plancha frontal toco hombros	30 seg.
3 vueltas		Puente gluteo c/ brazos en extensión	10	Puente gluteo a un pie	10	Puente gluteo c/ brazos en extensión	10
		Caminata lateral con banda	10	Abd bisagra	10	Caminata lateral con banda	10
Trabajo principal							
Series	Rep.						
4	6						
		Sentadillas con peso		Estocadas		Sentadillas con peso	
		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto	
		Empuje con mancuernas a un brazo		Biceps a un brazo alternado		Empuje con mancuernas a un brazo	
		Lumbares dinamico		Lumbares superman		Lumbares dinamico	
Vuelta a la calma							
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg					

SEMANA 5- ENTRENAMIENTO AL 85%

Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3	
		Plancha lateral izq.	15 seg.	Plancha de manos c/ objeto	30 seg.	Plancha lateral izq.	15 seg.
3 vueltas		Plancha lateral der.	15 seg.	Puente gluteo a un pie	10	Plancha lateral der.	15 seg.
		Sentadilla estática	15 seg.	Abd crunch	10	Sentadilla estática	15 seg.
Trabajo principal							
Series	Rep.						
4	4						
		Hip trust		Peso muerto sobre step		Hip trust	
		Flexiones de brazos		press de pecho en banco plano		Flexiones de brazos	
		Empuje con mancuernas con		Biceps simetrico		Empuje con mancuernas con	
		Press paloff	15 seg.	abd con rodillas a 90 con mancuernas		Press paloff	15 seg.
Vuelta a la calma							
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg					

SEMANA 6 - ENTRENAMIENTO AL 90%

Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3	
		Plancha lateral izq.	15 seg.	Plancha de manos c/ objeto	30 seg.	Plancha lateral izq.	15 seg.
3 vueltas		Plancha lateral der.	15 seg.	Puente gluteo a un pie	10	Plancha lateral der.	15 seg.
		Sentadilla estática	15 seg.	Abd crunch	10	Sentadilla estática	15 seg.
Trabajo principal							
Series	Rep.						
4	4						
		Hip trust		Peso muerto sobre step		Hip trust	
		Flexiones de brazos		press de pecho en banco plano		Flexiones de brazos	
		Empuje con mancuernas con ambos brazos		Biceps simetrico		Empuje con mancuernas con ambos brazos	
		Press paloff	15 seg.	abd con rodillas a 90 con mancuernas		Press paloff	15 seg.
Vuelta a la calma							
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg					

X.f. Protocolo de entrenamiento ACSM

SEMANA 1								
Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3		
		Plancha frontal con codos	30 seg.	Plancha frontal con manos	30 seg.	Plancha frontal con codos	30 seg.	
3 vueltas		Puente gluteo	10	Puente gluteo con pelota	10	Puente gluteo	10	
		Vitalizaciones	10	Buenos dias	10	Vitalizaciones	10	
Trabajo principal								
Series	Rep.							
3	8							
		flexo- extension cama de pilates		Peso muerto con banda		Flexo- Extension cama de pilates		
		Remo en bipedestación con banda		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion con banda		
		Bird dead	10	Abd bisagra		Bird dead	10	
		Lumbares W	15 seg.	Lumbares T		Lumbares W	15 seg.	
Vuelta a la calma								
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 2								
Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3		
		Plancha frontal con codos	30 seg.	Plancha frontal con manos	30 seg.	Plancha frontal con codos	30 seg.	
3 vueltas		Puente gluteo	10	Puente gluteo con pelota	10	Puente gluteo	10	
		Vitalizaciones	10	Buenos dias	10	Vitalizaciones	10	
Trabajo principal								
Series	Rep.							
3	12							
		Flexo- Extension cama de pilates		Peso muerto		Flexo-extension cama de pilates		
		Remo en bipedestacion con banda		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacio con banda		
		Bird dead	10	Abd bisagra	12	Bird dead	10	
		Lumbares W	15 seg.	Lumbares T	15 seg.	Lumbares W	15 seg.	
Vuelta a la calma								
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 3								
Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3		
		Plancha frontal toco hombros	30 seg.	Plancha de manos con pelota en los pies	30 seg.	Plancha frontal toco hombros	30 seg.	
3 vueltas		Puente gluteo c/ brazos en extensión	10	Puente gluteo a un pie	10	Puente gluteo c/ brazos en extensión	10	
		Caminata lateral con banda	10	Abd bisagra	10	Caminata lateral con banda	10	
Trabajo principal								
Series	Rep.							
4	8							
		Entadillas ABD en cama de pilates		Estocadas		Entadillas ABD en cama de pilates		
		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto con banda		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto con banda		
		Empuje a un brazo con banda		Empuje a un brazo alternado con banda		Empuje a un brazo con banda		
		Lumbares dinamico		Lumbares superman		Lumbares dinamico		
Vuelta a la calma								
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 4								
Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3		
		Plancha frontal toco hombros	30 seg.	Plancha de manos con pelota en los pies	30 seg.	Plancha frontal toco hombros	30 seg.	
3 vueltas		Puente gluteo c/ brazos en extensión	10	Puente gluteo a un pie	10	Puente gluteo c/ brazos en extensión	10	
		Caminata lateral con banda	10	Abd bisagra	10	Caminata lateral con banda	10	
Trabajo principal								
Series	Rep.							
4	12							
		Sentadillas ABD en cama de pilates		Estocadas		Sentadillas ABD en cama de pilates		
		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto con banda		Serrucho con mancuernas		Remo en bipedestacion c/ agarre abierto		
		Empuje a un brazo con banda		Biceps a un brazo alternado		Empuje a un brazo con banda		
		Lumbares dinamico		Lumbares superman		Lumbares dinamico		
Vuelta a la calma								
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 5								
Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3		
		Plancha lateral izq.	15 seg.	Plancha de manos c/ objeto	30 seg.	Plancha lateral izq.	15 seg.	
3 vueltas		Plancha lateral der.	15 seg.	Puente gluteo a un pie	10	Plancha lateral der.	15 seg.	
		Sentadilla estática	15 seg.	Abd crunch	10	Sentadilla estática	15 seg.	
Trabajo principal								
Series	Rep.							
5	4							
		Sentadilla con pelota contra la pared		Peso muerto sobre step		Sentadilla con pelota contra la pared		
		Flexiones de brazos		press de pecho en banco plano		Flexiones de brazos		
		Empuje con mancuernas con ambos brazos		Biceps simetrico		Empuje con mancuernas con ambos brazos		
		Press paloff	15 seg.	abd con rodillas a 90 con mancuernas		Press paloff	15 seg.	
Vuelta a la calma								
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

SEMANA 6								
Entrada en calor		DIA 1		DIA 2		DIA 3		
		Plancha lateral izq.	15 seg.	Plancha de manos c/ objeto	30 seg.	Plancha lateral izq.	15 seg.	
3 vueltas		Plancha lateral der.	15 seg.	Puente gluteo a un pie	10	Plancha lateral der.	15 seg.	
		Sentadilla estática	15 seg.	Abd crunch	10	Sentadilla estática	15 seg.	
Trabajo principal								
Series	Rep.							
5	8							
		Sentadilla a un pie en pilates		Peso muerto sobre step		Sentadilla a 1 pie en pilates		
		Flexiones de brazos		press de pecho en banco plano		Flexiones de brazos		
		Empuje de miembro superior en cama de pilates		Biceps simetrico		Empuje de miembro superior en cama de pilates		
		Press paloff	15 seg.	abd con rodillas a 90 con mancuernas		Press paloff	15 seg.	
Vuelta a la calma								
		Elongación de cada grupo muscular entre 15 y 20 seg						

