

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FINAL DE GRADO



Efectos de un programa de prehabilitación con ejercicios de fuerza o resistencia en el ángulo de fase en pacientes con cáncer colorrectal a la espera de cirugía: diseño de un estudio piloto aleatorizado.

AUTOR: Ferrández Belén, Raúl Pascual
TUTOR: Tomas Rodríguez, María Isabel
Curso académico: 2024-2025
Convocatoria Junio

ÍNDICE

Resumen.....	3
Abstract.....	4
1.Introducción.....	5
2.Pregunta PICO.....	7
3.Objetivo general.....	8
3.1 Objetivos específicos.....	8
4.Material y métodos.....	8
4.1 Diseño de estudio.....	8
4.2 Muestra.....	8
4.2.1 Criterios de inclusión.....	9
4.2.2 Criterios de exclusión.....	9
4.2.3 Tamaño de la muestra.....	9
4.2.4 Método de muestreo.....	9
4.3 Instrumentos y variables de medida.....	10
4.4 Intervenciones de ejercicio físico.....	14
4.4.1 Programa de fuerza muscular.....	15
4.4.2 Programa de resistencia.....	15
4.5 Análisis estadístico.....	16
4.6 Cronograma.....	16
5.Discusión y conclusiones.....	18
6.Anexos.....	19
7.Referencias bibliográficas.....	39

RESUMEN

Introducción: El cáncer colorrectal (CCR) es una de las principales causas de muerte por cáncer y, su incidencia y mortalidad, aumentará significativamente en los próximos años. Factores como la dieta y el estilo de vida modifican su patogénesis, siendo el ejercicio físico uno de los factores modificables que más beneficios presenta para la supervivencia, la inflamación crónica y la calidad de vida. Por ello, es importante estudiar su impacto en indicadores como el ángulo de fase (AF) para personalizar intervenciones y mejorar los resultados en pacientes con CCR. El objetivo del presente trabajo es diseñar un estudio piloto aleatorizado para comprobar que tipo de prehabilitación basada en ejercicio físico (fuerza o resistencia) presenta mayor efecto en el AF en pacientes con CCR a la espera de cirugía.

Material y métodos: El trabajo consiste en un diseño de estudio piloto aleatorizado con asignación en bloques balanceados por sexo, conformado por dos grupos de intervención paralelos (8 pacientes entrenamiento de fuerza y 8 pacientes entrenamiento de resistencia) con una duración de 4 semanas. Se evaluarán los cambios en la condición física, composición corporal, AF, calidad de vida y complicaciones postquirúrgicas al inicio y pre-cirugía.

Discusión y conclusiones: Este estudio piloto propone un protocolo innovador para comparar los efectos del ejercicio de fuerza y resistencia en la prehabilitación de pacientes con CCR. Aunque no se dispone de resultados definitivos, las hipótesis están basadas en la literatura actual, destacando la mejora del AF y la reducción de la inflamación crónica.

Palabras clave: ángulo de fase, prehabilitación, ejercicio, cáncer colorrectal, cirugía.

ABSTRACT

Introduction: Colorectal cancer (CRC) is one of the leading causes of cancer-related mortality, and its incidence and mortality rates are expected to increase significantly in the coming years. Factors such as diet and lifestyle influence its pathogenesis, with physical exercise being one of the most beneficial modifiable factors for improving survival, reducing chronic inflammation, and enhancing quality of life. Therefore, it is important to investigate its impact on indicators such as phase angle (PA) to personalize interventions and improve outcomes in CRC patients. The aim of this study is to design a randomized pilot trial to determine which type of exercise-based prehabilitation (strength or endurance) has a greater effect on PA in CRC patients awaiting surgery.

Materials and Methods: This study is a randomized pilot trial using balanced block allocation by sex, consisting of two parallel intervention groups (8 patients in a strength training group and 8 in an endurance training group) over a four-week period. Changes in physical fitness, body composition, PA, quality of life, and postoperative complications will be assessed at baseline and the day before surgery.

Discussion and Conclusions: This pilot study proposes an innovative protocol to compare the effects of strength versus endurance exercise in the prehabilitation of CRC patients. Although definitive results are not yet available, the hypotheses are grounded in current literature, highlighting improvements in PA and reductions in chronic inflammation.

Keywords: phase angle, prehabilitation, exercise, colorectal cancer, surgery.

1. INTRODUCCIÓN

El cáncer colorrectal (CCR) es el segundo cáncer más frecuente tanto en hombres como en mujeres y la segunda causa de muertes relacionadas con el cáncer (1). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el año 2030, los nuevos casos de CCR aumentará en un 77% y las muertes por CCR en un 80%. Los principales tratamientos para el CCR incluyen cirugía, radioterapia local y tratamientos sistémicos como quimioterapia y la novedosa terapia dirigida, la cual actúa directamente sobre las proteínas que controlan la forma en la que las células neoplásicas se dividen, multiplican y diseminan (2).

El principal factor de riesgo para el desarrollo de CCR es la edad, mostrando un drástico aumento de la incidencia y la mortalidad por año de vida, especialmente a partir de los 45-50 años. Sin embargo, es imprescindible tener predisposición genética para el desarrollo de la malignidad de este tipo de células (3).

Por otro lado, entre los factores de riesgo modificables que influyen en la patogénesis destacan aspectos como la dieta y el estilo de vida, recalcando el aumento de carne roja y alcohol, una disminución de la ingesta de calcio, frutas y verduras, el tabaquismo, la insuficiente actividad física y comorbilidades como diabetes tipo 2, obesidad y enfermedad inflamatoria intestinal (4).

El desarrollo del CCR comienza en la mucosa sana del colon y recto, evolucionando a pólipos, de los cuales una fracción pueden evolucionar a CCR invasivos. Por este motivo es sumamente importante el cribado mediante el análisis de sangre oculta en heces, y la posterior colonoscopia para la detección temprana del CCR (a partir de los 50 años) y reducir así la mortalidad y mejorar el pronóstico de los pacientes (3).

Como resultado de estos tratamientos y de la propia enfermedad, los pacientes con cáncer experimentan cambios fisiológicos con un impacto negativo en el nivel de salud y pronóstico de la enfermedad, como es la desnutrición, los cambios en composición corporal (pérdida de masa muscular y, en estadios avanzados, sarcopenia y/o caquexia), inflamación crónica y estrés oxidativo (5).

Este aspecto es muy relevante, ya que hay una relación directa entre la pérdida de masa muscular y la supervivencia de los pacientes ante este tipo de tumores, pudiendo calificar el perfil de masa muscular como uno de los mejores predictores del pronóstico de la enfermedad y de calidad de vida (6).

Además, el estrés oxidativo derivado de la inflamación crónica se ha consolidado como uno de los impulsores de esta enfermedad provocando daño oxidativo en biomacromoléculas y promoviendo aberraciones genéticas y epigenéticas en oncogenes, además de ser un indicador de complicaciones post quirúrgicas (7).

Una forma de evaluar la composición corporal, la hidratación y el estado de inflamación de los pacientes es la técnica de análisis vectorial de impedancia bioeléctrica (BIVA) con datos bioeléctricos en bruto. Estos datos permiten comparar parámetros como resistencia (R_z), reactancia (X_c), impedancia (Z), ángulo de fase (AF) y masa celular corporal (MCC) derivados de ecuaciones de capacitancia corporal total que no dependen de fórmulas de regresión, como es el caso del análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) (8).

El interés del BIVA, y en particular del AF, frente a técnicas de referencia como la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) y la tomografía computarizada (TC), radica en que BIVA es un método sencillo, económico, portátil y no invasivo. A diferencia de la bioimpedancia eléctrica convencional (BIA), no emplea fórmulas de regresión, lo que lo hace independiente del estado de hidratación o la condición fisiológica del paciente. Esto permite evitar errores en las mediciones o resultados alterados, problemas que también se observan con el índice de masa corporal (IMC) (9).

El ángulo de fase (AF), derivado del análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA), se considera un importante indicador pronóstico de supervivencia y calidad de vida en sobrevivientes de cáncer (10). Este parámetro refleja la salud y la integridad de las membranas celulares, donde valores más altos de AF están asociados con una mayor masa celular corporal, mejor integridad y función de las membranas celulares, mayor masa muscular, menor masa grasa y menor retención de líquidos. Por el contrario, valores más bajos de AF indican muerte celular, deterioro en la integridad y función de las membranas celulares, menor masa muscular, mayor masa grasa y mayor retención de líquidos. Además, el AF se correlaciona negativamente con la desnutrición y la inflamación sistémica, lo que refuerza su utilidad como marcador clínico (11).

La literatura científica nos muestra que el ejercicio físico se asocia con una mayor supervivencia general y específica de la enfermedad en las personas con CCR. Específicamente, una mayor actividad física posterior al diagnóstico ha demostrado ser protectora contra la mortalidad específica por cáncer y la

mortalidad por todas las causas (12). Sin embargo, no hay evidencia clara sobre qué tipo de intervención otorga mayores efectos a nivel de AF en personas con CCR (ejercicio de resistencia o de fuerza por separado). Además, la mayoría de los estudios han utilizado programas combinados o centrados exclusivamente en ejercicio aeróbico (13), siendo interesante poder evaluar específicamente cual de estas dos modalidades induce mayor efecto en la reducción de la inflamación crónica y estrés oxidativo, característica propia de los pacientes con cáncer bajo tratamientos de quimioterapia y que supone una de las causas de mayor peso para las complicaciones postoperatorias (14,15).

En este contexto, el ejercicio se posiciona como una herramienta fundamental para mitigar los efectos adversos del cáncer y su tratamiento, además de optimizar la recuperación funcional en pacientes oncológicos (9). La prehabilitación basada en ejercicio ha demostrado mejorar diversas variables funcionales tras intervenciones quirúrgicas por CCR, lo que resalta la importancia de analizar su impacto en marcadores específicos como el AF y los parámetros relacionados con la inflamación crónica. Por tal motivo, evaluar el impacto de distintas modalidades de ejercicio en estos marcadores resulta clave para diseñar estrategias de intervención más eficaces y personalizadas, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y el pronóstico de los pacientes con CCR (16).

2. Pregunta PICO

¿Qué modalidad de ejercicio físico (fuerza vs resistencia) es más efectiva para la mejora del ángulo de fase, la condición física y parámetros de inflamación en pacientes con cáncer colorrectal programados para cirugía?

- Población (P): Pacientes diagnosticados con cáncer colorrectal programados para cirugía en un hospital de la provincia de Alicante.
- Intervención (I): Programa de ejercicio (prehabilitación) basada en ejercicios de fuerza.
- Comparación (C): Programa de ejercicio (prehabilitación) basada en ejercicio de resistencia cardiovascular.
- Resultados (O): Capacidad funcional, fuerza muscular, ángulo de fase, calidad de vida, ansiedad y complicaciones postoperatorias.

3. OBJETIVO GENERAL

Determinar qué tipo de programa de prehabilitación basado en ejercicio, ya sea de fuerza o de resistencia, genera mayores cambios en el ángulo de fase (AF) en pacientes con cáncer colorrectal que serán sometidos a cirugía.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar qué tipo de intervención produce la mejora más significativa en los marcadores de inflamación, valorando el vector en el eje y de la gráfica Resistencia-Reactancia obtenida mediante análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA).
- Evaluar y comparar el impacto de los programas de prehabilitación basados en ejercicio de fuerza y resistencia sobre variables de condiciones física y calidad de vida percibida.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO DE ESTUDIO

El presente estudio está diseñado como un ensayo clínico piloto aleatorizado con asignación en bloques balanceados por sexo, conformado por dos grupos de intervención paralelos. Un total de 16 participantes serán asignados de forma aleatoria a uno de los dos grupos de intervención: entrenamiento de fuerza ($n = 8$) o entrenamiento de resistencia ($n = 8$). La intervención tendrá una duración de cuatro semanas y el diseño está basado en la guía SPIRIT para protocolos de ensayos clínicos.

El documento ha sido revisado y aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el Código COIR: **TFG.GFI.MITR.RPFB.250408**.

4.2. MUESTRA

La población objeto de estudio estará constituida por pacientes diagnosticados con cáncer colorrectal a la espera para someterse a una intervención quirúrgica en un hospital de la provincia de Alicante. El reclutamiento de éstos será voluntario, explicándoles el objetivo y cronograma del estudio durante la consulta. A cada uno de los participantes se les hará entrega de un consentimiento informado aceptando

participar en el estudio de forma voluntaria, así como las condiciones que figuran en el mismo (**Anexo 1**).

4.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes diagnosticados de cáncer colorrectal programados para cirugía en un hospital de la provincia de Alicante.
- Edad entre 18 y 80 años, para garantizar la aplicabilidad de los programas de prehabilitación.
- Presentar condición física suficiente para poder realizar ejercicio físico de resistencia y/o fuerza según evaluación clínica inicial.
- Firma del consentimiento informado, aceptando la participación del estudio.

4.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes con contraindicaciones médicas para la práctica de ejercicio.
- Poseer enfermedades musculoesqueléticas limitantes o patologías concomitantes que puedan afectar a los resultados del estudio.
- Estar bajo tratamiento quimioterápico-radioterápico neoadyuvante en el momento de la evaluación inicial.
- No completar el programa de prehabilitación o tener datos incompletos.
- Pacientes con limitaciones de acceso a dispositivos electrónicos y/o conexión a internet para las sesiones telemáticas.

4.2.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Inicialmente se llevará a cabo este estudio piloto con 16 pacientes con el objetivo de obtener estimaciones preliminares de la media y la desviación estándar de las variables principales de estudio. Estos datos servirán para obtener una primera aproximación a la variabilidad de las principales variables de estudio y la factibilidad de la intervención. Además, permitirán realizar un cálculo más preciso del tamaño muestral necesario para el estudio definitivo, garantizando así una adecuada potencia estadística y la validez de los resultados.

4.2.4 MÉTODO MUESTREO (ALEATORIZACIÓN)

El proceso de aleatorización consistirá en 4 fases:

- 1-Definición del tamaño de cada bloque (8 pacientes).

2-Estratificación por sexo. Dentro de cada bloque se incluyen 4 hombres y 4 mujeres.

3- Asignación aleatoria al grupo mediante software de acceso libre OxMaR (Oxford Minimization and Randomization), desarrollado por la Universidad de Oxford. Se seleccionan aleatoriamente 2 hombres y 2 mujeres para pertenecer al grupo de fuerza, y los restantes al de resistencia.

4- Repetición del proceso para el nuevo bloque garantizando la igualdad de tamaño y distribución por sexo en cada grupo, reduciendo riesgos de sesgos de asignación.

4.3. INSTRUMENTOS Y VARIABLES DE MEDIDA

-BIOIMPEDANCIA

El análisis de la composición corporal y AF se obtendrán con un analizador vectorial de bioimpedancia (BIVA) eléctrica sensible a la fase de una frecuencia de 50 kHz (NutrilabTM, Akern®, Italia) que otorga 400 μ A mediante electrodos tetrapolares colocados en mano y pie derechos.

Para estandarizar el protocolo de medición, los participantes se colocarán en decúbito supino, con los brazos abducidos a 30 grados y las piernas abducidas a 45 grados. Se mantendrá esta posición durante ocho minutos antes de realizar las mediciones, con el fin de estabilizar los desplazamientos de fluidos corporales resultantes del cambio de posición de bipedestación a decúbito, y así minimizar posibles errores en los valores de resistencia y reactancia (17).

Además, se solicitará a los participantes que se abstengan de realizar actividad física 8 horas antes de la evaluación, tras 4 horas de ayuno y anotando la hora de la medición para la posterior comparación.

Los sujetos se retirarán los objetos metálicos personales para tener en cuenta la posible influencia en la conductividad (17).

Los datos de composición corporal obtenidos mediante la BIVA se clasifican como IMC (kg/m^2), masa grasa (%FM), masa libre de grasa (%FFM), índice de masa muscular esquelética (SMI, kg/m^2), índice de masa muscular esquelética apendicular (ASMI, kg/m^2), agua corporal total (%TBW) y agua extracelular (%ECW).

Se califica como probable sarcopenia aquellos valores de ASMI menores de 20kg y 15kg, en hombres y mujeres, respectivamente (18).

Además del valor en grados del AF, el cual nos dará una visión del estado de salud general de los pacientes, se valorará la gráfica normalizada de Reactancia-Resistencia para observar el desplazamiento del vector en los ejes x e y, los cuales nos permiten clasificar y controlar a los pacientes según la masa celular caporal (eje x) y el grado de hidratación (eje y), siendo este último especialmente interesante para valorar el estado inflamatorio y dar respuesta a uno de los objetivos específicos (19).

Este desplazamiento del vector en el eje Y en la dirección de la reducción de fluidos nos muestra una menor agua corporal total y, por tanto, una reducción en la inflamación crónica propia de este tipo de pacientes.

La BIVA presenta una sensibilidad del 100% y una especificidad del 90.9% en la detección de pérdidas de masa libre de grasa en pacientes con CCR cuando los cambios son de un 5% o más, reduciéndose ambas en cambios menores (20).

-DINAMÓMETRO

La medición de la fuerza de agarre es un procedimiento relevante para evaluar la función muscular y puede ser indicativo de la salud general. En este caso, se medirá con un dinamómetro manual Jamar®, (Asimow Engineering co., Estados Unidos), siendo el instrumento más utilizado y reconocido por su excelente fiabilidad interevaluador ($r=0.98$) y la reproducibilidad test-retest ($r>0.80$). Estudios han demostrado su validez y fiabilidad en diferentes contextos, incluyendo pacientes oncológicos (21).

Se medirán ambas manos, realizando tres mediciones en cada brazo alternativamente y se registrará el valor más alto (22). La posición de los participantes para la prueba será en sedestación, con el codo en flexión de 90 grados, el hombro en aducción y rotación neutra. El antebrazo en posición neutra, la muñeca entre 0-30 grados de dorsiflexión y se solicitará a los participantes que realicen una contracción isométrica máxima hasta que la aguja deje de ascender.

En adultos mayores, valores de fuerza de agarre inferiores a 16kg en mujeres y 27kg en hombres se consideran clínicamente anormales y por debajo de los puntos de corte para la detección de la sarcopenia (18).

-TEST DE MARCHA DE 6 MINUTOS

Para la medición de la capacidad funcional se utilizará el test de marcha de los 6 minutos. Esta prueba mide la distancia total que un paciente puede caminar en 6 minutos. Originalmente se desarrolló para medir la tolerancia al ejercicio en pacientes con enfermedades cardíacas y respiratorias, pero actualmente se utiliza en diferentes grupos de poblaciones patológicas, como es el caso del cáncer (23,24).

La prueba se realizará en un pasillo de 30m de largo y no concurrido para evitar interrupciones, registrando los metros totales al final de los 6 minutos, la frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno mediante un pulsioxímetro portátil (SpO2 Apex, Linde Medica, España) y la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE 6-20), al finalizar y a los 5 minutos en reposo.

Este test sirve principalmente para realizar una valoración intrasujeto pre y post intervención, ya que no se muestran valores de corte como en el caso de otros instrumentos de medida. Sin embargo, sí hay valores medios utilizados en pacientes con cáncer colorrectal que pueden servir de guía como son 586 ± 83 metros y un RPE de 12.7 ± 2.2 (25).

Esta prueba presenta un coeficiente de correlación intraclass (CCI) para la fiabilidad test-retest de la distancia recorrida de un $r=0.93$ y correlaciones significativas con la capacidad de ejercicio ($VO_{2\text{máx}}$ $r = 0,67$) (25).

-TEST DE 5 SENTADILLAS (5 TIMES SIT TO STAD TEST)

El test de 5 sentadillas es una prueba fácil, sencilla y rápida para evaluar la fuerza de las extremidades inferiores utilizada comúnmente en poblaciones con diversas enfermedades, incluyendo pacientes con cáncer a la espera de cirugía (26).

Para la medición se utilizará la misma silla para todos los participantes (44cm de altura) y se ejecutará en la misma sala. Se les indicará a los pacientes que se sienten con los brazos cruzados a la altura del pecho y la espalda apoyada en el respaldo de la silla. Se les pedirá que se levanten y se sienten lo más rápido posible durante cinco veces. El tiempo se registra en segundos con un cronómetro desde el inicio de la primera repetición hasta el apoyo total de los muslos y espalda de la última repetición.

Un menor tiempo en la prueba se correlaciona con una mayor fuerza en los miembros inferiores, siendo un tiempo mayor de 15 segundos el punto de corte para indicar una posible sarcopenia (18).

Esta prueba presenta una excelente fiabilidad, con un CCI=0.957 (26).

-ESCALA HOSPITALARIA DE ANSIEDAD Y DEPRESIÓN

El estado psicológico del paciente se valorará mediante la Escala Hospitalaria de Ansiedad y Depresión (HADS). La escala está compuesta por 14 preguntas, siete para evaluar la ansiedad y siete para la depresión, con una puntuación de 0 a 3. Una puntuación igual o más de 8 en alguna de las categorías sugiere un trastorno del estado de ánimo (27).

En cuanto a los parámetros de fiabilidad, ambas subescalas presentan valores óptimos (0.85 para la subescala de ansiedad y 0.87 para la de depresión), una sensibilidad del 81% y 80% y una especificidad del 77% y 81% en ansiedad y depresión, respectivamente (28).

-CALIDAD DE VIDA PERCIBIDA (SF-12)

Para la evaluación de la calidad de vida percibida por el paciente se utilizará el cuestionario de salud SF-12. El cuestionario consta de 12 ítems que valoran la salud subjetiva del paciente tanto en el componente físico como mental (29). Las puntuaciones superiores a 50 indican una salud percibida por encima de la media, y las inferiores, por debajo de la misma.

La fiabilidad test-retest es de 0.86 y 0.77 para la esfera física y mental, respectivamente (29).

-COMPLICACIONES POST QUIRÚRGICAS (CLAVIEN-DINDO)

La clasificación de Clavien-Dindo se utiliza para categorizar las complicaciones postquirúrgicas en grados que van desde I a V, donde el grado I representa complicaciones menores que no requieren tratamiento médico significativo, y el grado V indica la muerte del paciente. Este sistema es útil para evaluar la incidencia y gravedad de las complicaciones en pacientes que han recibido prehabilitación antes de la cirugía de cáncer de colon (30).

Se monitorizarán las complicaciones durante los 30 días posteriores a la cirugía. Esta clasificación presenta una alta confiabilidad interobservador con un Índice de Kappa de 0.92 (31).

4.4. INTERVENCIONES DE EJERCICIO FÍSICO

Las prescripciones de ejercicio físico de ambos grupos están basadas siguiendo las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (CAMD) para pacientes oncológicos (32).

Ambos grupos ejecutarán la intervención de ejercicio físico de forma domiciliaria. Las mediciones se realizarán el primer día previo al inicio del programa de prehabilitación y el día anterior a la cirugía, dando lugar a una intervención de 4 semanas de duración. (**Figura 1**).



Figura 1: Diseño de estudio

El grupo de entrenamiento de fuerza realizará las tres sesiones por semana de forma telemática mediante videollamada, siendo supervisada por un fisioterapeuta especializado en ejercicio terapéutico para guiar las sesiones y llevar a cabo las posibles correcciones técnicas y progresión de cargas.

Por otro lado, el grupo de resistencia mantendrá un feedback continuo mediante la App Mi Fitness (Xiaomi Wear Lite), donde aparecen las sesiones realizadas, frecuencia cardíaca media, tiempo, distancia y kilocalorías consumidas estimadas. La actividad elegida para todos los miembros de este grupo consistirá en caminar.

Ambos grupos realizarán ejercicio físico con una frecuencia de tres días por semana, con una separación entre entrenamientos de 48h y con un volumen de entrenamiento por sesión similar para reducir posibles sesgos.

Además, los dos grupos se ajustarán a las mismas pautas nutricionales recibiendo recomendaciones para seguir una dieta normocalórica con el objetivo de evitar ganancias de peso excesivas. Se recomendará reducir los hábitos tóxicos como es el tabaco y el alcohol y, también, se administrará un suplemento nutricional hiperproteico, rico en vitamina D y calcio-β hidroxi-β-metilbutirato (CaHMB) (Ensure Plus Advance, Abbott), para asegurar un aporte mínimo de 1,2 a 1,5 g de proteína/kg/día.

Toda la información sobre ambas intervenciones se presenta resumida en la plantilla CERT (*Consensus on Exercise Reporting Template*) en el **Anexo 2** y la descripción de los ejercicios de fuerza en el **Anexo 3**.

4.4.1 PROGRAMA DE FUERZA MUSCULAR

El entrenamiento de fuerza consistirá en 7 ejercicios con auto-cargas (propio peso corporal), con mancuernas de 2-4kg y con bandas elásticas facilitadas por el hospital (Theraband®), trabajando los principales grupos musculares (cuádriceps, glúteos, tríceps sural, dorsal, pectoral y bíceps braquial).

La intensidad recomendada para este tipo de pacientes es moderada, correlacionándose con el 60% de 1RM o 12-13 sobre 20 en la escala de esfuerzo percibido de Borg (33).

Se propondrá una progresión de 3 niveles de dificultad para cada ejercicio para individualizar la intensidad a cada paciente.

En cuanto al volumen, se realizarán 2 series de entre 8-12 repeticiones con la intensidad marcada y con una recuperación de 60'' entre series, dando lugar a un volumen total por sesión de aproximadamente 50'.

4.4.2 PROGRAMA DE RESISTENCIA

El programa de ejercicio físico basado en resistencia también se realizará con una frecuencia de tres días por semana. En este caso, los pacientes deberán realizar caminatas a una intensidad moderada de 40-60% de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (calculada como Frecuencia Cardíaca de Reserva (FC máxima- FC reposo) * 40/60% + FC reposo) o un 12-13 sobre 20 en la escala de esfuerzo percibido de Borg.

La intensidad estará monitorizada mediante pulseras digitales (Xiaomi Smart Band 7 Pro, Xiaomi Corporation®, China).

El volumen por sesión será de 50', dando lugar al volumen total semanal recomendado por el CAMD de 150' por semana.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se usará el Software Rstudio, versión **2022.12.0+353** (Posit Company, Boston).

Para determinar si los cambios pre-post intervención de las variables continuas difieren significativamente entre los dos grupos de intervención se utilizarán las pruebas t de Student para muestras independientes o Mann-Whitney U, según la normalidad en los datos (evaluada mediante el test de Shapiro-Wilk). Las variables categóricas se compararán usando el test exacto de Fisher. El nivel de significación estadística se establecerá en $p < 0.05$.

4.6 CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8					
Revisión literatura científica, planificación del diseño de estudio y admisión por parte de la Oficina de Investigación Responsable																																		
Reclutamiento de participantes																																		
Mediciones pre programa de ejercicios																																		
Implementación de los programas de ejercicio																																		
Mediciones post programa de ejercicios																																		
Análisis de datos																																		
Redacción del informe final																																		

Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Una de las fortalezas del presente trabajo es la propuesta del diseño de estudio, ya que pretende comprobar qué tipo de prehabilitación (fuerza o resistencia) provoca mayor efecto en el AF y la inflamación sistémica. Este aspecto no se contempla en la literatura científica ya que centran el objetivo en intervenciones trimodales (fuerza, resistencia y nutrición combinadas) o únicamente mediante ejercicio de resistencia (34). Este problema es relevante en una población donde las circunstancias de la enfermedad provocan una fatiga extrema, malnutrición y sarcopenia, por lo que el objetivo es encontrar el tipo de ejercicio más tiempo-eficiente.

A pesar de esto, las intervenciones expuestas presentan sus limitaciones, como por ejemplo la duración de estas o el tipo de sesiones y material utilizado (34,35).

La mayoría de programas de prehabilitación presentan una duración mayor (8-12 frente a 4 semanas) pudiendo obtener mejoras más significativas (36). Sin embargo, en la práctica clínica no se dispone de tanto tiempo desde la detección del cáncer e inicio del tratamiento hasta la programación de la cirugía, que suele ser de 4 semanas.

Por ejemplo, Brown et al. llevaron a cabo un estudio similar con una intervención de 12 semanas donde las sesiones eran presenciales 1-1 y utilizaban máquinas guiadas, pesos libres, pesas rusas, cintas y cicloergómetros (35). Esto, junto a una mayor facilidad para la cuantificación de las cargas mediante 1RM y control de la FC mediante bandas de pectoral permite una mejor monitorización de la intensidad y una posible mayor adherencia al programa y efecto de este. No obstante, el objetivo del presente trabajo consiste en trasladar este tipo de protocolos de laboratorio a la práctica y a las condiciones del hospital donde se pretende llevar a cabo.

Por ello, para controlar aquellas variables que se encuentran a nuestro alcance se monitorizarán las sesiones mediante videollamada y la App de Xiaomi, además de programar 3 niveles de dificultad en cada ejercicio de fuerza para una mayor individualización y progresión en intensidad para ambos grupos, aspecto que no contemplan estudios similares (37). Una propuesta interesante para futuras investigaciones sería pautar 2 sesiones domiciliarias y 1 presenciales por semana, evitando

desplazamientos excesivos por parte de los pacientes, pero, a su vez, mejorando la adherencia y la ejecución de los programas, como se observan en trabajos similares (36).

En cuanto a los posibles resultados, ambos grupos podrían mejorar el AF, ya que existe evidencia sólida sobre el efecto positivo del ejercicio sobre el AF (38). Esta posible mejora debe ser un objetivo perseguido para cualquier programa de prehabilitación, ya que a medida que se mejora el AF se reduce la probabilidad y el número de complicaciones post operatorias, pasando de un 84.7% de probabilidad de complicación con un AF de 4.5° a un 64.8% con un AF de 6° (39).

A pesar de no disponer de evidencia sólida en pacientes oncológicos, se pueden fundamentar nuestras hipótesis en estudios con población sana y en los determinantes del AF (19,40). El grupo de fuerza podría desplazar en mayor medida el vector en el eje X hacia el sentido del incremento de la masa muscular, debido al incremento de la reactancia. Y, por otro lado, el grupo de resistencia podría reducir la inflamación crónica mediante la movilización del líquido extracelular y una mejora de la eficiencia cardiovascular y linfática, desplazando en mayor medida que el grupo de fuerza el vector en el eje Y hacia la reducción de fluidos, aumentando así la resistencia.

Por ello, este estudio piloto propone un protocolo innovador y viable para comparar los efectos de la fuerza y la resistencia en la prehabilitación de pacientes con cáncer colorrectal. Además, aunque no se dispone de resultados, las hipótesis están fundamentadas en la literatura actual y permiten orientar futuras investigaciones que contemplen las limitaciones expuestas y la necesidad del cálculo del tamaño muestral de un ensayo definitivo que aporte evidencia sólida y aplicable en la práctica clínica.

6. ANEXOS

ANEXO 1 (CONSENTIMIENTO INFORMADO)

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Efectos de un programa de prehabilitación con ejercicios de fuerza o resistencia en el ángulo de fase en pacientes con cáncer colorrectal a la espera de cirugía: diseño de un estudio piloto aleatorizado.

Investigador principal: Raúl Pascual Ferrández Belén

Institución: Universidad Miguel Hernández

Duración del estudio: 4 semanas

1. Introducción

Usted ha sido invitado a participar en un ensayo clínico aleatorizado para investigar los efectos de dos programas de ejercicio físico (uno centrado en fuerza muscular y otro en resistencia) en pacientes con cáncer colorrectal a la espera de cirugía. Este estudio se llevará a cabo de forma domiciliaria, y tiene como objetivo evaluar cómo estos programas de ejercicio pueden influir en variables como la masa muscular, la inflamación, el bienestar general, y otros factores relacionados con su salud y recuperación postquirúrgica.

Antes de decidir si desea participar, es importante que lea cuidadosamente este formulario de consentimiento informado. A continuación, se describe el propósito, la duración, los procedimientos, los posibles beneficios y riesgos asociados con el estudio.

2. Propósito del estudio

El objetivo principal de este estudio es evaluar los efectos de dos tipos de intervención de ejercicio físico (fuerza y resistencia) sobre diferentes variables clínicas en pacientes con cáncer colorrectal que esperan cirugía. Se busca comprender mejor cómo el ejercicio puede afectar su salud física y general en el período previo a la cirugía, con la esperanza de que pueda mejorar su recuperación postoperatoria y su calidad de vida.

3. Procedimientos

Si decide participar en este estudio, usted será asignado de manera aleatoria a uno de los dos programas de intervención de ejercicio:

- **Grupo 1:** Programa de ejercicio de fuerza muscular.
- **Grupo 2:** Programa de ejercicio de resistencia.

Fases del estudio:

1. **Evaluación inicial (presencial):** Usted se someterá a una evaluación inicial en la que se medirán ciertas variables relacionadas con su salud y capacidad física (por ejemplo, fuerza muscular, capacidad aeróbica, masa corporal).
2. **Intervención de ejercicio domiciliaria (4 semanas):** Durante 4 semanas, deberá realizar el programa de ejercicio que se le asigne en su domicilio. Recibirá instrucciones detalladas y materiales para realizar los ejercicios de manera segura. Habrá un total de

12 sesiones (3 por semana). Cada sesión durará aproximadamente 50-60 minutos. Las sesiones de ejercicio serán supervisadas mediante una aplicación de seguimiento o videollamadas.

3. **Evaluación final (presencial):** Después de las 4 semanas de ejercicio, se realizará una evaluación final presencial en la que se medirán nuevamente las mismas variables evaluadas inicialmente.

4. Beneficios esperados

Aunque no podemos garantizar resultados específicos, los beneficios que podría obtener al participar en este estudio incluyen:

- Mejora de la masa muscular y fuerza física.
- Mejora de la capacidad aeróbica (resistencia cardiovascular).
- Reducción de la inflamación y mejora en el bienestar general.
- Posible mejora de su recuperación postquirúrgica tras la cirugía de cáncer colorrectal.
- Participación en un estudio clínico que podría ayudar a otros pacientes en el futuro.

5. Riesgos y posibles inconvenientes

Aunque este estudio es relativamente seguro, existen algunos riesgos y molestias potenciales asociados con la intervención de ejercicio físico. Estos incluyen:

- Fatiga o dolor muscular después del ejercicio.
- Lesiones leves debido a la ejecución incorrecta de los ejercicios.
- Estrés relacionado con la participación en el estudio.

Usted será monitorizado durante todo el proceso, y recibirá instrucciones para minimizar el riesgo de lesiones o molestias. Si experimenta algún malestar o efectos secundarios durante el programa de ejercicio, se le aconseja que lo comunique inmediatamente al equipo de investigación.

6. Confidencialidad

Toda la información relacionada con su participación en este estudio será tratada de manera confidencial. Su identidad será protegida y solo se utilizará en el contexto de este estudio. Los resultados del estudio serán presentados en formato agregado y no incluirán información personal identificable. Cualquier información obtenida se almacenará de manera segura, y usted tendrá acceso a ella si lo solicita.

7. Voluntariedad de la participación

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Puede decidir no participar o retirarse en cualquier momento sin que ello afecte su tratamiento médico actual ni su relación con el equipo de atención médica. Si decide retirarse, no se le pedirá que explique su decisión.

8. Compensación

No se ofrecerá compensación económica por participar en este estudio, pero se le proporcionará acceso a servicios de seguimiento y asesoramiento sobre su salud durante el programa de ejercicio.

9. Aceptación del paciente

Si usted tiene alguna pregunta sobre este estudio, los procedimientos, los beneficios, los riesgos o cualquier otro aspecto, no dude en preguntar a los investigadores. Al firmar este consentimiento informado, usted confirma que ha entendido toda la información proporcionada y que ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Su firma indica que acepta participar en este estudio de manera voluntaria.

Firma del paciente:

Yo, _____, he leído el consentimiento informado y comprendo lo que implica mi participación en este estudio. Por la presente, doy mi consentimiento para participar en el ensayo clínico.

Firma del paciente: _____

Fecha: _____

Firma del investigador:

He explicado el propósito, los procedimientos, los riesgos y beneficios del estudio al paciente y he respondido a todas sus preguntas.

Firma del investigador: _____

Fecha: _____

ANEXO 2 (PLANTILLA CERT)

SECCIÓN	ÍTEM #	CHECKLIST ÍTEM
¿Qué?: material	1	GFuerza: Autocargas, bandas elásticas y pesos libres (mancuernas) GResistencia: Xiaomi Smart Band 7 Pro
¿Quién?: supervisor	2	Fisioterapeuta con más de 5 años de experiencia.
¿Cómo?: distribución	3	Grupo
	4	GFuerza: Entrenamiento supervisado por el fisioterapeuta de forma telemática mediante videollamada

		GResistencia: Entrenamiento supervisado mediante la App Mi Fitness (Xiaomi Wear Lite)
	5	La adherencia al programa se lleva a cabo con el recuento de sesiones realizadas vía telemática y el reporte de sesiones por la App Xiaomi Wear Lite.
	6	La principal estrategia de motivación es la autocomparación con sensaciones (feedback) de sesiones iniciales y progresión en los ejercicios y cargas.
	7a	GFuerza: La progresión se realizará cuando sea capaz de realizar 2 series de 12 repeticiones con buena técnica y una puntuación de 6-8 en la Escala de Borg (6-20). GResistencia: La progresión se realizará cuando sea capaz de realizar los 50' al 40% de la FCR y/o una puntuación de 6-8 en la Escala de Borg (6-20).
	7b	GFuerza: Se progresará en el nivel de dificultad del ejercicio, por lo que hay 3 niveles. GResistencia: Se progresará en intensidad pasando de un 40% a un 60% de la FCR.
	8	Los pacientes de ambos grupos dispondrán de una hoja con los ejercicios y descripción de estos, además de un enlace con la ejecución en video y las sesiones en directo se utilizarán para guiar y/o corregir ejecuciones técnicas.
	9	Otros componentes del programa: ninguno.

	10	Las intervenciones que no son de ejercicio físico, pero forman parte del programa multimodal son: recomendaciones nutricionales y apoyo psicológico aportado por los profesionales del hospital a ambos grupos.
	11	Posibles efectos adversos: hipotensión, mareos, fatiga extrema, posibles pérdidas de equilibrio como consecuencia de los tratamientos seguidos por los pacientes.
¿Dónde?: localización	12	Domicilio
¿Cuándo? ¿Cuánto?: dosis	13	GFuerza: Duración programa: 4 semanas. Frecuencia semana: 3 días. Nº ejercicios fuerza: 7 (principales grupos musculares). Nº series: 2 Nº reps: 8-12 rep Recuperación entre series: 60'' Intensidad: 12-13 escala Borg (6-20) o 60% de 1RM. Tiempo total sesión fuerza: 50' GResistencia: Duración programa: 4 semanas. Frecuencia semana: 3 días/semana. Tiempo total sesión: 50' Intensidad ejercicio aeróbico: 40-60% Frecuencia Cardíaca de Reserva (Karvonen) o 12-13 Borg (6-20).
¿Qué? ¿Cómo?: individualización	14a	Los ejercicios son individualizados

	14b	GFuerza: La forma de individualizar los ejercicios es adaptándolos según niveles de dificultad (nivel 1- nivel 2- nivel 3) GResistencia: La forma de individualizar se basa en adaptar la intensidad del ejercicio aeróbico desde el 40% al 60% de la FCR.
	15	La forma de determinar el nivel de cada paciente consiste en una entrevista inicial donde mediante la anamnesis se obtenga información sobre experiencia previa en entrenamiento de fuerza o resistencia, antecedentes de lesiones musculoesqueléticas y condición física actual tras la quimioterapia.
Seguimiento, planificación	16a	El seguimiento del programa se lleva a cabo mediante el control de asistencia a las sesiones online GFuerza: El seguimiento del programa se lleva a cabo mediante el control de asistencia a las sesiones online GResistencia: El seguimiento del programa se lleva a cabo mediante el control en la App Mi Fitness (Xiaomi Wear Lite)
	16b	La forma de controlar si el programa se ha llevado a cabo según lo planificado es teniendo en cuenta el número de sesiones realizadas en total y en el cambio de las pruebas de condición física post intervención de ejercicio físico

ANEXO 3. (DESCRIPCIÓN EJERCICIOS FUERZA Y NIVELES)

EJERCICIO 1. PECTORAL

-NIVEL 1. EMPUJE PECTORAL EN BIPEDESTACIÓN CON GOMAS

Fija la goma en un punto fijo y colócate de espaldas a ella. Inspira con los codos flexionados y exhala al extender los brazos manteniendo el cuerpo recto. Coloca un pie delante del otro para incrementar la base de sustentación.



-NIVEL 2. EMPUJE PECTORAL EN DECÚBITO SUPINO CON MANCUERNAS

Túmbate boca arriba con los pies apoyados en el suelo. Mantén los brazos rectos cogiendo las pesas y baja lentamente hasta que los codos toquen el suelo mientras inhalas. Vuelve a extender los brazos mientras exhalas.



-NIVEL 3. FLEXIONES EN MESA

Manteniendo el cuerpo recto apoya los brazos sobre una mesa y flexiona los codos acercando el pecho a la misma mientras inhalas. Extiende los brazos separándote de la mesa mientras exhalas.



EJERCICIO 2. CUÁDRICEPS + GLÚTEOS

-NIVEL 1. SENTADILLA CON APOYO FRONTAL

Empieza sentado en una silla sin apoyar la espalda. Desde esa posición, levántate a velocidad rápida con ayuda del apoyo de manos en una silla colocada enfrente mientras exhalas. Luego inhala al bajar lentamente hasta volver a sentarte. Intenta no impulsarte para subir ni dejarte caer al bajar.



-NIVEL 2. SENTADILLA CON MANCUERNA AGARRE FRONTAL.

Empieza sentado en una silla sin apoyar la espalda. Desde esa posición, levántate a velocidad rápida con una mancuerna cogida a la altura del pecho mientras exhalas. Luego inhala al bajar lentamente hasta volver a sentarte. Intenta no impulsarte para subir ni dejarte caer al bajar.



-NIVEL 3. SENTADILLA + EMPUJE VERTICAL DE HOMBRO

Empieza sentado en una silla sin apoyar la espalda. Desde esa posición, levántate a velocidad rápida con una mancuerna cogida a la altura del pecho mientras exhalas y cuando llegues a estar erguido completamente continua con los brazos subiendo la mancuerna por encima de la cabeza hasta extender los brazos. Luego inhala al bajar lentamente hasta volver a sentarte. Intenta no impulsarte para subir ni dejarte caer al bajar.



EJERCICIO 3. DORSAL

-NIVEL 1. REMO BILATERAL EN BIPEDESTACIÓN CON GOMA

Fija la goma en un punto fijo a la altura del pecho y colócate de frente a ella. Coge con ambas manos cada extremo de la goma y acerca los puños al pecho al mismo tiempo que exhalas, luego al extender los brazos inhala.



-NIVEL 2. REMO UNILATERAL CON MANCUERNA.

De pie, apoya la mano contralateral en una superficie estable con el tronco inclinado hacia delante y el brazo con la pesa paralelo al tronco. Flexiona el codo llevando la pesa hacia el cuerpo mientras inhalas. Vuelve a estirar el codo al exhalar.



-NIVEL 3. REMO BILATERAL EN BIPEDESTACIÓN CON MANCUERNAS

De pie con el tronco inclinado hacia delante y los brazos con las pesas paralelo al tronco. Flexiona los codos llevando las pesas hacia el cuerpo mientras inhalas. Vuelve a estirar los codos al exhalar.



EJERCICIO 4. CUÁDRICEPS + GLÚTEOS

-NIVEL 1. ZANCADA EN EL SITIO (SPLIT CON AYUDA)

Colócate de pie, con una pierna delante de la otra a la amplitud de las caderas. Si cuesta equilibrarse puedes abrir más las piernas. Desde esa posición, inhala bajando hacia el suelo con el tronco erguido acercando la rodilla trasera al suelo (sin tocarlo) y al subir exhalas. Apóyate en una silla para mantener el equilibrio. Repítelo con la otra pierna.



-NIVEL 2. ZANCADAS HACIA DELANTE CON AYUDA

Colócate de pie con los pies juntos, desde esa posición hacemos una zancada hacia delante y bajando hacia el suelo acercando la rodilla trasera al suelo (sin tocarlo) al mismo tiempo que inhalas. Vuelve a la posición inicial mientras exhalas y haces fuerza con la pierna delantera. Apóyate en una silla para mantener el equilibrio. Repítelo con la otra pierna.



-NIVEL 3. ZANCADAS HACIA DELANTE CON MANCUERNAS

Colócate de pie con los pies juntos y con una mancuerna en cada mano. Desde esa posición hacemos una zancada hacia delante y bajando hacia el suelo acercando la rodilla trasera al suelo (sin tocarlo) al mismo tiempo que inhalas. Vuelve a la posición inicial mientras exhalas y haces fuerza con la pierna delantera. Repítelo con la otra pierna.



EJERCICIO 5. ISQUIOTIBIALES

-NIVEL 1. FLEXIÓN DE RODILLA UNILATERAL EN BIPEDESTACIÓN

Colócate de pie cerca de una silla para apoyarte y mantener el equilibrio. Desde esa posición, flexiona una rodilla manteniendo el muslo a la misma altura que el contralateral mientras exhalas. Estira de nuevo la pierna mientras inhalas. Repítelo con la otra pierna



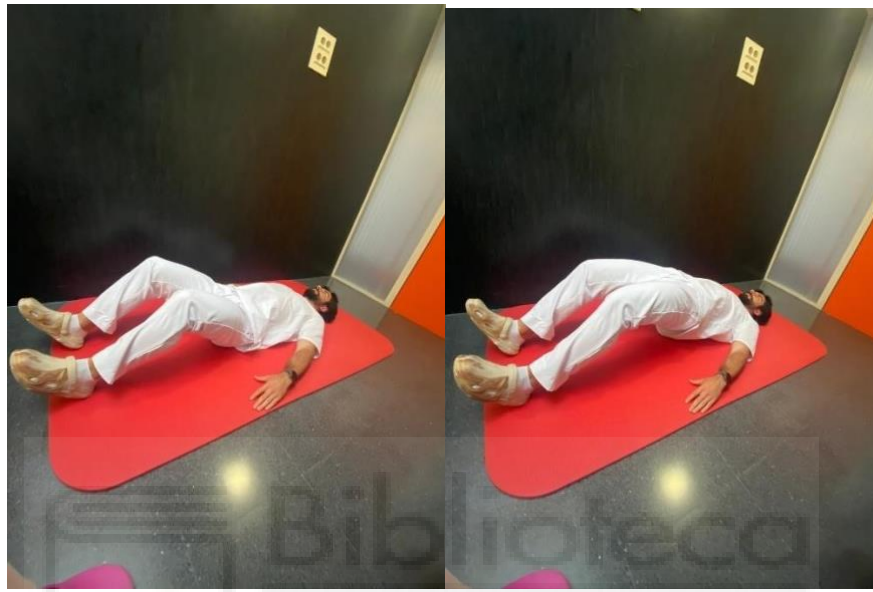
-NIVEL 2. PUENTE DE GLÚTEO

Túmbate boca arriba con los pies apoyados en el suelo y apóyalos cerca del glúteo. Desde esa posición, elevamos los glúteos al mismo tiempo que exhalas haciendo fuerza en los talones. Mantén arriba durante la exhalación, inspira al bajar de nuevo.



-NIVEL 3. PUENTE ISQUIOTIBIAL

Tumbate boca arriba con los talones apoyados en el suelo y lejos del glúteo. Desde esa posición, elevamos la cadera al mismo tiempo que exhalas haciendo fuerza en los talones. Mantén arriba durante la exhalación, inspira al bajar de nuevo.



EJERCICIO 6. TRÍCEPS SURAL

-NIVEL 1. FLEXIÓN PLANTAR BILATERAL EN BIPEDESTACIÓN CON AYUDA

Colócate de pie cerca de una silla para apoyarte y mantener el equilibrio. Desde esa posición, eleva los talones lo más alto posible al exhalar y mantener toda la exhalación sin balancearte, al inspirar bajas sin dejarte caer.



-NIVEL 2. FLEXIÓN PLANTAR BILATERAL EN BIPEDESTACIÓN SIN AYUDA

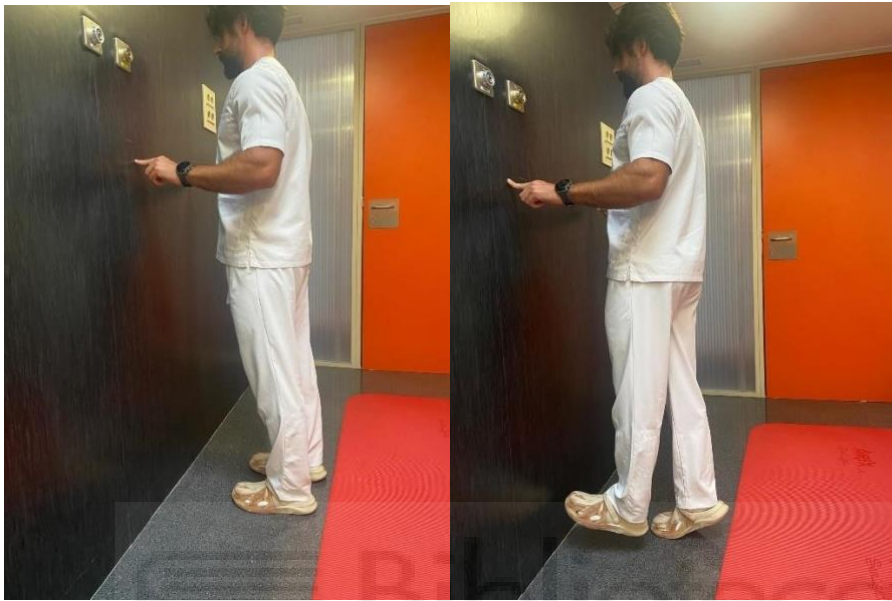
Colócate de pie cerca de una silla, pero no nos apoyamos, solo si perdemos el equilibrio para no caer.

Desde esa posición, eleva los talones lo más alto posible al exhalar y mantener toda la exhalación sin balancearte, al inspirar bajas sin dejarte caer.



-NIVEL 3. FLEXIÓN PLANTAR UNILATERAL EN BIPEDESTACIÓN CON AYUDA

Colócate de pie cerca de una silla para mantener el equilibrio. Desde esa posición, con apoyo de una pierna, eleva el talón lo más alto posible al exhalar y mantener toda la exhalación sin balancearte, al inspirar bajas sin dejarte caer.



EJERCICIO 7. BÍCEPS + TRÍCEPS

-NIVEL 1. FLEXIÓN CODO CON MANCUERNAS ALTERNANDO

Colócate de pie, cogiendo las dos mancuernas y realiza una flexión de codo primero de un brazo, y al mismo tiempo que lo extiende, flexiona el otro, realizando así flexiones de codo alternativas. Activa el abdomen y evita balanceos con el tronco.



-NIVEL 2. FLEXIÓN CODO CON MANCUERNAS SIMULTANEO

Colócate de pie, cogiendo las dos mancuernas y realiza una flexión de ambos codos al mismo tiempo mientras exhalas, luego extiende los codos inhalando. Activa el abdomen y evita balanceos con el tronco.



-NIVEL 3. FLEXIÓN CODO CON MANCUERNAS + EXTENSIÓN DE CODO SOBRE CABEZA

Colócate de pie, cogiendo las dos mancuernas y realiza una flexión de ambos codos al mismo tiempo y, posteriormente, sube las mancuernas hacia el techo extendiendo los brazos mientras exhalas. Activa el abdomen y evita balanceos con el tronco.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Skroński M, Olszewska N, Nyckowski P, Ukleja A, Lisowska J, Słodkowski M, et al. Malnutrition as an unfavorable prognostic factor after surgical treatment for metastatic colorectal cancer. *Polish Journal of Surgery*. 2024 Mar 5;96(3):32–9.
2. Liu XY, Kang B, Lv Q, Wang ZW. Phase angle is a predictor for postoperative complications in colorectal cancer. *Front Nutr*. 2024;11.
3. Gupta S. Screening for Colorectal Cancer. Vol. 36, *Hematology/Oncology Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2022. p. 393–414.
4. Papier K, Bradbury KE, Balkwill A, Barnes I, Smith-Byrne K, Gunter MJ, et al. Diet-wide analyses for risk of colorectal cancer: prospective study of 12,251 incident cases among 542,778 women in the UK. *Nat Commun*. 2025 Dec 1;16(1):375.
5. Arab A, Karimi E, Vingrys K, Shirani F. Is phase angle a valuable prognostic tool in cancer patients' survival? A systematic review and meta-analysis of available literature. *Clinical Nutrition*. 2021 May 1;40(5):3182–90.

6. Miján De La Torre A. Muscle wasting as a key predictor of survival in cancer patients *Nutrición Hospitalaria*. Nutr Hosp. 2016;
7. Murata M. Inflammation and cancer. Vol. 23, *Environmental Health and Preventive Medicine*. BioMed Central Ltd.; 2018.
8. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski HC, García-Almeida JM. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. Vol. 24, *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. Springer; 2023. p. 563–83.
9. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. Vol. 31, *Clinical Nutrition*. 2012. p. 854–61.
10. Short T, Teranishi-Hashimoto ‡ C, Yamada P. Exercise-Based Cancer Rehabilitation Program Improves Phase Angle in Breast Cancer Survivors [Internet]. Vol. 15, *International Journal of Exercise Science*. 2022. Available from: <http://www.intjexersci.com>
11. Amano K, Bruera E, Hui D. Diagnostic and prognostic utility of phase angle in patients with cancer. Vol. 24, *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. Springer; 2023. p. 479–89.
12. Singh B, Hayes SC, Spence RR, Steele ML, Millet GY, Gergele L. Exercise and colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis of exercise safety, feasibility and effectiveness. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2020 Sep 24;17(1):122.
13. Amirsasan R, Akbarzadeh M, Akbarzadeh S. Exercise and colorectal cancer: prevention and molecular mechanisms. Vol. 22, *Cancer Cell International*. BioMed Central Ltd; 2022.
14. da Silva¹ BR, Orsso¹ CE, Gonzalez² MC, Sicchieri³ JMF, Mialich³ MS, Jordao³ AA, et al. Phase angle and cellular health: inflammation and oxidative damage. Vol. 24, *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. Springer; 2023. p. 543–62.
15. da Silva BR, Gonzalez MC, Cereda E, Prado CM. Exploring the potential role of phase angle as a marker of oxidative stress: A narrative review. Vol. 93, *Nutrition*. Elsevier Inc.; 2022.
16. Gillis C, Li C, Lee L, Awasthi R, Augustin B, Gamsa A, et al. Prehabilitation versus Rehabilitation A Randomized Control Trial in Patients Undergoing Colorectal Resection for Cancer. *Anesthesiology*. 2014;

17. Alvero-Cruz JR, Correas Gómez L, Ronconi M, Fernández Vázquez R, Porta i Manzanido J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. 2011;4(4):167–74. Available from: www.elsevier.es/ramd
18. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. Vol. 48, *Age and Ageing*. Oxford University Press; 2019. p. 16–31.
19. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski HC, García-Almeida JM. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. Vol. 24, *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. Springer; 2023. p. 563–83.
20. Bärebring L, Kværner AS, Skotnes M, Henriksen HB, Skjetne AJ, Henriksen C, et al. Use of bioelectrical impedance analysis to monitor changes in fat-free mass during recovery from colorectal cancer— a validation study. *Clin Nutr ESPEN*. 2020 Dec 1;40:201–7.
21. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. Vol. 40, *Age and Ageing*. 2011. p. 423–9.
22. Barbosa MV, dos Santos MP, Leite JA, Rodrigues VD, de Pinho NB, Martucci RB. Association between functional aspects and health-related quality of life in patients with colorectal cancer: can handgrip strength be the measure of choice in clinical practice? *Supportive Care in Cancer*. 2023 Feb 1;31(2).
23. Moriello C, Mayo NE, Feldman L, Carli F. Validating the Six-Minute Walk Test as a Measure of Recovery After Elective Colon Resection Surgery. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Jun;89(6):1083–9.
24. Pecorelli N, Fiore JF, Gillis C, Awasthi R, Mappin-Kasirer B, Niculiseanu P, et al. The six-minute walk test as a measure of postoperative recovery after colorectal resection: further examination of its measurement properties. *Surg Endosc*. 2016 Jun 1;30(6):2199–206.
25. Schmidt K, Vogt L, Thiel C, Jäger E, Banzer W. Validity of the six-minute walk test in cancer patients. *Int J Sports Med*. 2013;34(7):631–6.

26. Steffens D, Pocovi NC, Bartyn J, Delbaere K, Hancock MJ, Koh C, et al. Feasibility, Reliability, and Safety of Remote Five Times Sit to Stand Test in Patients with Gastrointestinal Cancer. *Cancers (Basel)*. 2023 May 1;15(9).
27. Annunziata MA, Muzzatti B, Bidoli E, Flaiban C, Bomben F, Piccinin M, et al. Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) accuracy in cancer patients. *Supportive Care in Cancer* [Internet]. 2020;3921–6. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00520-019-05244-8>
28. López-Roig S, Terol MC, Pastor MA, Neipp MC, Massutí B, Rodríguez-Marín J, et al. Ansiedad y depresión. Validación de la escalada HAD en pacientes oncológicos. *J Health Psychol*. 2000;
29. Gandek B, Ware JE, Aaronson NK, Apolone G, Bjorner JB, Brazier JE, et al. Cross-Validation of Item Selection and Scoring for the SF-12 Health Survey in Nine Countries: Results from the IQOLA Project. Vol. 51, *J Clin Epidemiol*. 1998.
30. Duraes LC, Stocchi L, Steele SR, Kalady MF, Church JM, Gorgun E, et al. The Relationship Between Clavien–Dindo Morbidity Classification and Oncologic Outcomes After Colorectal Cancer Resection. *Ann Surg Oncol*. 2018 Jan 1;25(1):188–96.
31. Golder H, Casanova D, Papalois V. Evaluation of the usefulness of the Clavien-Dindo classification of surgical complications. *Cirugía Española (English Edition)*. 2023 Sep;101(9):637–42.
32. Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson PD. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 9th Ed. 2014.
33. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013 Jan;113(1):147–55.
34. Amirsasan R, Akbarzadeh M, Akbarzadeh S. Exercise and colorectal cancer: prevention and molecular mechanisms. Vol. 22, *Cancer Cell International*. BioMed Central Ltd; 2022.
35. Brown JM, Yoon D, Shackelford K, Hipp ML, Hayward R. Evaluation of an Exercise-Based Phase Program as Part of a Standard Care Model for Cancer Survivors [Internet]. 2019. Available from: <http://www.acsm-tj.org>

36. Singh B, Hayes SC, Spence RR, Steele ML, Millet GY, Gergele L. Exercise and colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis of exercise safety, feasibility and effectiveness. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2020 Sep 24;17(1):122.
37. Bousquet-Dion G, Awasthi R, Loiselle SÈ, Minnella EM, Agnihotram R V., Bergdahl A, et al. Evaluation of supervised multimodal prehabilitation programme in cancer patients undergoing colorectal resection: a randomized control trial. *Acta Oncol (Madr).* 2018 Jun 3;57(6):849–59.
38. Yamada Y, Yoshida T, Murakami H, Kawakami R, Gando Y, Ohno H, et al. Phase angle obtained via bioelectrical impedance analysis and objectively measured physical activity or exercise habits. *Sci Rep.* 2022 Dec 1;12(1).
39. Gulin J, Ipavic E, Mastnak DM, Breclj E, Edhemovic I, Kozjek NR. Phase angle as a prognostic indicator of surgical outcomes in patients with gastrointestinal cancer. *Radiol Oncol.* 2023 Dec 1;57(3):524–9.
40. Sardinha LB, Rosa GB. Phase angle, muscle tissue, and resistance training. Vol. 24, *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders.* Springer; 2023. p. 393–414.