

Diseño de un protocolo de
investigación para analizar el
impacto del ejercicio físico
en personas con cáncer
colorrectal



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Alumno: Ignacio Herrero Ponce

Tutor académico: Amaya Prat Luri

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2023 -2024

Índice

Introducción.....	1
Metodología	2
Diseño del estudio.....	2
Captación de participantes.....	3
Intervención	3
Entrenamiento de fuerza muscular	4
Entrenamiento de resistencia cardiorrespiratoria	7
Evaluación	8
Calidad de vida.....	8
Estabilidad del tronco	9
Resistencia cardiorrespiratoria	9
Potencia de miembros inferiores.....	9
Fuerza máxima de miembros superiores e inferiores.....	9
Discusión.....	10
Bibliografía.....	12
Anexos	18

Introducción

El cáncer colorrectal es un tipo de cáncer del tracto digestivo, definido como el crecimiento incontrolado de las células del colon y el recto y en donde los tumores pueden originarse en cualquier segmento o capa del intestino grueso (Xie et al., 2021). Su incidencia a nivel mundial en 2023 fue de 1,9 millones de personas según datos de Global Cancer Observatory (Globocan, 2023). En España, en el año 2024 la incidencia se situó en 44.294 casos, según datos de Red Española de Registros de Cáncer (Redecan, 2024) Los factores de riesgo asociados incluyen, entre otros, la edad, el sexo, la genética y el estilo de vida, siendo un tipo de cáncer más frecuente en varones, mayores de 50 años, sedentarios y con exceso de grasa corporal (i.e., sobrepeso y/o obesidad)(Hua et al., 2023).

El abordaje y tratamiento del cáncer colorrectal tiene un carácter multimodal y combina varias opciones terapéuticas. Desde su planteamiento médico, al menos el 98% de las personas diagnosticadas requieren tratamiento quirúrgico, además de quimioterapia, radioterapia y/o terapias dirigidas, como la inmunoterapia (Singh et al., 2020; Sukari et al., 2016). Este tipo de cáncer está estrechamente ligado al estilo de vida y, especialmente, a la inactividad física, donde las personas sedentarias y/o con niveles altos de grasa corporal tienen más probabilidad de padecerlo. Por el contrario, las personas que realizan ejercicio físico de moderada y/o vigorosa intensidad tienen un 19% menos de probabilidad de desarrollar esta patología (Liu et al., 2016). Debido a ello, una perspectiva multidisciplinar desde el área de la fisioterapia, la nutrición y las ciencias del deporte permitiría tener una atención global a todas las personas con esta patología (Balhareth et al., 2019). En este sentido, se destaca el uso del ejercicio físico como pieza clave en la prevención, el tratamiento y la recuperación del paciente con cáncer colorrectal (Islami et al., 2018).

El entrenamiento puede ser de varios tipos, abarcando la mejora de la función muscular y/o la resistencia cardiorrespiratoria (Bettariga et al., 2023; Courneya, 2001; Geng et al., 2023; Van Der Schoot et al., 2022). La literatura científica actual respalda la seguridad y eficacia de la práctica de ejercicio físico en personas con cáncer, aumentando las tasas de supervivencia y resultando útil en cualquier estadio de la enfermedad (Singh et al., 2020). De igual manera, tiene un impacto positivo en la disminución de la sintomatología, la salud física y mental, mejora de la efectividad del tratamiento, así como la reducción de los efectos secundarios de los tratamientos. Según la literatura consultada se sabe que los sujetos con altos niveles de fitness cardiorrespiratorio tienen menor riesgo de muerte específica por cáncer, en comparación con aquellos que no lo tienen (Schmid & Leitzmann, 2015). Asimismo, se ha evidenciado que estas personas presentan una disfunción mitocondrial, lo que conlleva a la acumulación de lactato en sangre actuando como oncometabolito, correlacionándose con una mayor incapacidad para la oxidación de grasas (San-Millán, 2023; San-Millán et al., 2020; San-Millán & Brooks, 2018).

Sin embargo, pese a los reconocidos beneficios del ejercicio físico en el cáncer colorrectal, hay limitaciones en la literatura actual. Así como en el cáncer de mama existe una amplia investigación acerca de la dosis-respuesta y de los parámetros de carga del ejercicio físico (Pagola et al., 2020; Soriano-Maldonado et al., 2019), en cáncer colorrectal, la evidencia con respecto al ejercicio durante la quimioterapia es más limitada (Morielli et al., 2018; Van Rooijen et al., 2018). En la literatura revisada, se han encontrado revisiones sistemáticas con falta de información acerca de las diferentes variables de entrenamiento, como la densidad y duración de la sesión (Brown et al., 2018; Choy et al., 2022; Kim et al., 2019; Lee et al., 2018; Mayer et al., 2018). Además, en la gran mayoría no hay datos acerca de cómo los participantes progresan en intensidad a lo largo de las semanas de entrenamiento; y cuando sí se nombra la progresión, no hay datos específicos de cómo se realiza (Bourke et al., 2011; Brown et al., 2017; Lee et al., 2018; Van Vulpen et al., 2016; Van Waart et al., 2018). Además, en muchas de estas revisiones hay

falta de información acerca de qué musculatura está implicada ni qué ejercicios realizan los participantes (Singh et al., 2020; Van Rooijen et al., 2018; Van Vulpen et al., 2016; Van Waart et al., 2018). Por último, también destacar que algunos artículos se basan en programas de ejercicios sin supervisión donde no se controla la intensidad (Lee et al., 2018; Mayer et al., 2018; Pinto et al., 2013).

En base a lo anteriormente expuesto, el objetivo principal de este trabajo final de grado reside en realizar una propuesta de estudio de investigación con el fin de evaluar el efecto de un programa supervisado de entrenamiento concurrente intra-sesión, en pacientes con cáncer colorrectal con tratamiento tradicional (i.e., quimioterapia y radioterapia). El programa constará de 4 evaluaciones, distribuidas en periodos de pre-intervención y post-intervención, además de dos intermedias durante el programa de intervención. Se plantea la hipótesis de que el programa de entrenamiento concurrente planteado mejorará tanto la fuerza muscular y como la capacidad cardiorrespiratoria, así como la calidad de vida. Aunque se esperan cambios favorables en variables como la capacidad cardiorrespiratoria y fuerza muscular en la medición intermedia del estudio, se prevén mayores cambios al final del estudio. En cuanto a la calidad de vida, también se esperan cambios más significativos en la medición final de estudio.

Metodología

Diseño del estudio

El estudio consistirá en un estudio piloto simple ciego en pacientes diagnosticados de cáncer colorrectal, con una muestra de 10 pacientes. Los participantes seleccionados habrán tenido que pasar previamente por una cirugía en los últimos 2 meses, además de estar recibiendo tratamiento de quimioterapia o radioterapia. El estudio se dividirá en dos grupos: un grupo control de 5 participantes que sólo recibirá tratamiento médico (i.e., quimioterapia o radioterapia), y un grupo experimental que además del tratamiento médico realizará un programa de entrenamiento concurrente supervisado (i.e., ejercicios de resistencia cardiorrespiratoria y de fuerza). Los participantes se dividirán entre los diferentes grupos de forma aleatoria, para ello se utilizará un programa informático específico que lleve a cabo la asignación entre grupos.

En el estudio participarán tres investigadores: dos investigadores (fisioterapeuta y/o educador físico) que estarán encargados de todas las evaluaciones que se realizarán durante el estudio, y otro investigador (educador físico), encargado de llevar a cabo el programa de entrenamiento concurrente. Además, el análisis estadístico también lo llevará a cabo el investigador a cargo del grupo de intervención, por lo que el cegado del estudio será por parte de los evaluadores, quienes no sabrán a qué grupo pertenecen los participantes. El estudio tendrá una duración total de 15 semanas, de las cuales 3 semanas completas se destinarán a mediciones de evaluación (2 semanas de evaluaciones pre-test y 1 post-test), y 12 serán destinadas al programa de ejercicios supervisados. Se realizarán dos evaluaciones intermedias (i.e., semanas 4 y 8 del programa de intervención), detalladas en el apartado de evaluación. El grupo control solamente se someterá a las evaluaciones pre y post (i.e., semanas 1, 2 y 15), y durante el periodo de intervención continuarán con sus actividades habituales sin comenzar ningún programa de ejercicio físico estructurado. En la figura 1 puede observarse el diseño del estudio.

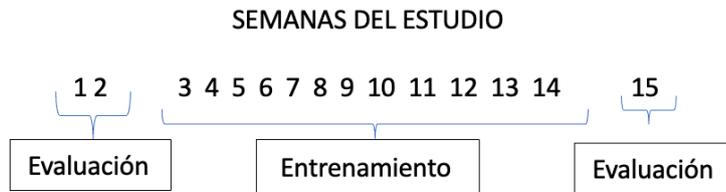


Figura 1. Diseño del estudio.

Captación de participantes

La captación de pacientes voluntarios se realizará desde la consulta de oncología del hospital del Vinalopó (Elche). El oncólogo nos facilitará un informe médico para corroborar la presencia del cáncer y el estadio en el que se encuentra ubicado el paciente, así como su tratamiento. Previamente a participar en el estudio, los pacientes cumplimentarán diversos cuestionarios para recoger la información necesaria para el estudio, así como corroborar que cumplen los criterios de inclusión del estudio. Los criterios de inclusión y exclusión se muestran a continuación:

Criterios de inclusión

- Pacientes de ambos sexos.
- Diagnóstico de cáncer colorrectal con cirugía para la resección de la masa tumoral.
- Certificado del oncólogo que avale la participación en un programa de entrenamiento físico.

Criterios exclusión

- Diagnóstico de cáncer colorrectal en estadios IV A, IV B (con afectación metastásica).
- Realización forma simultánea un programa de nutrición específico para cáncer colorrectal.
- Pacientes con colostomía.

Intervención

El programa de entrenamiento tendrá una duración de 12 semanas, con una frecuencia de entrenamiento de 3 días semanales y una duración de las sesiones entre 45 y 90 minutos (total: 36 sesiones de entrenamiento). Durante las 12 semanas del programa de entrenamiento se registrará la asistencia a las sesiones, estableciéndose como criterio para la inclusión de los datos estadísticos una asistencia mínima de un 80% (i.e., 19 sesiones). Además, a lo largo de las 12 semanas del programa se solicitará a los pacientes el índice de esfuerzo percibido (RPE) una vez finalizada la sesión, de forma privada e individual para no condicionar al grupo, con el fin de cuantificar la intensidad percibida de la sesión. La escala utilizada irá del 0 al 10, donde 0 es el reposo y 10 es un esfuerzo extremo (Ayllón et al., 2009).

Los investigadores registrarán los posibles efectos adversos que se hayan podido producir durante el periodo de intervención, tanto si vienen derivados del programa de entrenamiento o evaluación, como si fueran por causas ajenas a este. Cabe destacar que en el estudio se tendrán en cuenta las semanas en las que haya sesión de quimioterapia/radioterapia, el paciente tendrá un descanso mínimo de 24 horas además de realizar la sesión planteada de menor duración a posteriori del tratamiento. Además, también se tendrá en cuenta las diferentes adaptaciones individuales de los ejercicios que pueda necesitar cada uno de los participantes.

El programa de ejercicio físico planteado refiere a entrenamiento concurrente intra-sesión, combinando ejercicios de fuerza y resistencia cardiorrespiratoria (véase Anexo 1), utilizando referencias previas de este tipo de entrenamiento en cáncer de mama (Pagola et al., 2020; Soriano-Maldonado et al., 2019). Antes de comenzar cada una de las sesiones de entrenamiento que componen el programa, los participantes realizarán un protocolo de calentamiento que involucre los músculos principales implicados en la sesión, constanding de los siguientes aspectos:

- Movilidad cervical en flexo-extensión, inclinaciones y rotaciones (5 repeticiones por ejercicio).
- Movilidad escapular: protacción-retracción escapular (10 repeticiones).
- Basculación pélvica: anteversión-retroversión de la pelvis (10 repeticiones).
- Cat-camel (10 repeticiones).
- Press de hombro en bipedestación con goma elástica (10 repeticiones).
- Press de pecho en bipedestación con goma elástica (10 repeticiones).
- Flexo-extensiones de caderas en bipedestación manteniendo zona lumbar neutra (10 repeticiones).
- Sentadilla hasta los 70° (10 repeticiones).
- Puente glúteo con peso corporal (10 repeticiones).
- 5 minutos en cicloergómetro a una intensidad en la que puedan conversar sin dificultad.

Las sesiones de entrenamiento estarán supervisadas, y se dividirán en calentamiento, parte principal con ejercicios de fuerza y estabilidad de tronco, finalizando con ejercicio de resistencia cardiorrespiratoria. Se propone este orden, priorizando los ejercicios de fuerza por delante de los de resistencia cardiorrespiratoria, para tratar de no generar tantas interferencias en la ganancia de fuerza muscular (Kang & Ratamess, 2014; Wilson et al., 2012). Durante el calentamiento los participantes tendrán que estar como máximo en un RPE de 3/10. A lo largo de cada semana de entrenamiento habrá 3 sesiones de entrenamientos, dos de mayor duración, y una de menor duración. La duración dependerá del mesociclo en el que se encuentren, siendo el tercer mesociclo el de mayor volumen. La de mayor duración será de 65 a 90 minutos, mientras que la de la sesión más corta será de 50 a 70 minutos. En las sesiones de mayor duración los participantes realizarán 5 ejercicios de fuerza muscular (2 de miembros superiores y 3 de miembros inferiores), 4 ejercicios de estabilidad de tronco, y de 15 a 26 minutos de actividad aeróbica. En las sesiones de menor duración, los participantes realizarán 3 ejercicios de fuerza muscular (1 de miembros superiores y 2 de miembros inferiores), y de 15 a 26 minutos de actividad aeróbica. Es importante destacar que en el primer mesociclo la actividad de resistencia cardiorrespiratoria será de carácter interválico a intensidad moderada, mientras que en el segundo y tercer mesociclo será de carácter continuo, a intensidades moderada y vigorosa, respectivamente.

Entrenamiento de fuerza muscular

La parte del entrenamiento de fuerza constará de ejercicios tanto de miembro superior como inferior, pero poniendo mayor énfasis en este último, llegando a realizar una ratio 1:2 a favor de los ejercicios focalizados en miembros inferiores. En este sentido, la propuesta de realizar una ratio 1:2 favorable al miembro inferior se debe a que, en población con cáncer, la mayor pérdida de masa muscular y potencia se produce en el miembro inferior con respecto al miembro superior. Además, la tolerancia de la quimioterapia se ve incrementada cuanto mayor es la masa muscular de la persona y por lo tanto, se priorizará esta parte del cuerpo (Pagola et al., 2020). La musculatura principalmente implicada en miembro superior serán el dorsal ancho, deltoides anterior y pectorales, mediante los ejercicios de remo bilateral, *Landmine press* unilateral y *press* de pecho bilateral. En los miembros inferiores, se priorizarán cuádriceps, isquiosurales, glúteos y gastrocnemios mediante la prensa de piernas, *leg curl*, *Pull through*, y

sentadilla y gastrocnemios, ambos, en máquina Hack. Tanto en el ejercicio *Landmine press* como en el *Pull through* con polea, se les dará énfasis en una correcta posición del tronco. En el *Landmine press* unilateral, se realizará la adaptación individual necesaria en cada uno de los participantes para limitar el rango de flexión de cadera respecto al tronco y así dar mayor protagonismo al miembro superior. Los participantes serán instruidos en las primeras sesiones de entrenamiento para su correcta técnica.

En cuanto a la intensidad de entrenamiento, comenzará en un 40% de la repetición máxima (RM) en el primer mesociclo, hasta ir aumentando hasta un 70% RM en el último mesociclo. En el primer mesociclo, la intensidad será de entre un 40 a 50% del RM, comenzando las dos primeras semanas del mesociclo en un 40% RM y finalizando en un 50%RM. Se realizarán 2 series de 12 repeticiones por ejercicio trabajado. En el segundo, las dos primeras semanas las realizarán a un 55%, finalizando con las dos últimas a un 60% RM. En este mesociclo, los participantes realizarán 2 series de entre 8 y 10 repeticiones, realizando 10 repeticiones en las dos primeras semanas de este mesociclo, y 8 en las dos últimas. Mientras que, en el tercer y último mesociclo, se comenzará a un 65% RM, finalizándolo en un 70%. En este último mesociclo, realizarán 3 series de 6 a 7 repeticiones, realizando 7 repeticiones en las dos primeras semanas de este mesociclo, y 6 en las dos últimas. El objetivo de trabajar a esta intensidad es el de aumentar la fuerza y potencia muscular, y que se traduzca en una mayor funcionalidad diaria (Demmelmaier et al., 2021; Soriano-Maldonado et al., 2019).

En el primer mesociclo, los participantes realizarán la parte de fuerza muscular mediante una metodología *Cluster* (i.e., técnica con descansos cortos en la misma serie), con el objetivo de disminuir la fatiga y que puedan concluir todas las repeticiones de las series pautadas (Bettariga et al., 2023). Los participantes realizarán las 12 repeticiones con descansos intra-serie de 15 segundos, y 3 minutos inter-series. En los mesociclos restante, dado que el número de repeticiones va disminuyendo, no se realizará bajo una metodología *Cluster*, sino realizándola sin descanso intra-serie. En cuanto a la densidad de la sesión, a lo largo de todo el programa de entrenamiento, el descanso será de 3 minutos entre las diferentes series de cada uno de los ejercicios (Fragala et al., 2019). En cada uno de los mesociclos se tendrá en cuenta la velocidad de ejecución del movimiento en cada una de las repeticiones, tratando que la parte excéntrica de cada una de las repeticiones sea la que más dure. El primer y segundo mesociclo, servirá de familiarización con la velocidad de ejecución del movimiento, y se les solicitará a los participantes dos segundos de duración en parte concéntrica, isométrica y excéntrica del movimiento. En el tercer mesociclo, se aumentará un segundo más en el gesto excéntrico, mientras que en el concéntrico e isométrico será de similar duración, estableciéndose en dos segundos en los gestos concéntricos e isométricos, y tres segundos en el gesto excéntrico.

La intensidad de las sesiones se medirá mediante el % de RM, de igual forma que la progresión entre los diferentes mesociclos propuestos en el programa también se realizará en base a este % de RM. En las evaluaciones intermedias se valorará también la ejecución completa del número de repeticiones solicitadas a la intensidad requerida, así como la ejecución técnica correcta en cada uno de los ejercicios por parte del investigador a cargo de la intervención. En el caso de no cumplir con los criterios, el participante se mantendrá en el mismo nivel hasta la siguiente evaluación intermedia. En el caso de que algún participante no logre progresar, se anotará y tendrá en cuenta a la hora de valorar los resultados finales del estudio. Cabe destacar que, aunque a los participantes también se les solicitará el RPE sesión tras finalizarla, este dato no se tendrá en cuenta a la hora de progresar, sino que servirá para familiarizarse con la percepción subjetiva del esfuerzo.

El trabajo de estabilidad del tronco incluido en la sesión se basará en los mismos ejercicios utilizados en el periodo de evaluación. Es decir, se trabajarán los flexores del tronco mediante la plancha frontal, inclinadores mediante plancha lateral, y los extensores y rotadores mediante la plancha dorsal y el *bird-dog* (Vera-Garcia et al., 2020). Se realizarán dos series por

cada uno de los cuatro ejercicios propuestos, con 15 segundos de trabajo y 30 de descanso por serie, con 1 minuto y medio de descanso entre ejercicios. Se establecerán dos variantes más allá del nivel 1 de dificultad (Figura 2), para ir progresando en dificultad a lo largo de los diferentes mesociclos, realizando los niveles 2 y 3, para el segundo y tercer mesociclo respectivamente. En el caso de los niveles que se realizan de forma unilateral o unipodal, al realizarse dos series por ejercicio, alternarán dichas series, de forma que realicen al menos una con cada lado o miembro inferior.

La progresión sobre las diferentes variantes propuestas se basará en los criterios observacionales de alineación de la pelvis y ausencia de tremor descontrolado descritos en el apartado de evaluación (Heredia-Elvar et al., 2021). Los participantes pasarán al siguiente nivel propuesto, tras la finalización de cada uno de los mesociclos en caso de cumplir con los criterios observacionales. Los criterios que deben cumplir en cada uno de los ejercicios para pasar a la siguiente progresión han sido adaptados del estudio de Heredia-Elvar et al. (2021):

- Plancha frontal, dorsal y lateral: el participante mantiene su cuerpo alineado, aunque ocasionalmente muestre una ligera oscilación del tronco mientras mantiene la postura.
- *Bird-dog*: el participante muestra un movimiento lumbo/pélvico y de extremidades inferiores continuo y ligero mientras mantiene la postura.

La valoración de estos dos criterios la llevará a cabo el investigador principal del periodo de intervención. En el caso de no cumplir, permanecerán en el mismo nivel a lo largo del siguiente mesociclo, hasta la siguiente evaluación. Los rangos de oscilación media de la pelvis solamente se medirán en las pruebas de evaluación (pre-intervención y post-intervención, y mediciones intermedias), durante los ejercicios mediante un acelerómetro integrado en smartphone (Heredia-Elvar et al., 2021). Aunque no se tendrán en cuenta a la hora de cuantificar la carga ni como criterio de progresión, si se tendrán en cuenta en la valoración de los resultados finales, con la potencial finalidad de tener valores de oscilación media de la pelvis en los ejercicios de estabilidad de tronco propuestos, en población con cáncer colorrectal.

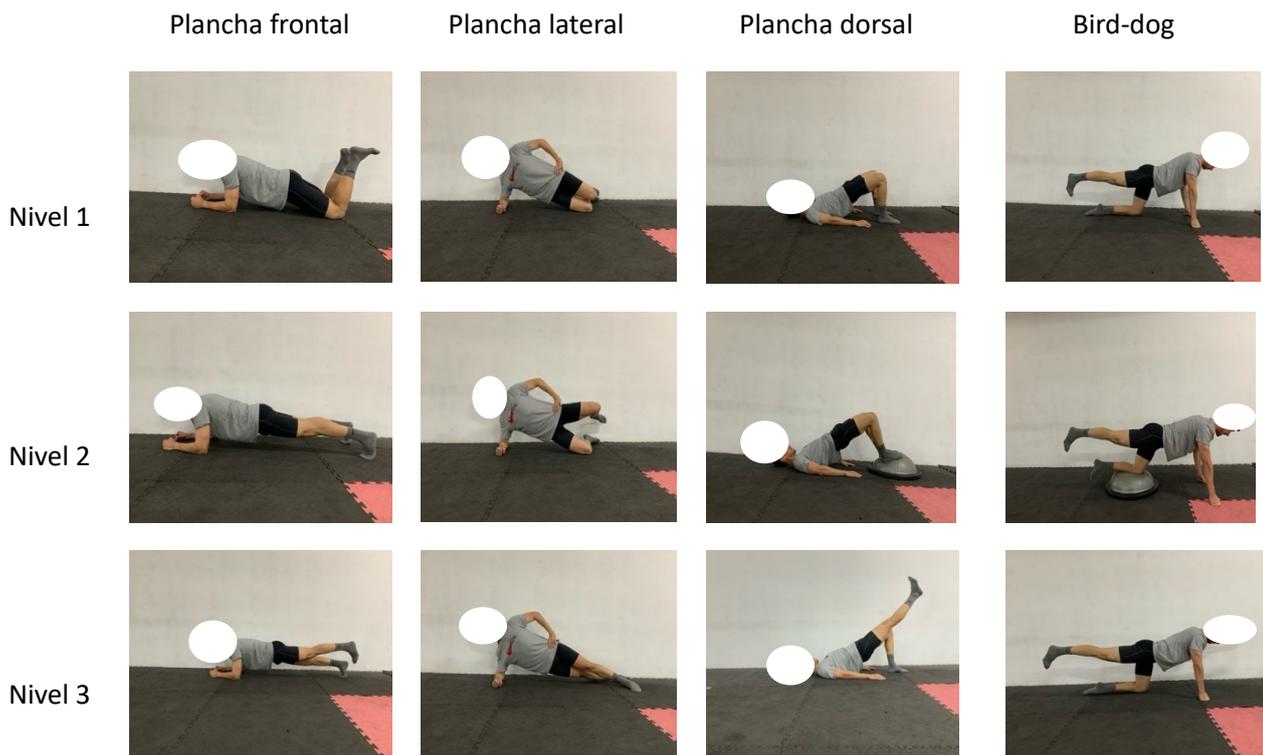


Figura 2: Variaciones del ejercicio plancha frontal: (nivel 1) plancha frontal con apoyo de rodillas, (nivel 2) plancha frontal con apoyo de ambos pies, (nivel 3) plancha frontal con apoyo unipodal. Variaciones del ejercicio plancha lateral: (nivel 1) plancha lateral en palanca corta con apoyo de rodillas, (nivel 2) plancha lateral en palanca corta con apoyo de rodilla y abducción del miembro inferior superior, (nivel 3) plancha lateral en palanca larga con apoyo de pies. Variaciones del ejercicio plancha dorsal: (nivel 1) plancha dorsal con apoyo de ambos pies, (nivel 2) plancha dorsal con apoyo en superficie inestable, (nivel 3) plancha dorsal con apoyo unipodal. Variaciones del ejercicio Bird-dog: (nivel 1) Bird-dog con tres puntos de apoyo, (nivel 2) Bird-dog con tres puntos apoyo y rodilla contralateral apoyada superficie inestable, (nivel 3) Bird-dog convencional. En el entrenamiento, los participantes realizarán las variantes unipodales y unilaterales con ambos lados y miembro inferior.

Entrenamiento de resistencia cardiorrespiratoria

El apartado de resistencia cardiorrespiratoria se realizará en la parte final de cada sesión, mediante el uso de un cicloergómetro de pedaleo. Se establecerán diferentes duraciones en base al mesociclo en el que se encuentren los participantes. En el primer mesociclo se propondrá un trabajo de carácter interválico con el objetivo de acumular mayor volumen total, 26 minutos, mediante 4 bloques de trabajo. El volumen parcial de carga será de 14 minutos mientras que el de pausa será de 12 minutos, con una densidad 54/46 de trabajo/descanso. La estructura de los bloques será la siguiente: dos bloques con mismas características de 2' de trabajo x 1' de descanso activo y 3' de trabajo x 1' de descanso activo, ubicados como primer y tercer bloque; y otros dos bloques de mismas características de 3 series de 1' de trabajo x 1' de descanso activo, ubicados en segundo y cuarto lugar. En cuanto a la intensidad de trabajo en este mesociclo, se les solicitará una intensidad moderada, estableciéndose en un RPE 3-4/10. Esta intensidad afectará al habla, es decir, en el tiempo de trabajo la intensidad será tal como para que puedan mantener una conversación con cierta dificultad, y en el tiempo de pausa activa, puedan hablar cómodamente, ya que estos se realizarán a una intensidad ligera. La intensidad de la pausa activa se establecerá en un RPE 2/10, a intensidad ligera (Azevedo et al., 2013; Rodríguez-Marroyo et al., 2013).

En el segundo y tercer mesociclo la duración de este apartado será de 15 y 20 minutos, respectivamente, de carácter continuo. En cuanto a la intensidad, está será moderada en el segundo mesociclo y vigorosa en el tercer mesociclo, estableciéndose en un RPE 3-4/10 y 5-7/10, respectivamente (Kilpatrick et al., 2020). Se establecerá otro parámetro como criterio de control de la carga, mediante el habla, en el tercer mesociclo se les solicitará a los participantes realizar el ejercicio a una intensidad a la que puedan mantener una conversación con cierta dificultad, mientras que el tercer mesociclo, de una intensidad mayor, donde se les solicitará que no puedan mantener una conversación, aunque si palabras sueltas (Rodríguez-Marroyo et al., 2013).

Evaluación

Como se ha comentado en apartados anteriores, 3 de las 15 semanas del estudio estarán íntegramente destinadas a la evaluación de los participantes. En las dos primeras semanas se realizarán las evaluaciones pre-intervención, mientras que la última se dedicará a las evaluaciones post-intervención. Las dos semanas de pre-test se realizan para reducir el efecto aprendizaje de los test, utilizando la segunda semana para el análisis junto con la semana post-intervención. Es importante destacar que en las semanas 7 y 11 del estudio (i.e., semanas 5 y 9 del periodo de intervención), se realizarán también evaluaciones intermedias con el fin de evaluar la adaptación al programa de ejercicios por parte de los pacientes.

Los registros iniciales se realizarán en dos sesiones semanales con el fin de reducir la fatiga durante las mediciones y que no interfiera en los test. En la primera sesión se les pasará a los pacientes un cuestionario de calidad de vida, así como los test de resistencia cardiorrespiratoria: prueba de 6 minutos marcha (6MWT) y de potencia de miembros inferiores: prueba de levantarse-sentarse 5 veces (5STS). En la segunda sesión se realizarán los test pertinentes para valorar la fuerza muscular, en la manifestación de fuerza máxima, tanto de miembro superior como inferior, así como test para la valoración de la estabilidad del tronco. Los participantes dispondrán de 5 minutos de descanso entre los test de ambas sesiones, las cuales estarán espaciadas un mínimo de 48 horas.

En ambas sesiones llevará a cabo el siguiente calentamiento: 10 minutos en cicloergómetro pedaleando a baja intensidad y movilidad de diferentes segmentos corporales: movilidad cervical en todo el rango disponible de los movimientos de flexoextensión, inclinaciones y rotaciones (5 repeticiones por cada movimiento), flexoextensión de hombro bilateral (10 repeticiones), protracción-retracción escapular (10 repeticiones), báscula pélvica: anteversión y retroversión (10 repeticiones), sentadilla hasta los 70º de flexión de rodilla (10 repeticiones), flexo-extensión de tobillo (10 repeticiones). No obstante, en la segunda sesión de evaluación se realizará también un calentamiento específico, de cada uno de los test, para realizar el test de 5-8 del RM mediante series de aproximación. Además, para los test de estabilidad de tronco, se realizará un calentamiento específico previo: anteversión y retroversión pélvica (10 repeticiones), *cat-camel* (10 repeticiones), inclinaciones laterales y encorvamientos de tronco en decúbito supino (10 repeticiones por lado), y *bird-dog* en posición de 4 apoyos (10 repeticiones). En el caso de que algún participante tenga dificultades para realizar la sentadilla hasta los 70º, se le modificará para realizarla apoyado en *fitball* contra una pared.

Calidad de vida

Se utilizará el cuestionario 36-Item Short Form Survey Instrument (SF-36) para valorar la calidad de vida autopercebida por los participantes. El cuestionario permite alcanzar hasta una puntuación de 100, donde a mayor puntuación indican una mayor calidad de vida percibida (Domati et al., 2015; Ruiz De Velasco et al., 2002). Consta de 36 preguntas con la finalidad de medir ocho dimensiones de la salud: capacidad física (10 preguntas), vitalidad (4 preguntas), dolor (2 preguntas), limitaciones de rol debido problemas físicos (4 preguntas), estado general de salud (5 preguntas), aspectos sociales (2 preguntas), rol emocional (3 preguntas), transición de la salud (1 pregunta) y salud mental (5 preguntas).

Estabilidad del tronco

La evaluación de la estabilidad del tronco se realizará a través de diferentes ejercicios de carácter isométrico. De inicio, se observará al participante en el nivel 1 de cada uno de los ejercicios propuestos (i.e., plancha frontal, lateral, dorsal y *bird-dog*) (Figura 2). En el caso de cumplir correctamente con el criterio, se les observará en el siguiente nivel. Los participantes realizarán una vez los 4 ejercicios en el orden establecido (i.e., plancha frontal, lateral, dorsal y *bird-dog*) manteniendo la posición durante 15 segundos, con 30 segundos de descanso entre cada uno de ellos. Las directrices hacia los participantes serán las de mantener la neutralidad de la columna, así como alinear cabeza, tronco y extremidades inferiores sin rotación de la pelvis. Cabe destacar que en el caso de que algún participante realice los niveles que requieran variantes unipodales o unilaterales, realizarán el ejercicio una vez, con el lado o miembro inferior dominante.

Además de tener en cuenta los criterios observacionales establecidos, se registrará la aceleración media de la pelvis en los diferentes ejes del movimiento: transversal, vertical y anteroposterior. Se llevará a cabo mediante un acelerómetro instalado en un smartphone a través de la aplicación CoreMaker (en desarrollo), colocado en la zona lumbar del participante a través de un cinturón ajustable. Aunque se registrarán los valores de aceleración media de la pelvis, la progresión de los ejercicios durante el programa se realizará mediante los criterios observacionales (Heredia-Elvar et al., 2021). En este sentido, actualmente no hay valores de referencia para su entrenamiento en población con estas características.

Resistencia cardiorrespiratoria

Para la evaluación de la condición cardiorrespiratoria se utilizará el 6MWT, el cual correlaciona con el valor de VO_{2pico} (Schmidt et al., 2013). Se trata de una prueba realizada en una pista circular o cuadrada con 30 metros de distancia de trayecto. El objetivo es recorrer la mayor distancia posible en el trayecto marcado durante los 6 minutos que dure la prueba. Durante la prueba, el paciente marca el ritmo, pudiendo bajarlo o aumentarlo cuando quiera, e incluso pararse (Agarwala & Salzman, 2020).

Potencia de miembros inferiores

Para la evaluación de la potencia de los miembros inferiores se utilizará el 5STS, el cual consiste en sentarse y levantarse de una silla 5 veces lo más rápido posible, registrando con un cronómetro el tiempo que dura la prueba. Es importante destacar que los brazos deben estar apoyados en el pecho, además de que la altura de la silla debe estar estandarizada. Menores tiempos indican mayor potencia en miembros inferiores (Steffens et al., 2023).

Fuerza máxima de miembros superiores e inferiores

En lugar de realizar una evaluación directa de una RM se procederá a realizar una estimación con cargas submáximas para minimizar el riesgo de lesión. La estimación del 1RM mediante métodos indirectos nos permitirá conocer el impacto del programa sobre la fuerza dinámica, así como individualizar las cargas de entrenamiento. En este caso, se realizará un protocolo de 5 a 8 RM, y a partir de la fórmula de Brzycki, se estimará el 1RM de cada uno de los participantes (Brzycki, 1993). La fórmula original es la siguiente: $1RM = \text{Peso levantado} / (1,0278 - (0,2778 \cdot X))$. En la fórmula, X corresponde al número de repeticiones máxima que el sujeto ha realizado con ese peso.

El procedimiento del test se desarrollará de la manera que se describe a continuación. El participante comenzará con el calentamiento general, que consistirá en 10 minutos de bicicleta estática a baja intensidad, con un índice de esfuerzo percibido (RPE) de 2/10. Posteriormente, comenzará el calentamiento específico mediante series de aproximación hasta

alcanzar el máximo peso con el que pueda movilizar entre 5 y 8 repeticiones. Debido a que cuanto más cercano a 5 repeticiones más precisa será la fórmula en la medición del 1RM, se intentará que el número de repeticiones se aproxime a 5. Los participantes comienzan con un peso inicial de entre un 25-30% del 1RM estimado, e irán realizando hasta 8 repeticiones. Una vez completen las repeticiones solicitadas, se irá incrementando en un 20% el aumento de peso, respecto al peso inicial, en cada medición. Cuando el participante no pueda realizar más repeticiones, en un número comprendido entre 5 y 8 repeticiones, la medición se detendrá y se tomará esa medida. Los descansos entre los intentos del mismo ejercicio y entre diferentes ejercicios serán de 5 minutos. Se intercalarán las mediciones de miembros superiores e inferiores para reducir en mayor medida el potencial efecto de la fatiga entre las mediciones (Abadie & Wentworth, 2000).

En el caso de este estudio, se realizarán 6 ejercicios: 2 de miembros superiores (i.e., press de pecho y remo bilateral en máquinas), y 4 de miembros inferiores (i.e., prensa de pierna bilateral, sentadilla en máquina hack, leg curl (flexión de rodilla) bilateral en máquina y pull through (extensión de cadera) bilateral en polea). En el ejercicio de "Pull through" se tendrá en cuenta la alineación del tronco, tratándose de mantener la neutralidad de esta en todo momento, así como una flexión de cadera e inclinación del tronco máxima de 60º aproximadamente.

Las evaluaciones intermedias que se llevarán a cabo en las semanas 7 y 11 del estudio (i.e., semanas 5 y 9 del periodo de intervención), serán los de fuerza máxima de miembros superiores e inferiores, estabilidad del tronco, 5STS y 6MWT. Es importante destacar que, en esas semanas se modificarán los días de entrenamiento: de los dos días de entrenamiento de mayor duración, uno se dedicará de forma íntegra a realizar los test de fuerza máxima de miembros superiores e inferiores, mientras que el otro se desarrollará con normalidad. El día dedicado a la sesión de menor duración también realizarán los test de 5STS y 6MWT. Por tanto, en esa semana los participantes realizarán dos días de entrenamiento, y otro día a una sesión de evaluación. En cuanto a los test de estabilidad del tronco, se desarrollarán con normalidad dentro de la sesión de entrenamiento, y mediante el cumplimiento criterios de observación descritos se determinará si el paciente pasa al siguiente nivel de dificultad.

Discusión

El ejercicio en población con cáncer colorrectal ha demostrado ser seguro y beneficioso (Singh et al., 2020), además de mejorar la eficacia de tratamientos convencionales, como la quimioterapia (Brown et al., 2018). No obstante, a pesar de las bondades que la evidencia científica le otorga a la práctica de ejercicio físico en el paciente con cáncer colorrectal, existen limitaciones. En la literatura actual se necesitan mayores datos acerca de la programación del entrenamiento concurrente (i.e., volumen, intensidad, densidad, ejercicios, adaptaciones, etc.), que permitan mejorar la prescripción de ejercicio físico en esta población.

El programa de intervención propuesto mediante un entrenamiento concurrente estará basado en estudios previos sobre cáncer de mamá y ejercicio (Pagola et al., 2020; Soriano-Maldonado et al., 2019). En este sentido, se espera que el programa planteado tenga efectos positivos tanto en la mejora de la fuerza muscular, como de la resistencia cardiorrespiratoria. Se prevé que las mejoras en la fuerza muscular sean más significativas al final del periodo de intervención (i.e., 12 semanas), dadas las adaptaciones neurales que se producen al comienzo de un periodo de entrenamiento, comenzando las neuromusculares a partir de las 8-12 semanas (Balshaw et al., 2019). Por tanto, se esperan cambios significativos en la medición final, en los test de campo planteados tanto para la potencia de miembros inferiores como de fuerza máxima en miembros superiores e inferiores (i.e., 5STS y 5-8RM respectivamente). Asimismo, se espera que los ejercicios de estabilidad del tronco tengan efectos positivos sobre dicha capacidad. En

este sentido, la estabilidad de tronco suele estar afectada por cirugías en la pared abdominal y el sedentarismo asociado a la patología, por lo que los cambios se esperan que sean mayores al final del programa frente a las mediciones intermedias (Sánchez-Jiménez et al., 2015). En cuanto a la mejora de la cualidad de resistencia cardiorrespiratoria, también se espera que el programa tenga efectos positivos sobre ésta, esperando observar también mayores cambios al finalizar el periodo en comparación con las mediciones intermedias (Lin et al., 2014). Estas mejoras se plasmarán en el test planteado para ello (i.e., 6MWT). En relación con lo citado en el apartado de introducción acerca de la dificultad de la oxidación de grasas, acumulación del lactato y disfunción mitocondrial en la población con cáncer, el programa de ejercicios de resistencia de los dos primeros mesociclos se basará en una intervención de carácter continuo en cicloergómetro para lograr una mayor oxidación de grasas, reciclado del lactato y mejora de la flexibilidad metabólica (Yang et al., 2022). En el tercer mesociclo, se realizarán intervalos de alta intensidad, la cual también ha demostrado ser efectiva para la mejora cardiorrespiratoria en pacientes con cáncer (Toohey et al., 2018). En cuanto a variables como la calidad de vida, también se espera que el programa de intervención tenga un impacto positivo en esta variable, siendo más significativo el cambio en la medición final del estudio (Abdul Razak et al., 2024).

Este estudio presenta diferentes limitaciones, entre las cuales destaca un número bajo de participantes, además de no medir el nivel de actividad física inicial de los participantes del estudio, lo cual puede afectar al análisis de los resultados. Aunque al tratarse de un estudio piloto el objetivo es obtener información que mejore el diseño de éste. Por otro lado, la progresión de los ejercicios de estabilización de tronco se basa en criterios observacionales, pero no datos objetivos. No obstante, se recogen datos de aceleración de la pelvis en estos ejercicios para futuros estudios, ya que actualmente los rangos disponibles en estudios como el de Heredia-Elvar et al. (2021) y Prat-Luri et al. (2023) corresponden a población joven físicamente activa y personas con esclerosis múltiple, respectivamente. Asimismo, el uso de la escala RPE en el trabajo de la capacidad cardiorrespiratoria puede conllevar que no se trabaje a la intensidad requerida si el sujeto no realiza un uso adecuado. Por último, aunque el presente estudio, por sus características, no valora la fatiga relacionada con el cáncer puede ser una variable a considerar en futuras investigaciones, ya que es un efecto secundario de los tratamientos tradicionales con alta prevalencia en esta población. (Aapro et al., 2017)

Como conclusión, se espera que los resultados de este estudio piloto sirvan de utilidad a la hora de comprobar la factibilidad de la carga teórica propuesta en esta población concreta, con posibilidad de modificar la carga en base a estos en futuros estudios. El presente estudio tiene una duración de 15 semanas en el cual se aplica un programa de entrenamiento concurrente en población con cáncer colorrectal, y se esperan mejoras en variables como la fuerza muscular, en sus expresiones de fuerza máxima y potencia muscular, así como la capacidad cardiorrespiratoria y la calidad de vida.

Bibliografía

- Abadie, B.R., & Wentworth, M.C. (2000). Prediction of one repetition maximal strength from a 5-10 repetition submaximal strength test in college-aged females. *Journal of Exercise Physiology online*, 3 (3), 1-8.
- Abdul Razak, N., Azhar, Z. I., Baharuddin, I. H., Ismail, Z., Mohd Azman, Z. A., Abdul Manap, S. A., & Ramli, N. (2024). Does Exercise Improve Health-Related Quality of Life of Colorectal Cancer Survivors? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Asian Pacific journal of cancer prevention*, 25(2), 379–391. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2024.25.2.379>
- Agarwala, P., & Salzman, S. H. (2020). Six-Minute Walk Test: Clinical Role, Technique, Coding, and Reimbursement. *Chest*, 157(3), 603–611. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.10.014>
- Aapro, M., Scotte, F., Bouillet, T., Currow, D., & Vigano, A. (2017). A Practical Approach to Fatigue Management in Colorectal Cancer. *Clinical colorectal cancer*, 16(4), 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.clcc.2016.04.010>
- Ayllon, F., Barriopedro, M.I. & Rodriguez, G. (2009). Control de la intensidad en los entrenamientos fuerza por medio de la percepción subjetiva de esfuerzo. *Kronos*, 3(15), 59-66.
- Azevedo, M., Viamonte, S., & Castro, A. (2013). Exercise prescription in oncology patients: General principles. *Rehabilitación*, 47(3), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2013.04.002>
- Balhareth, A., Aldossary, M. Y., & McNamara, D. (2019). Impact of physical activity and diet on colorectal cancer survivors' quality of life: a systematic review. *World journal of surgical oncology*, 17(1), 153. <https://doi.org/10.1186/s12957-019-1697-2>
- Balshaw, T. G., Massey, G. J., Maden-Wilkinson, T. M., Lanza, M. B., & Folland, J. P. (2019). Neural adaptations after 4 years vs 12 weeks of resistance training vs untrained. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(3), 348–359. <https://doi.org/10.1111/sms.13331>
- Bettariga, F., Bishop, C., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Maestroni, L., & Newton, R. U. (2023). Time to consider the potential role of alternative resistance training methods in cancer management?. *Journal of sport and health science*, 12(6), 715–725. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.007>
- Bishop, D. J., Granata, C., & Eynon, N. (2014). Can we optimise the exercise training prescription to maximise improvements in mitochondria function and content?. *Biochimica et biophysica acta*, 1840(4), 1266–1275. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.10.012>
- Bourke, L., Thompson, G., Gibson, D. J., Daley, A., Crank, H., Adam, I., Shorthouse, A., & Saxton, J. (2011). Pragmatic lifestyle intervention in patients recovering from colon cancer: a randomized controlled pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(5), 749–755. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.12.020>
- Brown, J. C., Damjanov, N., Courneya, K. S., Troxel, A. B., Zemel, B. S., Rickels, M. R., Ky, B., Rhim, A. D., Rustgi, A. K., & Schmitz, K. H. (2018). A randomized dose-response trial of aerobic exercise and health-related quality of life in colon cancer survivors. *Psycho-oncology*, 27(4), 1221–1228. <https://doi.org/10.1002/pon.4655>
- Brown, J. C., Troxel, A. B., Ky, B., Damjanov, N., Zemel, B. S., Rickels, M. R., Rhim, A. D., Rustgi, A. K., Courneya, K. S., & Schmitz, K. H. (2018). Dose-response Effects of Aerobic Exercise

- Among Colon Cancer Survivors: A Randomized Phase II Trial. *Clinical colorectal cancer*, 17(1), 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.clcc.2017.06.001>
- Brown, J. C., Zemel, B. S., Troxel, A. B., Rickels, M. R., Damjanov, N., Ky, B., Rhim, A. D., Rustgi, A. K., Courneya, K. S., & Schmitz, K. H. (2017). Dose-response effects of aerobic exercise on body composition among colon cancer survivors: a randomised controlled trial. *British journal of cancer*, 117(11), 1614–1620. <https://doi.org/10.1038/bjc.2017.339>
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88–90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
- Choy, K. T., Lam, K., & Kong, J. C. (2022). Exercise and colorectal cancer survival: an updated systematic review and meta-analysis. *International journal of colorectal disease*, 37(8), 1751–1758. <https://doi.org/10.1007/s00384-022-04224-5>
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *International journal of sports physical therapy*, 9(3), 396–409.
- Courneya K. S. (2001). Exercise interventions during cancer treatment: biopsychosocial outcomes. *Exercise and sport sciences reviews*, 29(2), 60–64. <https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00004>
- Courneya K. S. (2001). Exercise interventions during cancer treatment: biopsychosocial outcomes. *Exercise and sport sciences reviews*, 29(2), 60–64. <https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00004>
- Courneya, K. S., Vardy, J. L., O'Callaghan, C. J., Friedenreich, C. M., Campbell, K. L., Prapavessis, H., Crawford, J. J., O'Brien, P., Dhillon, H. M., Jonker, D. J., Chua, N. S., Lupichuk, S., Sanatani, M. S., Gill, S., Meyer, R. M., Begbie, S., Bonaventura, T., Burge, M. E., Turner, J., Tu, D., ... Booth, C. M. (2016). Effects of a Structured Exercise Program on Physical Activity and Fitness in Colon Cancer Survivors: One Year Feasibility Results from the CHALLENGE Trial. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 25(6), 969–977. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-15-1267>
- Demmelmaier, I., Brooke, H. L., Henriksson, A., Mazzoni, A. S., Bjørke, A. C. H., Igelström, H., Ax, A. K., Sjövall, K., Hellbom, M., Pingel, R., Lindman, H., Johansson, S., Velikova, G., Raastad, T., Buffart, L. M., Åsenlöf, P., Aaronson, N. K., Glimelius, B., Nygren, P., Johansson, B., ... Nordin, K. (2021). Does exercise intensity matter for fatigue during (neo-)adjuvant cancer treatment? The Phys-Can randomized clinical trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(5), 1144–1159. <https://doi.org/10.1111/sms.13930>
- Domati, F., Luppi, G., Reggiani-Bonetti, L., Zironi, S., Depenni, R., Fontana, A., Gelsomino, F., & de Leon, M. P. (2015). The perception of health-related quality of life in colon cancer patients during chemotherapy: differences between men and women. *Internal and emergency medicine*, 10(4), 423–429. <https://doi.org/10.1007/s11739-014-1174-4>
- Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W. J., Peterson, M. D., & Ryan, E. D. (2019). Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *Journal of strength and conditioning research*, 33(8), 2019–2052. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003230>

- Furmaniak, A. C., Menig, M., & Markes, M. H. (2016). Exercise for women receiving adjuvant therapy for breast cancer. *The Cochrane database of systematic reviews*, 9(9), CD005001. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005001.pub3>
- Geng, L., Li, X., Guo, L., Zhang, R., & Yue, S. (2023). The content and effectiveness of physical activity for cancer-related fatigue among colorectal cancer survivors: Systematic review and meta-analysis. *Nursing open*, 10(7), 4274–4285. <https://doi.org/10.1002/nop2.1725>
- Global cancer observatory (2023). Recuperado el 7 de Mayo de 2023, de <https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/tables?mode=population&cancers=41>.
- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2021). Observational Screening Guidelines and Smartphone Accelerometer Thresholds to Establish the Intensity of Some of the Most Popular Core Stability Exercises. *Frontiers in physiology*, 12, 751569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.751569>
- Hua, H., Jiang, Q., Sun, P., & Xu, X. (2023). Risk factors for early-onset colorectal cancer: systematic review and meta-analysis. *Frontiers in oncology*, 13, 1132306. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1132306>
- Islami, F., Goding Sauer, A., Miller, K. D., Siegel, R. L., Fedewa, S. A., Jacobs, E. J., McCullough, M. L., Patel, A. V., Ma, J., Soerjomataram, I., Flanders, W. D., Brawley, O. W., Gapstur, S. M., & Jemal, A. (2018). Proportion and number of cancer cases and deaths attributable to potentially modifiable risk factors in the United States. *CA: a cancer journal for clinicians*, 68(1), 31–54. <https://doi.org/10.3322/caac.21440>
- Kang, J., & Ratamess, N. (2014). Which comes first? Resistance before aerobic exercise or vice versa?. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 18(1), 9-14. <https://doi.org/DOI:10.1249/FIT.0000000000000004>
- Kim, J. Y., Lee, M. K., Lee, D. H., Kang, D. W., Min, J. H., Lee, J. W., Chu, S. H., Cho, M. S., Kim, N. K., & Jeon, J. Y. (2019). Effects of a 12-week home-based exercise program on quality of life, psychological health, and the level of physical activity in colorectal cancer survivors: a randomized controlled trial. *Supportive care in cancer : official journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 27(8), 2933–2940. <https://doi.org/10.1007/s00520-018-4588-0>
- Kilpatrick, M., Newsome, A., Foster, C., Robertson, R., Green, M. (2020). Scientific Rationale for RPE Use in Fitness Assessment and Exercise Participation. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 24(4), 24-30. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000057>
- Lee, M. K., Kim, N. K., & Jeon, J. Y. (2018). Effect of the 6-week home-based exercise program on physical activity level and physical fitness in colorectal cancer survivors: A randomized controlled pilot study. *PloS one*, 13(4), e0196220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196220>
- Lin, K. Y., Shun, S. C., Lai, Y. H., Liang, J. T., & Tsao, J. Y. (2014). Comparison of the effects of a supervised exercise program and usual care in patients with colorectal cancer undergoing chemotherapy. *Cancer nursing*, 37(2), E21–E29. <https://doi.org/10.1097/NCC.0b013e3182791097>
- Liu, L., Shi, Y., Li, T., Qin, Q., Yin, J., Pang, S., Nie, S., & Wei, S. (2016). Leisure time physical activity and cancer risk: evaluation of the WHO's recommendation based on 126 high-quality epidemiological studies. *British journal of sports medicine*, 50(6), 372–378. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094728>

- Maréchal, R., Fontvieille, A., Parent-Roberge, H., Fülöp, T., Riesco, E., Pavic, M., & Dionne, I. J. (2019). Effect of a mixed-exercise program on physical capacity and sedentary behavior in older adults during cancer treatments. *Aging clinical and experimental research*, 31(11), 1583–1589. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1097-4>
- Mayer, D. K., Landucci, G., Awoyinka, L., Atwood, A. K., Carmack, C. L., Demark-Wahnefried, W., McTavish, F., & Gustafson, D. H. (2018). SurvivorCHESS to increase physical activity in colon cancer survivors: can we get them moving?. *Journal of cancer survivorship: research and practice*, 12(1), 82–94. <https://doi.org/10.1007/s11764-017-0647-7>
- Morielli, A. R., Usmani, N., Boulé, N. G., Severin, D., Tankel, K., Nijjar, T., Joseph, K., Fairchild, A., & Courneya, K. S. (2018). Exercise during and after neoadjuvant rectal cancer treatment (the EXERT trial): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 19(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2398-1>
- Pagola, I., Morales, J. S., Alejo, L. B., Barcelo, O., Montil, M., Oliván, J., Álvarez-Bustos, A., Cantos, B., Maximiano, C., Hidalgo, F., Valenzuela, P. L., Fiuza-Luces, C., Lucia, A., & Ruiz-Casado, A. (2020). Concurrent Exercise Interventions in Breast Cancer Survivors with Cancer-related Fatigue. *International journal of sports medicine*, 41(11), 790–797. <https://doi.org/10.1055/a-1147-1513>
- Prat-Luri, A., Moreno-Navarro, P., Carpena, C., Manca, A., Deriu, F., Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2023). Smartphone accelerometry for quantifying core stability and developing exercise training progressions in people with multiple sclerosis. *Multiple sclerosis and related disorders*, 72, 104618. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2023.104618>
- Pinto, B. M., Papandonatos, G. D., Goldstein, M. G., Marcus, B. H., & Farrell, N. (2013). Home-based physical activity intervention for colorectal cancer survivors. *Psycho-oncology*, 22(1), 54–64. <https://doi.org/10.1002/pon.2047>
- Red española de registros de cáncer (2024). Recuperado el 14 de Mayo de 2024, de <https://redcan.org/storage/documents/09a96a55-6939-419d-ba3e-202d7ae76e1d.pdf>
- Rodríguez-Marroyo, J. A., Villa, J. G., García-López, J., & Foster, C. (2013). Relationship between the talk test and ventilatory thresholds in Well-Trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1942–1949. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318273>
- Ruiz de Velasco, I., Quintana López, J. M., Padierna Acero, J. A., Arostegui Madariaga, I., Pérez Izquierdo, J., Ojanguren Bergaz, J. M., Anitua, C., González, N., & Etxeberria, Y. (2002). Validez del cuestionario de calidad de vida SF-36 como indicador de resultados de procedimientos médicos y quirúrgicos. *Revista de calidad asistencial*, 17(4), 206–212.
- San-Millán I. (2023). The Key Role of Mitochondrial Function in Health and Disease. *Antioxidants*, 12(4), 782. <https://doi.org/10.3390/antiox12040782>
- San-Millán, I., & Brooks, G. A. (2018). Assessment of Metabolic Flexibility by Means of Measuring Blood Lactate, Fat, and Carbohydrate Oxidation Responses to Exercise in Professional Endurance Athletes and Less-Fit Individuals. *Sports medicine*, 48(2), 467–479. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0751-x>
- San-Millán, I., Julian, C. G., Matarazzo, C., Martinez, J., & Brooks, G. A. (2020). Is Lactate an Oncometabolite? Evidence Supporting a Role for Lactate in the Regulation of Transcriptional Activity of Cancer-Related Genes in MCF7 Breast Cancer Cells. *Frontiers in oncology*, 9, 1536. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01536>

- Sánchez-Jiménez, A., Cantarero-Villanueva, I., Delgado-García, G., Molina-Barea, R., Fernández-Lao, C., Galiano-Castillo, N., & Arroyo-Morales, M. (2015). Physical impairments and quality of life of colorectal cancer survivors: a case-control study. *European journal of cancer care*, 24(5), 642–649. <https://doi.org/10.1111/ecc.12218>
- Schmid, D., & Leitzmann, M. F. (2015). Cardiorespiratory fitness as predictor of cancer mortality: a systematic review and meta-analysis. *Annals of oncology: official journal of the European Society for Medical Oncology*, 26(2), 272–278. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdu250>
- Schmidt, K., Vogt, L., Thiel, C., Jäger, E., & Banzer, W. (2013). Validity of the six-minute walk test in cancer patients. *International journal of sports medicine*, 34(7), 631–636. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1323746>
- Singh, B., Hayes, S. C., Spence, R. R., Steele, M. L., Millet, G. Y., & Gergele, L. (2020). Exercise and colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis of exercise safety, feasibility and effectiveness. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 17(1), 122. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01021-7>
- Soriano-Maldonado, A., Carrera-Ruiz, Á., Díez-Fernández, D. M., Esteban-Simón, A., Maldonado-Quesada, M., Moreno-Poza, N., García-Martínez, M. D. M., Alcaraz-García, C., Vázquez-Sousa, R., Moreno-Martos, H., Toro-de-Federico, A., Hachem-Salas, N., Artés-Rodríguez, E., Rodríguez-Pérez, M. A., & Casimiro-Andújar, A. J. (2019). Effects of a 12-week resistance and aerobic exercise program on muscular strength and quality of life in breast cancer survivors: Study protocol for the EFICAN randomized controlled trial. *Medicine*, 98(44), e17625. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017625>
- Steffens, D., Pocovi, N. C., Bartyn, J., Delbaere, K., Hancock, M. J., Koh, C., Denehy, L., van Schooten, K. S., Solomon, M., & On Behalf Of The Priority Trial Collaboration (2023). Feasibility, Reliability, and Safety of Remote Five Times Sit to Stand Test in Patients with Gastrointestinal Cancer. *Cancers*, 15(9), 2434. <https://doi.org/10.3390/cancers15092434>
- Strasser, B., Steindorf, K., Wiskemann, J., & Ulrich, C. M. (2013). Impact of resistance training in cancer survivors: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(11), 2080–2090. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829a3b63>
- Sukari, A., Nagasaka, M., Al-Hadidi, A., & Lum, L. G. (2016). Cancer Immunology and Immunotherapy. *Anticancer research*, 36(11), 5593–5606. <https://doi.org/10.21873/anticancer.11144>
- Toohy, K., Pumpa, K., McKune, A., Cooke, J., & Semple, S. (2018). High-intensity exercise interventions in cancer survivors: a systematic review exploring the impact on health outcomes. *Journal of cancer research and clinical oncology*, 144(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00432-017-2552-x>
- Van der Schoot, G. G. F., Ormel, H. L., Westerink, N. L., May, A. M., Elias, S. G., Hummel, Y. M., Lefrandt, J. D., van der Meer, P., van Melle, J. P., Poppema, B. J., Stel, J. M. A., van der Velden, A. W. G., Vrieling, A. H., Wempe, J. B., Ten Wolde, M. G., Nijland, M., de Vries, E. G. E., Gietema, J. A., & Walenkamp, A. M. E. (2022). Optimal Timing of a Physical Exercise Intervention to Improve Cardiorespiratory Fitness: During or After Chemotherapy. *JACC. CardioOncology*, 4(4), 491–503. <https://doi.org/10.1016/j.jaccao.2022.07.006>
- Van Rooijen, S. J., Engelen, M. A., Scheede-Bergdahl, C., Carli, F., Roumen, R. M. H., Slooter, G. D., & Schep, G. (2018). Systematic review of exercise training in colorectal cancer patients

- during treatment. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(2), 360–370. <https://doi.org/10.1111/sms.12907>
- Van Vulpen, J. K., Velthuis, M. J., Steins Bisschop, C. N., Travier, N., Van Den Buijs, B. J., Backx, F. J., Los, M., Erdkamp, F. L., Bloemendal, H. J., Koopman, M., De Roos, M. A., Verhaar, M. J., Ten Bokkel-Huinink, D., Van Der Wall, E., Peeters, P. H., & May, A. M. (2016). Effects of an Exercise Program in Colon Cancer Patients undergoing Chemotherapy. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(5), 767–775. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000855>
- Van Waart, H., Stuiver, M. M., van Harten, W. H., Geleijn, E., de Maaker-Berkhof, M., Schrama, J., Geenen, M. M., Meerum Terwogt, J. M., van den Heiligenberg, S. M., Hellendoorn-van Vreeswijk, J. A. J. H., Sonke, G. S., & Aaronson, N. K. (2018). Recruitment to and pilot results of the PACES randomized trial of physical exercise during adjuvant chemotherapy for colon cancer. *International journal of colorectal disease*, 33(1), 29–40. <https://doi.org/10.1007/s00384-017-2921-6>
- Vera-Garcia, F. J., Irlles-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., Barbado, D., & Juan-Recio, C. (2020). Progressions of core stabilization exercises based on postural control challenge assessment. *European journal of applied physiology*, 120(3), 567–577. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04313-9>
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 26(8), 2293–2307. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d>
- Xie, F., You, Y., Huang, J., Guan, C., Chen, Z., Fang, M., Yao, F., & Han, J. (2021). Association between physical activity and digestive-system cancer: An updated systematic review and meta-analysis. *Journal of sport and health science*, 10(1), 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.09.009>
- Yang, W. H., Park, J. H., Park, S. Y., & Park, Y. (2022). Energetic Contributions Including Gender Differences and Metabolic Flexibility in the General Population and Athletes. *Metabolites*, 12(10), 965. <https://doi.org/10.3390/metabo12100965>

Anexos

ANEXO 1: Programa de intervención.

Mesociclo 1

Sesión mayor duración					
EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	%RM*	DESCANSO	VELOCIDAD EJECUCIÓN (Concéntrico-Isométrico- Excéntrico)
Press pecho bilateral	2	12**	40-50***	3'	2-2-2
Remo bilateral					
Prensa piernas bilateral					
Leg curl bilateral					
Pull through					
Estabilidad del tronco (plancha frontal, lateral, dorsal, bird-dog)	2	15"	Nivel 1,2 ó 3	30" entre series 1'30" entre ejercicios	

Cicloergómetro: 26 minutos totales de carácter interválico con trabajo a intensidad moderada, RPE****: 3-4/10. El descanso activo se realizará a intensidad ligera, RPE 2/10.

Estructura de los intervalos:

Bloque 1: 2' trabajo x1' descanso activo, 3' trabajo x1' descanso activo.

Bloque 2: 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo;

Bloque 3: 2' trabajo x1' descanso activo, 3' trabajo x1' descanso activo

Bloque 4: 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo.

Sesión menor duración

EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	%RM	DESCANSO	VELOCIDAD EJECUCIÓN (Concéntrico-Isométrico- Excéntrico)
Landmine press unilateral	2	12 *	40-50**	3'	2-2-2
Sentadilla hack					
Gemelo hack squat					
Estabilidad del tronco (plancha frontal,	2	15"	Nivel 1,2 ó 3	30" entre series 1'30" entre ejercicios	

lateral, dorsal, bird-dog)					
<p>Cicloergómetro: 26 minutos totales de carácter interválico con trabajo a intensidad moderada, RPE: 3-4/10. El descanso activo se realizará a intensidad ligera, RPE 2/10.</p> <p>Estructura de los intervalos:</p> <p>Bloque 1: 2' trabajo x1' descanso activo, 3' trabajo x1' descanso activo.</p> <p>Bloque 2: 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo;</p> <p>Bloque 3: 2' trabajo x1' descanso activo, 3' trabajo x1' descanso activo</p> <p>Bloque 4: 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo, 1' trabajo x1' descanso activo.</p>					

*Repetición máxima (RM).

**En el primer mesociclo, las repeticiones se realizarán bajo metodología *Cluster* ((i.e., técnica que permite descansos cortos en la misma serie), realizando 12 repeticiones con 15'' de descanso tras cada repetición: 4 repeticiones-15'' descanso + 4 repeticiones-15'' descanso + 4 repeticiones-15'' descanso.

***Las dos primeras semanas del mesociclo la intensidad será de un 40% RM, y las dos segundas a un 50% RM.

****Índice de esfuerzo percibido (RPE).

Mesociclo 2

Sesión mayor duración					
EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	%RM	DESCANSO	VELOCIDAD EJECUCIÓN (Concéntrico-Isométrico-Excéntrico)
Press pecho bilateral	2	10-8*	55-60**	3'	2-2-2
Remo bilateral					
Prensa piernas bilateral					
Leg curl bilateral					
Pull through					
Estabilidad del tronco (plancha frontal, lateral, dorsal, bird-dog)	2	15"	Nivel 1,2 ó 3	30" entre series 1'30" entre ejercicios	
Cicloergómetro: 15 minutos de actividad aeróbica continua de moderada intensidad, RPE: 3-4/10.					

Sesión menor duración					
EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	%RM	DESCANSO	VELOCIDAD EJECUCIÓN (Concéntrico-Isométrico-Excéntrico)
Landmine press unilateral	2	10-8*	55-60**	3'	2-2-2
Sentadilla hack					
Gemelo hack squat					
Estabilidad del tronco (plancha frontal, lateral, dorsal, bird-dog)	2	15"	Nivel 1,2 ó 3	30" entre series 1'30" entre ejercicios	
Cicloergómetro: 15 minutos de actividad aeróbica continua de moderada intensidad, RPE: 3-4/10.					

* Las dos primeras semanas del mesociclo se realizarán 10 repeticiones, mientras que en las últimas realizarán 8 repeticiones.

**Las dos primeras semanas del mesociclo se realizarán a un 55% RM, y las dos segundas a un 60% RM.

Mesociclo 3

Sesión mayor duración					
EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	%RM	DESCANSO	VELOCIDAD EJECUCIÓN (Concéntrico-Isométrico- Excéntrico)
Press pecho bilateral	3	7-6*	65-70**	3'	2-2-3
Remo bilateral					
Prensa piernas bilateral					
Leg curl bilateral					
Pull through					
Estabilidad del tronco (plancha frontal, lateral, dorsal, bird-dog)	2	15"	Nivel 1,2 ó 3	30" entre series 1'30" entre ejercicios	
Cicloergómetro: 20 minutos de actividad aeróbica continua de vigorosa intensidad, RPE: 5-7/10.					

Sesión menor duración					
EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	%RM	DESCANSO	VELOCIDAD EJECUCIÓN (Concéntrico-Isométrico- Excéntrico)
Landmine press unilateral	3	7-6*	65-70**	3'	2-2-3
Sentadilla hack					
Gemelo hack squat					
Estabilidad del tronco (plancha frontal, lateral, dorsal, bird-dog)	2	15"	Nivel 1,2 o 3	30" entre series 1'30" entre ejercicios	
Cicloergómetro: 20 minutos de actividad aeróbica continua de vigorosa intensidad, RPE: 5-7/10.					

* Las dos primeras semanas del mesociclo se realizarán 7 repeticiones, mientras que en las últimas realizarán 6 repeticiones.

**Las dos primeras semanas del mesociclo se realizarán a un 65% RM, y las dos segundas a un 70% RM.