



UNIVERSIDAD DE BURGOS

**Efectos del entrenamiento de fuerza en la  
composición corporal y el linfedema en mujeres  
supervivientes de cáncer de mama**

---

**TESIS DOCTORAL**

Dña. Rocío Pardo Hernández

**DIRECTORES**

Dr. D. Jerónimo Javier González Bernal

Dra. Dña. Josefa González Santos

Dra. Dña. Mirian Santamaría  
Peláez

**UNIVERSIDAD DE BURGOS**

Doctorado en Avances en Ciencia y Biotecnología  
Alimentarias



*“La verdadera ciencia enseña, por encima de todo,  
a dudar y a ser ignorante.”*

*-Miguel de Unamuno*

*“Nada en este mundo debe ser temido, solo entendido.  
Ahora es el momento de comprender más, para  
que podamos temer menos.”*

*-Marie Curie*



# ***AGRADECIMIENTOS***



Ahora que se acerca el fin de esta aventura, llega el momento de mirar alrededor y apreciar el apoyo de todas las personas que, de una u otra forma, han compartido mi camino.

En primer lugar, quiero agradecer la implicación de todas las participantes del estudio, así como de la división de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, México, y de todos los colaboradores, sin cuyo apoyo este estudio no habría podido llevarse a cabo. De la misma forma, quiero agradecer el respaldo de la Universidad de Burgos: es una gran experiencia formar parte de este equipo.

Por supuesto, a mis directores de tesis y compañeros de investigación, que hacen fácil lo complejo, y han resultado altamente ejemplarizantes para mí. A Pepi y Jero, por verme, por la oportunidad, por la paciencia, el apoyo y el impulso. A Mirian y Jessica, por tirarme el flotador y meterse a nadar conmigo cuando se me olvidaba cómo mover las piernas. Gracias por la comprensión y el respaldo, y por todas las enseñanzas. Sois inspiradores.

Además, me gustaría agradecer a mis amigas de esta ciudad del invierno, y a La Gavilla de siempre, por estar perennemente. A todos los convivientes que he tenido, humanos y peludos, por sufrirme cuando estaba bloqueada. Y, por último, pero no menos importante, a mis padres y a mi hermana Lorena por animarme a embarcarme en esto sin saber siquiera de qué se trataba, por subirme el ego y bajarme los humos, y por recordarme quién soy.

Gracias a vosotros y a todos aquellos que se han visto involucrados de una u otra forma en este proyecto.



# *ÍNDICE*



1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
1.1	<b>Epidemiología</b> .....	11
1.2	<b>Etiopatogenia y factores de riesgo</b> .....	15
1.2.1	<b>Etiopatogenia</b> .....	15
1.2.2	<b>Factores de riesgo</b> .....	19
1.3	<b>Clasificación y tratamiento</b> .....	27
1.4	<b>Manejo quirúrgico y médico</b> .....	40
1.4.1	<b>Mastectomía radical y alternativas</b> .....	40
1.4.2	<b>Resultados y pronóstico</b> .....	46
1.5	<b>Sistema linfático</b> .....	54
1.5.1	<b>Función y relevancia clínica</b> .....	54
1.5.2	<b>Anatomía del sistema linfático</b> .....	56
1.6	<b>Linfedema</b> .....	58
1.6.1	<b>Consideraciones iniciales</b> .....	58
1.6.2	<b>Tratamiento del linfedema</b> .....	63
1.7	<b>Actividad física, cancer de mama y linfedema</b> .....	66
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	73
2.1	<b>Objetivo general</b> .....	75
2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	75
3.	<b>HIPÓTESIS</b> .....	77
3.1	<b>Hipótesis específicas</b> .....	79
4.	<b>MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	81
4.1	<b>Metodología del estudio</b> .....	83
4.2	<b>Diseño muestral</b> .....	84
4.3	<b>Variables y herramientas de evaluación</b> .....	84
4.4	<b>Plan de intervención</b> .....	89
4.5	<b>Análisis estadístico:</b> .....	91
4.6	<b>Consideraciones éticas:</b> .....	92
5.	<b>RESULTADOS</b> .....	93
5.1	<b>Análisis del efecto del entrenamiento de fuerza en la composición corporal</b> .....	95
5.2	<b>Comprobación del efecto del entrenamiento de fuerza en la fuerza máxima de contractor unilateral, bilateral, prensa de pecho y prensión manual</b> .....	97

5.3	<b>Estudio del efecto del entrenamiento de fuerza en las medidas perimetricas de ambos brazos</b> .....	99
5.4	<b>Análisis del efecto del entrenamiento en la volumetría por segmentos de los brazos</b> .....	103
5.5	<b>Comprobación del efecto del entrenamiento en la volumetría de antebrazo, brazo y miembro superior completo</b> .....	107
5.6	<b>Determinación de la influencia de la composición corporal en las volumetrías del antebrazo, brazo y miembro superior completo.</b> .....	109
5.7	<b>Análisis del efecto del entrenamiento en el número de personas con linfedema</b> .....	111
6.	<b>DISCUSIÓN</b> .....	113
6.1	<b>Objetivo 1: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la composición corporal de las personas con cáncer de mama en cuanto a IMC, peso, masa magra, masa grasa, masa muscular y porcentaje de agua.</b> .....	115
6.1	<b>Objetivo 2: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la fuerza pectoral unilateral, bilateral y de prensión manual de las personas con cáncer de mama.</b> 119	
6.3	<b>Objetivo 3: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en los perímetros braquiales de las personas con cáncer de mama.</b> .....	123
6.4	<b>Objetivo 4: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en las volumetrías segmentarias de las personas con cáncer de mama.</b> .....	127
6.5	<b>Objetivo 5: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en el volumen del brazo, antebrazo y miembro superior completo de las mujeres con cáncer de mama.</b> .....	129
6.6	<b>Objetivo 6: Comprobar si los parámetros de composición corporal (masa muscular, IMC, peso, masa magra, porcentaje de agua y masa grasa) influyen en las volumetrías del antebrazo, brazo y miembro superior completo.</b> .....	133
6.7	<b>Objetivo 7: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en el número de personas con linfedema secundario a cáncer de mama.</b> .....	139
6.8	<b>Limitaciones y fortalezas del estudio</b> .....	143
6.9	<b>Implicaciones prácticas y futuras líneas de investigación</b> .....	149
7	<b>CONCLUSIONES</b> .....	155
8	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	162
9	<b>ANEXOS</b> .....	185
1.-	<b>INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.</b> .....	187
10	<b>ARTÍCULO ORIGINAL PUBLICADO</b> .....	189

# *ÍNDICE DE TABLAS*



<b>Tabla 1.</b> Criterios de inclusión y exclusión del estudio .....	84
<b>Tabla 2.</b> Análisis T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test composición corporal.....	95
<b>Tabla 3.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa pre-test y post-test composición corporal.....	96
<b>Tabla 4.</b> Análisis T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test en fuerza muscular .....	97
<b>Tabla 5.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon Comparativa pre-test y post-test en fuerza muscular .....	98
<b>Tabla 6.</b> Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de perímetros .....	99
<b>Tabla 7.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa perímetros pre-test y post-test.....	100
<b>Tabla 8.</b> Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de perímetros .....	101
<b>Tabla 9.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa perímetros pre-test y post-test.....	103
<b>Tabla 10.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa volúmenes pre-test y post-test.....	104
<b>Tabla 11.</b> Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de volúmenes .....	105
<b>Tabla 12.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa volúmenes pre-test y post-test.....	105
<b>Tabla 13.</b> Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de volúmenes .....	107
<b>Tabla 14.</b> Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa volúmenes pre-test y post-test.....	108

<b>Tabla 15.</b> Regresión lineal múltiple .....	109
<b>Tabla 16.</b> Regresión lineal múltiple .....	110
<b>Tabla 17.</b> Regresión lineal múltiple .....	110

# *ÍNDICE DE ACRÓNIMOS*



IMC	Índice de masa corporal
BRCA1	Breast cancer 1
BRCA2	Breast cancer 2
TMN	Tumor, nodos, metástasis
CMTN	Cáncer de mamá triple negativo
RE	Receptor de estrógeno
MHT	Terapia hormonal menopáusica
CDIS	Carcinoma ductal in situ
IDC	Carcinoma ductal invasivo
ILC	Carcinoma lobulillar invasivo
HR	Receptores hormonales
ALND	Disección de ganglios linfáticos axilares
NACT	Quimioterapia neoadyuvante
MRM	Mastectomía radical modificada



# ***RESUMEN***



## **Resumen:**

El cáncer de mama es una de las patologías oncológicas más prevalentes entre las mujeres a nivel mundial y conlleva importantes secuelas físicas y funcionales tras el tratamiento, entre ellas el linfedema, la pérdida de masa muscular y el deterioro de la composición corporal. Tradicionalmente, el ejercicio de fuerza ha sido limitado en mujeres con antecedentes de cáncer de mama debido al temor a agravar el linfedema. Sin embargo, investigaciones recientes apuntan a su potencial terapéutico si se aplica de manera controlada y progresiva.

La presente tesis doctoral tuvo como objetivo analizar el efecto de un programa estructurado de entrenamiento de fuerza sobre variables relacionadas con la composición corporal, la fuerza muscular, las medidas perimétricas y volumétricas del miembro superior y la presencia de linfedema en mujeres supervivientes de cáncer de mama. Para ello, se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental con 23 mujeres que habían sido sometidas a una mastectomía radical. La intervención consistió en un protocolo de entrenamiento de fuerza supervisado, desarrollado durante 10 semanas con una frecuencia de dos sesiones semanales.

Los resultados obtenidos muestran mejoras significativas en la masa muscular y masa magra, así como en las valoraciones de fuerza muscular de pectoral unilateral y bilateral, press banca y prensión manual de ambos hemicuerpos. No mostraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, las mediciones de peso corporal, porcentaje de agua y porcentaje de masa grasa. A nivel perimetral y volumétrico, se observaron diferencias significativas en determinadas medidas segmentarias de los brazos, atribuible a las adaptaciones musculares sin indicios clínicos de agravamiento del linfedema,

dado que las mediciones de volumen totales no mostraron diferencias significativas.

Estos hallazgos permiten concluir que el entrenamiento de fuerza, adecuadamente prescrito y supervisado, es una estrategia segura y efectiva en el contexto de la rehabilitación oncológica. El ejercicio no solo mejora parámetros funcionales y estructurales clave para la calidad de vida, sino que también puede integrarse como una herramienta preventiva y terapéutica frente al linfedema. La evidencia generada respalda su inclusión dentro de los programas multidisciplinarios dirigidos a mujeres con antecedentes de cáncer de mama, promoviendo un abordaje activo, personalizado y basado en la evidencia científica.

**Palabras clave:**

- ✓ Cáncer de mama
- ✓ Linfedema
- ✓ Entrenamiento de fuerza
- ✓ Composición corporal
- ✓ Rehabilitación oncológica
- ✓ Mujeres supervivientes
- ✓ Actividad física

# ***ABSTRACT***



**Abstract:**

Breast cancer is one of the most prevalent oncological diseases among women worldwide and entails significant physical and functional sequelae after treatment, including lymphedema, loss of muscle mass, and deterioration in body composition. Traditionally, resistance training has been restricted in women with a history of breast cancer due to concerns about exacerbating lymphedema. However, recent research highlights its therapeutic potential when applied in a controlled and progressive manner.

This doctoral thesis aimed to analyze the effect of a structured resistance training program on variables related to body composition, muscular strength, upper limb perimeters and volumes, and the presence of lymphedema in breast cancer survivors. A quasi-experimental study was conducted with 23 women who had undergone radical mastectomy. The intervention consisted of a supervised resistance training protocol, implemented over a 10-week period with two sessions per week.

The results obtained show significant improvements in muscle mass and lean mass, as well as in the assessments of muscle strength of unilateral and bilateral pectoralis and bench press and manual grip of both hemibodies. No statistically significant differences, however, measurements of body weight, water percentage, and fat mass percentage. At the perimeter and volumetric level, significant differences were observed in certain segmental measurements of the arms, attributable to muscle adaptations without clinical indications of aggravation of lymphedema, since the total volume measurements did not show significant differences.

These findings allow us to conclude that strength training, properly prescribed and supervised, is a safe and effective strategy in the context of cancer rehabilitation. Exercise not only improves key functional and structural parameters for quality of life, but can also be integrated as a preventive and therapeutic tool against lymphedema. The evidence generated supports its inclusion in multidisciplinary programs aimed at women with a history of breast cancer, promoting an active, personalized approach based on scientific evidence.

**Keywords:**

- ✓ Breast cancer
- ✓ Lymphedema
- ✓ Resistance training
- ✓ Body composition
- ✓ Oncological rehabilitation
- ✓ Female survivors
- ✓ Physical activity

# ***1. INTRODUCCIÓN***

---



## 1.1 Epidemiología

El cáncer de mama representa un desafío significativo para la salud pública a nivel mundial, siendo una de las enfermedades crónicas degenerativas más comunes en mujeres y una de las principales causas de mortalidad prematura (Huang et al., 2021; J. Kim et al., 2025). Su naturaleza crónica y degenerativa a menudo requiere un tratamiento multimodal, incluyendo la cirugía, lo que expone a las pacientes a diversos riesgos y complicaciones postoperatorias (J. Kim et al., 2025).

La comprensión de la epidemiología del cáncer de mama, sus factores de riesgo asociados, el papel crucial del sistema linfático en su progresión y las implicaciones del linfedema como complicación post-tratamiento, son esenciales para abordar esta enfermedad de manera integral y mejorar los resultados de salud para las pacientes.

La epidemiología del cáncer de mama abarca el estudio de la incidencia, distribución y determinantes del cáncer de mama, una preocupación líder en materia de salud global. Con un estimado de 2,3 millones de nuevos casos y aproximadamente 670.000 muertes relacionadas en 2022, el cáncer de mama representa una carga significativa para los sistemas de salud en todo el mundo (J. Kim et al., 2025). La tasa de incidencia normalizada por edad de 46,3 por 100.000 personas revela disparidades geográficas sustanciales, influenciadas por diferentes factores de riesgo, acceso a la atención sanitaria y condiciones socioeconómicas (Huang et al., 2021; Lima et al., 2021).

Esta enfermedad afecta desproporcionadamente a diferentes poblaciones, lo que pone de relieve la necesidad de estrategias específicas de salud pública destinadas a mejorar los resultados en diversos grupos demográficos. Las

disparidades regionales en la incidencia del cáncer de mama y las tasas de mortalidad son evidentes, y las regiones desarrolladas a menudo reportan una mayor incidencia, pero menores tasas de mortalidad en las zonas en desarrollo (Giaquinto et al., 2022).

Esta paradoja subraya la importancia de mejorar el acceso a la atención sanitaria y la detección del cáncer en las regiones menos desarrolladas, donde las tasas de mortalidad pueden ser comparativamente altas a pesar de las menores tasas de incidencia. Además, la tendencia al alza de los casos de cáncer de mama, en particular entre las mujeres más jóvenes, exige una atención urgente a las medidas preventivas y a las campañas de sensibilización pública (J. Kim et al., 2025; Lima et al., 2021).

Las proyecciones sugieren un posible aumento de los nuevos casos a aproximadamente 2,96 millones para 2040, lo que indica una creciente necesidad de intervenciones eficaces (Sedeta et al., 2023). Los factores genéticos, ambientales y de estilo de vida contribuyen al riesgo de cáncer de mama, con aproximadamente 30 genes, incluyendo BRCA1 y BRCA2, desempeñando papeles cruciales en la susceptibilidad hereditaria (Collins & Politopoulos, 2011; Jatoi et al., 2022).

Las exposiciones ambientales, como la radiación y el consumo de alcohol, junto con opciones de estilo de vida como la inactividad física y la obesidad, complican aún más el panorama de riesgos (Baquet et al., 2008).

El cribado y la detección temprana siguen siendo fundamentales para reducir las tasas de mortalidad, y el cribado mamográfico demuestra un impacto significativo en la reducción de la muerte por cáncer de mama. A pesar de ello, las tasas de participación en los exámenes de detección son subóptimas, particularmente entre las poblaciones desatendidas, lo que ilustra la necesidad de mejorar las iniciativas de salud pública para promover la adhesión (Islami et al., 2022).

Las tasas de supervivencia para el cáncer de mama han mejorado con el tiempo, con una notable tasa de supervivencia relativa a un 99% a los cinco años para la enfermedad localizada, enfatizando la importancia crítica de la detección temprana y el tratamiento, ya que esta tasa se reduce al 90% en los casos regionales, e incluso al 30% en situaciones metastásicas (National cancer institute, 2025).

Sin embargo, persisten las disparidades sobre la base de la demografía y el estatus socioeconómico, lo que requiere la investigación en curso y las intervenciones para abordar estas desigualdades en los resultados del cáncer de mama (Anderson et al., 2023; Giaquinto et al., 2022; Wheeler et al., 2013). En consecuencia, es vital para promover políticas eficaces de salud pública y mejorar el panorama de la salud para diversas poblaciones de todo el mundo.

#### **a. Incidencia global y tendencia a lo largo del tiempo**

El cáncer de mama ha surgido como una importante preocupación mundial en materia de salud, con sus tasas de incidencia mostrando marcada variación en diferentes regiones y poblaciones. Como se mencionó anteriormente, hasta 2022, se estimaba que había 2,3 millones de nuevos casos de cáncer de mama en todo el mundo, acompañados de aproximadamente 670.000 muertes relacionadas con el cáncer de mama (J. Kim et al., 2025). La tasa de incidencia global estandarizada por edades se sitúa en 46,3 por 100.000 habitantes, lo que pone de relieve casi una variación de cuatro veces en las tasas de incidencia en las diferentes ubicaciones geográficas (Huang et al., 2021; Lima et al., 2021).

Estudios recientes indican que las tasas de incidencia del cáncer de mama han ido en aumento, con aumentos del 1% al 5% anuales reportados en la mitad de los países examinados (J. Kim et al., 2025). Esta tendencia al alza es especialmente pronunciada entre las mujeres menores de 50 años, donde la tasa de incidencia ha aumentado un 1,4% al año. Las proyecciones para 2040 estiman que el número

de nuevos casos de cáncer de mama femenino podría aumentar a aproximadamente 2,96 millones, lo que representa un aumento del 31% con respecto a las cifras anteriores (Sedeta et al., 2023).

### **b. Disparidades regionales**

Las disparidades geográficas en la incidencia del cáncer de mama y las tasas de mortalidad pueden atribuirse a las diferencias en los factores de riesgo -que se desgranarán más adelante-, el acceso a la asistencia sanitaria y las condiciones socioeconómicas. Por ejemplo, las tasas de incidencia del cáncer de mama son generalmente más bajas en las regiones menos desarrolladas; sin embargo, las tasas de mortalidad en estas zonas pueden ser comparables a las observadas en regiones más desarrolladas (Giaquinto et al., 2022). Esta discrepancia indica la necesidad de mejorar el acceso a la atención sanitaria y la detección del cáncer en estas poblaciones.

### **c. Demografía**

La investigación muestra que la composición demográfica de las pacientes con cáncer de mama es diversa. En un estudio reciente en el que participaron 472 mujeres participantes de entre 39 y 94 años, el 56% se identificó a la muestra como negro no hispano, 25% como blanco no hispano y 19% como hispano (Kathleen A. Cronin, 2012). En particular, se observaron disparidades entre grupos en la adhesión a las directrices para el cribado del cáncer de mama, y el 19% del total de las participantes se consideró no adherente, destacando un área potencial para la intervención en salud pública.. Las complejidades que rodean la incidencia y la mortalidad en el cáncer de mama hacen hincapié en la necesidad de estrategias específicas de salud pública para abordar las disparidades y mejorar los resultados en las diferentes poblaciones a nivel mundial (Kathleen A. Cronin, 2012).

De manera similar, un estudio mexicano, llevado a cabo en una población de mujeres supervivientes de cáncer de mama atendidas en una clínica de nutrición de un hospital público, reportó una edad promedio de  $54 \pm 12$  años, siendo el 48 % mayores de 50 años. El 50 % tenía una ocupación remunerada, el 67 % vivía en pareja y el 23 % contaba únicamente con educación básica. En cuanto a los antecedentes médicos, el 12 % presentaba historia familiar de cáncer de mama.

Además, el 54 % padecía alguna enfermedad agregada al cáncer, entre las que destacaban la diabetes mellitus (23 %), la hipertensión arterial (35 %) y la enfermedad vascular periférica (8 %). El 48 % tomaba medicación de forma habitual y el 35 % presentaba antecedentes no patológicos, como tabaquismo (27 %) o consumo ocasional de alcohol (15 %) (Chavira et al., 2019).

En lo referente al diagnóstico, el 67 % fue realizado mediante biopsia incisional y el 90 % de los casos correspondía a carcinoma ductal, predominando los estadios clínicos II (39 %) y III (35 %). La lateralidad izquierda fue la más frecuente en la cirugía (62 %) y la intervención más común fue la mastectomía radical modificada (67 %). Asimismo, al 92 % de las pacientes se les realizó vaciamiento ganglionar, con una media de  $11 \pm 5$  ganglios extraídos (Chavira et al., 2019).

Estos datos complementan el panorama clínico y sociodemográfico de las mujeres que han enfrentado un cáncer de mama, y permiten comprender mejor el contexto de vulnerabilidad metabólica, cardiovascular y funcional en el que se encuentran muchas de ellas tras el tratamiento oncológico, lo que hace aún más relevante el diseño de intervenciones rehabilitadoras eficaces y seguras.

## **1.2 Etiopatogenia y factores de riesgo**

### **1.2.1 Etiopatogenia**

El cáncer de mama es una enfermedad compleja y clínicamente heterogénea. De forma general, la patogenia muestra, inicialmente, una malignidad celular inicial provocada por la falta de apoptosis de las células mamarias. Seguidamente, se conforma la lesión o tumoración, que puede avanzar, dejando de representar un carcinoma in situ mediante la infiltración o invasión de tejidos circundantes. La progresiva angiogénesis tumoral, garantiza a su vez el crecimiento y diseminación final, alcanzando el torrente sanguíneo y generando metástasis hacia tejidos distales (Shiovitz & Korde, 2015).

Por su parte, la clasificación del cáncer de mama es cada día más sofisticada, integrando enfoques histológicos y moleculares. Histológicamente, los cánceres de mama se clasifican en ductales, lobulillares y otros tipos, siendo los adenocarcinomas los más prevalentes (Collins & Politopoulos, 2011). La clasificación molecular, por otro lado, identifica distintos subtipos según el estado del receptor hormonal y los perfiles de expresión génica. Estos subtipos tienen implicaciones pronósticas únicas y dictan estrategias de tratamiento personalizadas (National cancer institute (2025); Pal et al., 2024).

La integración de la clasificación histológica y el sistema de estadificación TNM mejora la precisión pronóstica y guía las intervenciones terapéuticas individualizadas (Mathur et al., 2022). Estos abordajes, se encuentran en constante revisión y estudio. La investigación emergente sobre terapias epigenéticas e inmunoterapia ofrece la esperanza de tratamientos más personalizados y efectivos, particularmente para subtipos agresivos (Rakha et al., 2010; Shannon Byler et al., 2014).

No obstante, el avance del conocimiento conlleva nuevos campos de debate. Las controversias en la investigación y el tratamiento del cáncer de mama a menudo giran en torno a las implicaciones éticas de las pruebas genéticas, la eficacia de varias modalidades de tratamiento y las disparidades en el acceso a la atención. Cuestiones como la creciente prevalencia del sobrediagnóstico debido

a las técnicas avanzadas de detección y el posible sobretratamiento de pacientes de bajo riesgo han provocado debates continuos dentro de la comunidad médica (Karami Fath et al., 2022).

Con respecto a la etiología, cabe remarcar que no existe una única causa, siendo una dolencia caracterizada por diversos factores genéticos, epigenéticos, hormonales y ambientales que contribuyen a su desarrollo, tal y como se describe a continuación.

#### **a. Factores genéticos**

Se sabe que aproximadamente 30 genes contribuyen al riesgo de cáncer de mama, siendo BRCA1 y BRCA2 los más destacados ( National cancer institute (2025).; Collins & Politopoulos, (2011)). Las mutaciones en estos genes interrumpen los procesos celulares normales, lo que lleva a una mayor inestabilidad genómica y tumorigénesis.

Aproximadamente el 10% de los casos de cáncer de mama son hereditarios, en gran parte debido a mutaciones en genes de alta penetrancia como BRCA1 y BRCA2, que desempeñan un papel fundamental en la reparación del ADN y la regulación del ciclo celular. Estas alteraciones genéticas aumentan significativamente el riesgo de desarrollar cáncer de mama, y las personas portadoras de mutaciones BRCA1 enfrentan un riesgo de por vida de hasta el 87% (Shiovitz & Korde, 2015).

Las alteraciones genéticas en otros genes, como PTEN y TP53, también están relacionadas con la susceptibilidad al cáncer de mama, particularmente en familias con un patrón hereditario claro (Rizzolo et al., 2011; Sellers, 1997). Otras mutaciones notables, incluidas las del gen CDH1, también se han asociado con un riesgo elevado de cáncer de mama, particularmente entre ciertas poblaciones étnicas (Pal et al., 2024).

## **b. Influencias epigenéticas**

Además de las mutaciones genéticas, los mecanismos epigenéticos juegan un papel crucial en el desarrollo del cáncer de mama. Estos mecanismos implican cambios hereditarios en la expresión génica sin alterar la secuencia de ADN (Rizzolo et al., 2011; Sellers, 1997). Estas, incluyen alteraciones como la metilación del ADN, las modificaciones de histonas y la actividad de ARN largos no codificantes, que pueden influir en el potencial transcripcional de los genes involucrados en las vías del cáncer (Karami Fath et al., 2022; Mathur et al., 2022).

Por ejemplo, la señalización del receptor de estrógeno (RE) se ve significativamente afectada por los cambios epigenéticos, y los correguladores del RE facilitan la actividad transcripcional en respuesta a la estimulación del estrógeno. A estas circunstancias se suman complicaciones, ya que las aberraciones en esta vía de señalización, como mutaciones en el gen ESR1 y alteraciones en la actividad de la aromatasa, pueden conducir a resistencia endocrina, lo que complica las opciones de tratamiento (Karami Fath et al., 2022; Mathur et al., 2022).

## **c. Microambiente tumoral**

El microambiente tumoral también contribuye a la etiopatogenia del cáncer de mama. Las interacciones entre las células cancerosas y los componentes del estroma, incluidas las células endoteliales, los fibroblastos y las células inmunitarias, pueden promover la progresión tumoral e influir en la respuesta endocrina (Mathur et al., 2022).

Factores como la hipoxia, la acidez y los factores solubles como las interleucinas pueden modular las vías de señalización, contribuyendo a la resistencia contra las terapias hormonales. Estudios recientes indican que las características estructurales del microambiente y la presencia de biomarcadores específicos son

cruciales para predecir los resultados relacionados con los tratamientos hormonales (Karami Fath et al., 2022; Mathur et al., 2022).

### **1.2.2 Factores de riesgo**

En general, los factores de riesgo de cáncer de mama abarcan una amplia gama de influencias, haciendo que la conciencia y la educación sean esenciales para realizar esfuerzos eficaces de gestión y prevención en las poblaciones de todo el mundo. Existen múltiples categorizaciones de estos factores, pudiendo, de forma básica, diferenciarse factores no modificables (biológicos) y modificables (atribuidos al estilo de vida y condiciones ambientales). Otra de las opciones es la categorización como se muestra a continuación:

#### **a. Factores genéticos.**

Los factores genéticos juegan un papel significativo en el riesgo de desarrollar cáncer de mama, con ciertas mutaciones hereditarias asociadas con una marcada mayor probabilidad de la enfermedad. Las mutaciones genéticas más conocidas vinculadas al riesgo de cáncer de mama se encuentran en los genes BRCA1 y BRCA2, mencionadas con anterioridad. Las mutaciones en estos genes se heredan en un patrón autosómico dominante, lo que significa que tener una copia del gen mutado puede aumentar significativamente el riesgo de una persona de desarrollar cáncer de mama, dependiendo de la historia familiar y mutaciones genéticas específicas involucradas (Anton et al., 2025; Gearhart-Serna et al., 2023).

- Mutaciones hereditarias

Hasta el 25% de los casos hereditarios de cáncer de mama se atribuyen a mutaciones en un número limitado de genes altamente penetrantes, incluyendo

BRCA1, BRCA2, y otros como PTEN, TP53, CDH1 y STK11 (Shiovitz & Korde, 2015). La presencia de estas mutaciones no garantiza el desarrollo del cáncer, ya que los individuos heredan una mayor probabilidad en lugar de la enfermedad misma. Otras mutaciones genéticas, como las de CHEK2, también contribuyen a la susceptibilidad al cáncer de mama, aunque se considera que tienen una penetrancia moderada en comparación con las anteriores (National Breast Cancer Foundation, 2024; Shiovitz & Korde, 2015).

- Historia Familiar y Evaluación de Riesgos

Un historial familiar de cáncer de mama puede influir significativamente en la decisión de un individuo de someterse a pruebas genéticas. Factores como el cáncer de mama de inicio temprano en parientes cercanos (por ejemplo, madres, hermanas o hijas) pueden aumentar la probabilidad de que esté presente una predisposición genética (R. Carroll et al., 2023; Gearhart-Serna et al., 2023).

Las pruebas genéticas tienen por objeto identificar mutaciones nocivas, orientar la gestión de riesgos y posibles medidas preventivas, incluida la vigilancia periódica o las cirugías preventivas. Es crucial que las personas discutan estas opciones con los profesionales de la salud, ya que las implicaciones de las pruebas genéticas y los hallazgos posteriores pueden tener profundos efectos en la planificación familiar y las decisiones de salud personal (R. Carroll et al., 2023).

#### **b. Factores hormonales**

Los factores hormonales juegan un papel significativo en la influencia del riesgo de cáncer de mama. El estrógeno y la progesterona son hormonas clave que contribuyen al desarrollo y progresión del cáncer de mama, con diversos factores reproductivos y de estilo de vida que afectan sus niveles y efectos en el tejido mamario.

- Exposición hormonal acumulada

La alta exposición a la vida al estrógeno es un factor de riesgo crucial para el cáncer de mama. Las mujeres que experimentan una menarquia temprana (principios de menstruación antes de los 11 años) y menopausia tardía (después de los 55 años) tienen una exposición prolongada al estrógeno, aumentando su riesgo de desarrollar cáncer de mama. Por el contrario, la menopausia temprana se asocia con un menor riesgo debido a la reducción de la duración de la exposición hormonal. (Beral et al., 2002; Chlebowski, 2002; Chlebowski et al., 2003)

- Historia reproductiva

La historia reproductiva de una mujer también puede influir en su riesgo. La multiparidad tiende a disminuir el riesgo de cáncer de mama porque resulta en menor exposición acumulada al estrógeno y mayor exposición relativa a progesterona, que puede tener un efecto protector. Así como la maternidad a edad temprana, dado que se ha constatado que las mujeres que no han tenido hijos o las que dan a luz después de los 30 años tienen un riesgo ligeramente más elevado de desarrollar cáncer de mama (Gearhart-Serna et al., 2020, 2023).

Además, las decisiones relativas a la procreación y si amamantar pueden afectar los niveles hormonales y el riesgo de cáncer de mama (D. S. M. Chan et al., 2023). Se ha sugerido que la lactancia materna reduzca ligeramente el riesgo de cáncer de mama, particularmente cuando se ha continuado durante un año o más, posiblemente debido a la reducción de los ciclos menstruales (Beral et al., 2002; Chlebowski et al., 2003).

- Terapias hormonales

Las terapias hormonales, particularmente la terapia hormonal menopáusica (MHT), pueden afectar significativamente el riesgo de cáncer de mama. Se ha demostrado que la terapia hormonal combinada, que incluye tanto estrógeno como progesterona, aumenta el riesgo de cáncer de mama, especialmente

después de unos cuatro años de uso (Beral et al., 2002; Chlebowski et al., 2003). El riesgo se asocia principalmente con usuarios actuales o recientes, y regresando al nivel de riesgo inicial al cabo de 5 años tras el fin del tratamiento.

Con respecto a la terapia hormonal afirmativa de género, los estudios sugieren que la feminización de la terapia con hormonas aumenta ligeramente el riesgo de cáncer de mama en comparación con aquellos que no toman tales medicamentos, pero el riesgo general sigue siendo menor que el de la mujer promedio. En contraste, aquellos que toman hormonas masculinizantes parecen tener un menor riesgo de cáncer de mama (Chlebowski, 2002).

### **c. Factores de estilo de vida**

Las opciones de estilo de vida juegan un papel importante en la influencia del riesgo de desarrollar cáncer de mama. Diversos factores como la dieta, la actividad física y las opciones reproductivas son fundamentales para determinar la susceptibilidad de un individuo a la enfermedad. (Niederhuber et al., 2020)

- Dieta

Una dieta saludable es esencial para reducir el riesgo de cáncer de mama. La investigación indica que las dietas altas en fibra dietética de granos integrales y legumbres pueden disminuir el riesgo de muerte por cáncer de mama. Por el contrario, las dietas ricas en grasas, alimentos procesados y azúcares añadidos contribuyen a la obesidad, que es un factor de riesgo bien establecido para el cáncer de mama, particularmente en mujeres posmenopáusicas (D. S. M. Chan et al., 2023).

La adopción de una dieta al estilo mediterráneo puede reducir el riesgo de cáncer de mama, mientras que una dieta baja en grasas ha demostrado reducir las tasas de mortalidad en pacientes postmenopáusicas. Aunque no se ha

identificado una dieta definitiva específicamente para las sobrevivientes de cáncer de mama, una recomendación general incluye aumentar la ingesta de verduras, frutas y granos integrales (D. S. M. Chan et al., 2023).

Además, la evidencia sugiere que el consumo de alcohol incrementa el riesgo de desarrollar cáncer de mama, con un aumento de aproximadamente el 10% en el riesgo por cada 10 gramos de consumo diario de alcohol (Kotepui, 2016; McTiernan, 2024). El vínculo entre el alcohol, así como otros alimentos, y el cáncer de mama parece estar relacionado con su potencial para elevar los niveles de estrógeno y agotar los nutrientes esenciales que ayudan a proteger contra el daño celular (Bu et al., 2023; Kotepui, 2016; McTiernan, 2024).

- Actividad física

La actividad física regular se asocia con un menor riesgo de cáncer de mama, especialmente entre las mujeres que pasaron la menopausia. La Sociedad Americana del Cáncer recomienda participar en la actividad física moderada durante al menos 150 a 300 minutos por semana para lograr beneficios óptimos para la salud. La evidencia indica que incluso un par de horas de actividad física semanalmente pueden ser beneficiosas, con beneficios más sustanciales asociados con el aumento de los niveles de actividad. La actividad física puede reducir el riesgo de cáncer de mama al influir en el peso corporal, la inflamación y los niveles hormonales (Gearhart-Serna et al., 2020, 2023; Qin et al., 2021).

- Otros factores de estilo de vida

Otros factores relacionados con el estilo de vida que influyen en el riesgo de cáncer de mama incluyen el tabaquismo y la obesidad. Aunque la asociación entre el tabaquismo y el riesgo de cáncer de mama sigue siendo inconcluyente, se considera un factor de riesgo altamente probado en diversos cánceres. La obesidad aumenta significativamente el riesgo de cáncer de mama, particularmente para las mujeres que nunca se han sometido a terapia de

reemplazo hormonal. Las mujeres con un IMC de 31,1 o más tienen un riesgo sustancialmente mayor en comparación con aquellas con un IMC de 22,6 o menos. (D. S. M. Chan et al., 2023; Gearhart-Serna et al., 2020; Niederhuber et al., 2020)

#### **d. Factores ambientales**

Los factores ambientales juegan un papel importante en el riesgo de desarrollar cáncer de mama. Estos factores abarcan una amplia gama de elementos, tanto naturales como artificiales, incluidos contaminantes, componentes dietéticos y exposición a diversos productos químicos (Gearhart-Serna et al., 2023).

- Contaminantes y productos químicos

Las investigaciones indican que la exposición a contaminantes ambientales y sustancias químicas tóxicas puede contribuir a un mayor riesgo de cáncer de mama. Sustancias como dioxinas, bifenilos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos organoclorados se han identificado como potenciales disruptores endocrinos que pueden influir en el riesgo de cáncer. Las fuentes industriales se han asociado especialmente con un elevado riesgo de cáncer de mama en poblaciones con alta exposición, especialmente en entornos profesionales (Bertazzi et al., 1993; Butler et al., 1989; Gearhart-Serna et al., 2020; Qin et al., 2021).

- Exposición a radiación

La exposición a la radiación es uno de los factores de riesgo ambientales más establecidos relacionados con el cáncer de mama. Los datos históricos de sobrevivientes de bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, así como de mujeres que se han sometido a tratamientos terapéuticos de radiación,

demuestran una clara conexión entre la exposición a la radiación y el aumento del riesgo de cáncer de mama (Kotepui, 2016).

El grado de riesgo puede variar, especialmente entre las mujeres con predisposiciones genéticas, como las portadoras de variantes BRCA1 y BRCA2, que pueden mostrar una mayor sensibilidad a la radiación. Se ha concretado que la exposición a radioterapia, particularmente en la zona torácica antes de los 30 años, puede elevar significativamente el riesgo de cáncer de mama (Niederhuber et al., 2020).

#### **e. Consideraciones socioeconómicas**

Es esencial reconocer que la carga de las exposiciones ambientales y las cuestiones de salud conexas, incluido el cáncer de mama, afecta desproporcionadamente a las comunidades minoritarias y de bajos ingresos. Estas poblaciones a menudo enfrentan una mayor exposición a condiciones ambientales peligrosas, lo que puede exacerbar las disparidades de salud relacionadas con el cáncer (Niederhuber et al., 2020; Qin et al., 2021).

- Edad y género

El riesgo de cáncer de mama está significativamente influenciado por la edad y el género, siendo el género femenino el factor de riesgo más sustancial. Aproximadamente el 99% de los casos de cáncer de mama ocurren en mujeres, mientras que los hombres representan sólo del 0,5% al 1% de los diagnósticos. (Du et al., 2002; Goodwin et al., 2002).

La probabilidad de desarrollar cáncer de mama aumenta con la edad, particularmente en las mujeres de 50 a 69 años, que representan la mayoría de los casos diagnosticados. Las mujeres de 40 años o más son casi 1,9 veces más

susceptibles al cáncer de mama en comparación con sus contrapartes más jóvenes menores de 40 años (Du et al., 2002; Du & Goodwin, 2001).

A medida que los individuos envejecen, los modelos de riesgo que predicen la incidencia del cáncer de mama se vuelven más complejos debido a riesgos para la salud que compiten, como las enfermedades cardiovasculares. Esto es particularmente crucial para las mujeres mayores que pueden tener otras comorbilidades que podrían influir tanto en el desarrollo como en la detección del cáncer de mama (D. S. M. Chan et al., 2023; Du & Goodwin, 2001; Goodwin et al., 2002).

La densidad de mamas, que disminuye naturalmente a medida que las mujeres envejecen, también es un factor en el riesgo de cáncer de mama. Los estudios sugieren que una alta densidad prolongada de la mama puede correlacionarse con una mayor probabilidad de desarrollar cáncer de mama más adelante, al decrecer en mayor medida (D. S. M. Chan et al., 2023; Du & Goodwin, 2001; Goodwin et al., 2002).

Además, las tasas de incidencia del cáncer de mama han mostrado variaciones basadas en los orígenes raciales y étnicos entre los diferentes grupos de edad. Por ejemplo, si bien la incidencia entre las mujeres blancas no hispanicas de 50 a 64 años ha disminuido, las tasas entre otros grupos raciales y étnicos, incluidas las indias americanas no hispanicas o las mujeres nativas de Alaska, han mostrado aumentos (Kerlikowske et al., 2024; Vieira et al., 2019)

- Etnia y Geografía

En Estados Unidos, por ejemplo, la incidencia de cáncer de mama muestra una variación significativa por raza y etnia. Las categorías raciales/étnicas utilizadas en estudios epidemiológicos suelen incluir a los indios/atrinenses americanos no hispanos, americanos hispanos, Asia/Islands del Pacífico, poblaciones blancas negras, hispanas y no hispanas. Los datos generalmente, no son reportados para

individuos con clasificaciones raciales desconocidas u otras clasificaciones raciales .

Las mujeres negras no hispanas y blancas no hispanas tienen las tasas de incidencia de cáncer de mama más altas reportadas en los EE.UU. Entre 1999 y 2018, las tasas generales de incidencia del cáncer de mama mostraron una ligera disminución media anual del 0,3%, con tendencias que variaban significativamente entre los diferentes grupos raciales y étnicos. Específicamente, las tasas de incidencia entre las mujeres negras no hispanas, Asia/Islas del Pacífico, han aumentado, mientras que las tasas de mujeres blancas no hispanas y grupos de edad mayores (50-64 años y 75 años) han disminuido.

Además, la investigación indica que las mujeres negras tienen una tasa dos veces mayor de cáncer de mama en estadio avanzado en comparación con sus contrapartes blancas (Anton et al., 2025; BRCA Gene Changes: Cancer Risk and Genetic Testing Fact Sheet - NCI, n.d.; Collins & Politopoulos, 2011).

### **1.3 Clasificación y tratamiento**

La clasificación del cáncer de mama es un aspecto crítico de la oncología que abarca la categorización de esta enfermedad heterogénea en distintos tipos y subtipos, lo que influye en el diagnóstico, el tratamiento y el pronóstico. A lo largo de los años, los métodos de clasificación han evolucionado desde evaluaciones puramente morfológicas hasta incluir características genéticas y moleculares, lo que ha llevado a estrategias terapéuticas más personalizadas y efectivas.

Esta evolución ha sido impulsada por los avances en la investigación médica, la tecnología y una comprensión más profunda de la biología del cáncer, en

particular, la importancia de factores genéticos y el papel de los receptores hormonales en la progresión de la enfermedad (Indu Agarwal & Luis Blanco, 2024; National Cancer Institute, 2025; Rakha et al., 2022).

El cáncer de mama se clasifica principalmente en dos grandes grupos: cánceres no invasivos e invasivos, con varios subtipos que demuestran comportamientos biológicos únicos: los cánceres de mama no invasivos, entre los que destaca el carcinoma ductal in situ (CDIS), permanecen confinados a su sitio original, mientras que los cánceres de mama invasivos pueden extenderse a los tejidos circundantes y órganos distantes. Entre los tipos invasivos, el carcinoma ductal invasivo (IDC) es el más común, representando el 70-80% de los diagnósticos. Además, ha surgido una clasificación molecular, identificando subtipos intrínsecos como el cáncer de mama luminal A, luminal B, HER2 positivo y triple negativo, cada uno con implicaciones pronósticas y respuestas al tratamiento distintos (Araujo et al., 2017; Cserni, 2020).

La importancia de la clasificación se extiende más allá de la precisión diagnóstica; conforma las decisiones de tratamiento y las evaluaciones de riesgo, y las pruebas genéticas desempeñan un papel fundamental en la identificación de personas predisuestas a síndromes hereditarios de cáncer de mama. Cabe destacar que la integración de los principios de la medicina de precisión tiene como objetivo adaptar los tratamientos en función de las características moleculares específicas de cada tumor, esforzándose en última instancia por mejorar los resultados de los pacientes en este complejo panorama de enfermedades (American Cancer Society, 2021).

Sin embargo, existen controversias en torno a la eficacia de ciertos sistemas de clasificación, la confiabilidad de los datos de antecedentes familiares en la evaluación de riesgos y la accesibilidad de las pruebas genéticas, lo que destaca los desafíos continuos para optimizar el manejo del cáncer de mama.

### **a. Antecedentes históricos**

La clasificación del cáncer de mama ha evolucionado significativamente a lo largo de los años, influenciada por los avances en la investigación médica, la tecnología de diagnóstico y una mejor comprensión de la genética del cáncer. Históricamente, el cáncer de mama se clasificó principalmente en función de las observaciones clínicas y las características morfológicas. La dependencia de estos métodos a menudo resultó en limitaciones, ya que no tuvieron en cuenta los complejos factores biológicos y genéticos que influyen en la enfermedad (Indu Agarwal & Luis Blanco, 2024; Rakha et al., 2022).

En el siglo XX, a medida que se desarrollaba el campo de la oncología, los investigadores comenzaron a reconocer la importancia de los antecedentes familiares en la evaluación del riesgo de cáncer de mama. Los estudios indicaron que la exactitud de los antecedentes familiares es de vital importancia, siendo más precisos al provenir de bases de datos en comparación con los datos autoinformados (National Cancer Institute, 2025).

Este reconocimiento de las limitaciones de los antecedentes autoinformados generó un impulso para enfoques más sistemáticos para clasificar y evaluar el riesgo de cáncer de mama en función de factores genéticos y familiares. La introducción de las pruebas de mutaciones BRCA1 y BRCA2 a fines de la década de 1990 marcó un punto de inflexión en la clasificación del cáncer de mama. Estos marcadores genéticos proporcionaron una forma más precisa de identificar a las personas con alto riesgo de síndromes hereditarios de cáncer de mama y ovario, lo que llevó a mejores resultados psicológicos para aquellos que se sometieron a pruebas (Araujo et al., 2017; National Cancer Institute, 2025).

Con el tiempo, se reconocieron factores adicionales como la residencia urbana versus rural y el estatus socioeconómico por su influencia en los resultados del

cáncer de mama, lo que complicó aún más los sistemas de clasificación y enfatizó la necesidad de un enfoque multidimensional para comprender la enfermedad. En los últimos años, los métodos de clasificación se han ampliado para incluir perfiles moleculares y genéticos, lo que permite una categorización más refinada de los subtipos de cáncer de mama en función del comportamiento biológico y la respuesta al tratamiento.

Este marco de clasificación moderno no solo mejora la precisión del diagnóstico, sino que también guía las terapias dirigidas, mejorando los resultados de los pacientes (Cserni, 2020; National Cancer Institute, 2025). La evolución continua de la clasificación del cáncer de mama refleja la investigación en curso y la integración de nuevos conocimientos científicos en la práctica clínica.

## **b. Tipos de cáncer de mama**

El cáncer de mama se puede clasificar ampliamente en dos categorías principales según su alcance: cánceres de mama no invasivos e invasivos. Cada categoría abarca varios subtipos que exhiben diferentes comportamientos, características moleculares y orígenes dentro del tejido mamario.

- Cánceres de mama no invasivos

Los cánceres de mama no invasivos, a menudo denominados cánceres en estadio 0 o carcinomas in situ, representan precursores tempranos del cáncer de mama invasivo. Estos cánceres consisten en células anormales que permanecen confinadas a su sitio original dentro de la mama, como los conductos o lobulillos, y aún no han desarrollado la capacidad de extenderse a los tejidos circundantes u órganos distantes.

El tipo más común de cáncer de mama no invasivo es el CDIS, que se origina en los conductos lácteos y se caracteriza por células cancerosas que no han invadido el tejido mamario circundante (American Cancer Society, 2021; Bleiweiss, 2006).

- Cánceres de mama invasivos

Por el contrario, los cánceres de mama invasivos se definen por su capacidad para diseminarse más allá de su sitio original, infiltrando tejido mamario cercano, ganglios linfáticos y órganos potencialmente distantes, lo que los clasifica como cáncer de mama metastásico cuando se produce la propagación, existiendo múltiples tipos de carcinoma invasivos (Bleiweiss, 2006).

El tipo más frecuente es el IDC, que representa aproximadamente el 70-80% de todos los diagnósticos de cáncer de mama. El IDC generalmente surge de las células de los conductos de la mama y tiene tendencia a hacer metástasis y se presenta como un bulto o masa dura en el seno, y el pronóstico varía según la etapa, el grado y las características moleculares del tumor surge de las células de los conductos de la mama y tiene tendencia a hacer metástasis (Bleiweiss, 2006; Orrantia-Borunda et al., 2022).

Otros tipos destacables son: en primer lugar, el carcinoma lobulillar invasivo (ILC), que se origina en los lobulillos de la mama. Representa alrededor del 10% de los cánceres de mama invasivos y tiende a crecer en un patrón más difuso en comparación con la IDC, lo que puede dificultar su detección (Bleiweiss, 2006; Orrantia-Borunda et al., 2022). Por su parte, el HER2+, se asocia a un comportamiento más agresivo, siendo las terapias dirigidas las más efectivas en este caso (Bleiweiss, 2006).

En la situación opuesta, destaca el triple negativo (CMTN), caracterizado por la ausencia de receptores HER2 y receptores hormonales para estrógeno y progesterona. El CMTN suele ser más agresivo y tiene menos opciones de

tratamiento disponibles en comparación con otros subtipos (Bleiweiss, 2006; Orrantia-Borunda et al., 2022).

Comprender los tipos y subtipos de cáncer de mama es crucial para un diagnóstico, una planificación del tratamiento y una evaluación pronóstica eficaces. Cada subtipo presenta desafíos y consideraciones únicos en el manejo de la enfermedad.

### **c. Clasificación molecular**

La clasificación molecular del cáncer de mama ha surgido como un componente vital para comprender la heterogeneidad de la enfermedad y adaptar las estrategias de tratamiento individualizadas. Este enfoque enfatiza la importancia de los subtipos intrínsecos, que influyen significativamente en el pronóstico y la respuesta terapéutica.

De esta forma, entre los subtipos moleculares, se pueden encontrar el HER2+ y el CMTN (Mayrovitz, 2022). Cada subtipo se caracteriza por características oncogénicas distintas, que tienen implicaciones críticas para las decisiones de tratamiento y los resultados de los pacientes.

Por ejemplo, los tumores con receptores hormonales positivos (ER+ y PR+) a menudo responden favorablemente a la terapia hormonal, mientras que los tumores triple negativos y con sobreexpresión de HER2 se asocian con mal pronóstico y radiorresistencia (Gamble et al., 2021; Hung et al., 2023).

Los subtipos intrínsecos, establecidos mediante análisis transcriptómico, fueron clasificados por primera vez por Perou y sus colegas y desde entonces han sido adoptados en guías clínicas (National Cancer Institute, 2025; Shan et al., 2024). Este sistema de clasificación ayuda a identificar regímenes terapéuticos adecuados, como lo demuestra un estudio que involucró a una cohorte

multinómica de pacientes con cáncer de mama HER2+, que propuso estrategias de tratamiento específicas para subtipos (Shan et al., 2024).

Gracias a todos estos avances, se pudo constatar que las hormonas y los receptores juegan un papel fundamental en el crecimiento y la progresión del cáncer de mama. Los tumores que son receptores hormonales positivos (HR+) son sensibles a las terapias hormonales que inhiben la señalización hormonal (Abe et al., 2011; Mayrovitz, 2022).

Por el contrario, los tumores con receptores hormonales negativos (HR-) carecen de estos receptores y, a menudo, son más agresivos y difíciles de tratar debido a la ineficacia de las terapias hormonales (Mayrovitz, 2022). La clasificación de los tumores en función de su estado de receptores hormonales, como ER positivo (ER+), PR positivo (PR+) y HER2 positivo (HER2+), es crucial para predecir los resultados del tratamiento y guiar las decisiones terapéuticas.

Además, la subtipificación molecular sustituta basada en mediciones inmunohistoquímicas se ha vuelto frecuente en la práctica clínica, lo que permite un medio más accesible para clasificar el cáncer de mama (Gamble et al., 2021; Orsaria et al., 2021).

#### **d. Avances en Medicina de Precisión**

El desarrollo de sistemas de clasificación molecular ha allanado el camino para la medicina de precisión en el tratamiento del cáncer de mama. Al comprender los factores biológicos subyacentes a los diferentes subtipos de cáncer de mama, los médicos pueden desarrollar planes de terapia personalizados que se dirijan a vías específicas involucradas en la progresión del cáncer (Hung et al., 2023).

Los avances recientes, incluido el uso de organoides derivados de pacientes, mejoran aún más el potencial de los tratamientos de precisión dependientes de subtipos, lo que ofrece la esperanza de mejores resultados en pacientes con diversas presentaciones de cáncer de mama (Huan et al., 2025; Shan et al., 2024).

#### **e. Factores genéticos en la clasificación**

Las pruebas genéticas desempeñan un papel crucial en la evaluación del riesgo y el tratamiento del cáncer de mama, en particular en la identificación de personas con predisposiciones hereditarias. Se utiliza principalmente para detectar mutaciones en los genes de susceptibilidad al cáncer, sobre todo BRCA1 y BRCA2, que aumentan significativamente el riesgo de desarrollar cáncer de mama y ovario (Lynch et al., 2015; Papalexis et al., 2024).

Las personas sospechosas de tener cáncer hereditario deben someterse a asesoramiento genético para determinar la idoneidad de las pruebas para ellos y sus familiares (Ross et al., 2003). Para aquellos diagnosticados con cáncer de mama antes de los 65 años, a menudo se recomiendan pruebas genéticas, incluso si no cumplen con todos los criterios establecidos, en función de su probabilidad de portar una variante patógena (Ross et al., 2003).

El descubrimiento de mutaciones genéticas afecta significativamente la evaluación de riesgos y las estrategias de tratamiento. Por ejemplo, las personas portadoras de mutaciones BRCA pueden así recibir una la gestión personalizada, que puede incluir una mayor vigilancia y medidas preventivas para reducir su riesgo de cáncer (Casaubon et al., 2023; Papalexis et al., 2024).

Las pruebas genéticas pueden incluir pruebas de un solo gen o pruebas integrales de panel multigénico para identificar variantes en un espectro de genes de penetrancia alta y moderada asociados con el cáncer de mama (Ross et al., 2003).

Es decir, BRCA1 y BRCA2 son los genes más caracterizados asociados con el riesgo de cáncer de mama, siendo las variantes patógenas comunes entre los casos hereditarios. Sin embargo, existen mutaciones adicionales -como ATM, CDH1, CHEK2, PALB2, PTEN, STK11 y TP53-, que también están relacionadas con una mayor susceptibilidad al cáncer de mama (National Cancer Institute, 2024; Ross et al., 2003).

Otras investigaciones recientes han identificado varios genes expresados diferencialmente asociados con el pronóstico del cáncer de mama. Genes como RACGAP1, SPAG5 y KIF20A se han relacionado con malos resultados y estadificación tumoral avanzada, lo que sugiere su potencial como biomarcadores para la evaluación clínica (Huan et al., 2025). La integración de datos genéticos y moleculares en la clasificación del cáncer de mama mejora la comprensión de sus mecanismos subyacentes y puede conducir a mejores estrategias terapéuticas (Golestan et al., 2024; Huan et al., 2025).

Este enfoque personalizado permite una planificación más precisa del tratamiento de acuerdo con las características moleculares del subtipo de cáncer, como el cáncer de mama con receptor hormonal positivo, HER2 positivo o triple negativo (CMTN) (Golestan et al., 2024; Ross et al., 2003).

#### **f. Estadificación del cáncer de mama**

La estadificación es un proceso crítico para determinar la extensión del cáncer de mama en el cuerpo y las opciones de tratamiento adecuadas. Describe la gravedad del cáncer y ayuda a agrupar cánceres con pronósticos y planes de tratamiento similares (Rakha et al., 2023).

El Comité Conjunto Estadounidense sobre el Cáncer y la Unión Internacional contra el Cáncer recomiendan el sistema TNM para estadificar el cáncer de

mama, que clasifica el cáncer en función de tres factores clave: tamaño del tumor (T), afectación de los ganglios linfáticos (N) y metástasis (M) (Rakha et al., 2023).

### 1. Descripción general del sistema TNM

El sistema de clasificación TNM evalúa las características del tumor primario, la presencia de cáncer en los ganglios linfáticos cercanos y si el cáncer se ha diseminado a órganos distantes (Rakha et al., 2023):

- **Tumor primario (T):** Las características del tumor primario es uno de los factores pronósticos con mayor relevancia. Se diferencian cuatro estadios:

TX: tumor primario no valorable

T0: sin evidencia de tumor primario

Tis: Carcinoma in situ

T1: menos de 2cm de diámetro máximo.

T1a: 0,5cm

T1b: 0,5cm – 1cm

T1c: 1cm – 2cm

T2: entre 2 y 5cm.

T3: más de 5cm.

T4: Hace referencia a la extensión a áreas adyacentes.

T4a: extensión a pared torácica

T4b: Piel de naranja, ulceración, nódulos

T4c: T4a+T4b

T4d: cáncer inflamatorio de la mama

- **Ganglios linfáticos (N):** La estadificación de los ganglios linfáticos evalúa si el cáncer se diseminó a los ganglios linfáticos de las axilas o las áreas circundantes. Esto es crucial ya que la afectación de los ganglios linfáticos a menudo indica una etapa más alta y un pronóstico más severo.

N1: ganglio axilar metastásico ipsilateral

N2: conglomerado adenopático axilar ipsilateral

N3: ganglio metastásico infra y supraclavicular

- **Metástasis (M):** La clasificación de metástasis evalúa si el cáncer se ha diseminado a sitios distantes en el cuerpo (M1) o no (M0), lo cual es un factor importante para determinar la etapa del cáncer y su pronóstico. Su estudio viene establecido por la estadificación tumoral, que se desgana a continuación.

- o Etapas del cáncer de mama

El cáncer de mama se clasifica en cinco etapas principales, utilizando números romanos I a IV, y la etapa 0 representa la enfermedad preinvasiva (Araujo et al., 2017; A. Chan et al., 2016; Rakha et al., 2023; Sparano et al., 2018):

- **Etapa 0:** Enfermedad in situ, como CDIS o enfermedad de Paget del pezón.
- **Estadios I:** Temprano. Poca o nula afectación ganglionar
- **Estadio II:** Localizado, con afectación de ganglios linfáticos.
- **Estadio III:** Localmente avanzado. Mayor afectación ganglionar o invasión de tejidos adyacentes.
- **Etapa IV:** Metastásico. Diseminado a otras partes del cuerpo, independientemente del tamaño y afectación ganglionar.

La estadificación precisa es esencial para guiar las decisiones de tratamiento y estimar el pronóstico. La **estadificación clínica** (cTNM) implica pruebas realizadas antes de la cirugía, como mamografías o tomografías computarizadas, mientras que la **estadificación patológica** (pTNM) ocurre después de la cirugía y generalmente se considera más precisa.

El informe de patología incluye información crítica como el tamaño del tumor, el grado y la presencia de biomarcadores específicos, que colectivamente ayudan a determinar la etapa del cáncer y el enfoque de tratamiento más efectivo. A medida que los tratamientos y las tecnologías de diagnóstico continúen

evolucionando, la precisión y la interpretación de la estadificación también mejorarán, lo que podría afectar el pronóstico y los resultados del tratamiento para pacientes con cáncer de mama (Araujo et al., 2017; A. Chan et al., 2016; Rakha et al., n.d.; Sparano et al., 2018).

#### **g. Tratamiento y manejo clínico**

Los tratamientos contra el cáncer de mama han evolucionado significativamente a lo largo de los años, ofreciendo una gama de opciones adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes. Las modalidades de tratamiento suelen incluir cirugía, radioterapia, quimioterapia, terapia hormonal, terapia dirigida, terapia combinada y, más recientemente, inmunoterapia (Liu et al., 2022).

La elección del tratamiento está influenciada por varios factores, incluyendo el tipo y estadio del cáncer, el estado de los receptores hormonales y la salud general del paciente. A lo largo de los años, los avances en investigación y tecnología han llevado a mejoras significativas en la eficacia del tratamiento, en última instancia mejorando las tasas de supervivencia y la calidad de vida de muchos pacientes (Burguin et al., 2021).

La cirugía sigue siendo una piedra angular en el tratamiento del cáncer de mama, a menudo implica la extirpación del tumor y el tejido circundante. Las opciones quirúrgicas pueden ir desde la lumpectomía, que conserva la mayor parte de la mama, hasta la mastectomía, que implica la extirpación de una o ambos senos -y en lo cual se profundizará próximamente-.

A menudo son combinadas con terapias adyuvantes como la radiación para minimizar el riesgo de recurrencia (Burguin et al., 2021). Esta radioterapia postoperatoria se emplea con frecuencia para eliminar las células cancerosas

residuales y reducir el riesgo de recurrencia, particularmente en pacientes que se han sometido a cirugía de conservación de la mama.

La quimioterapia se puede indicar en casos de cáncer de mama agresivo o avanzado. Funciona dirigiéndose a células que dividen rápidamente, ayudando así a reducir tumores o a prevenir la metástasis. Por otra parte, la terapia hormonal es vital para pacientes con tumores hormonales positivos.

Para el cáncer de mama con receptores hormonales positivo, la terapia endocrina es crítica y se puede administrar en varias etapas del tratamiento, incluyendo como primera línea, mantenimiento o terapia de segunda línea. Este enfoque es vital para prolongar la supervivencia y mejorar la calidad de vida de las pacientes con cáncer de mama metastásico de HR (Liu et al., 2022).

Las terapias dirigidas, que se centran en características específicas de células cancerosas, han surgido como una vía prometedora, ofreciendo enfoques de tratamiento personalizados que pueden mejorar los resultados de los pacientes. La inmunoterapia también está ganando tracción, particularmente para subtipos como el cáncer de mama triple negativo, donde las opciones de tratamiento tradicionales pueden ser limitadas (Ye et al., 2023).

Estas terapias han demostrado ser prometedoras en el tratamiento de varios subtipos de cáncer de mama, ofreciendo estrategias de tratamiento más personalizadas (Burguin et al., 2021; Ye et al., 2023). Adicionalmente, estos tratamientos dirigidos suelen funcionar mejor en combinación con quimioterapia o terapia hormonal, mejorando su eficacia y reduciendo los efectos secundarios (Y. Wang & Minden, 2022).

Muchos planes de tratamiento emplean terapias combinadas, donde se utilizan diferentes modalidades de tratamiento juntos. Este enfoque suele ser más eficaz que las terapias de un solo agente y puede ayudar a reducir los niveles de toxicidad durante el tratamiento a largo plazo. La investigación en curso continúa

explorando nuevas combinaciones para mejorar la eficacia del tratamiento y mejorar los resultados de los pacientes (Y. Wang & Minden, 2022).

A pesar de estos avances, el tratamiento del cáncer de mama no está exento de polémica. Las disparidades en el acceso a la atención, las variaciones en las recomendaciones de tratamiento y las diferentes opiniones sobre el uso de ciertas terapias crean complejidades en la toma de decisiones tanto para los pacientes como para los proveedores de atención médica (Y. Wang & Minden, 2022).

Además, las preocupaciones sobre los posibles efectos secundarios y el manejo de las consecuencias a largo plazo para la salud complican aún más el panorama del tratamiento, lo que requiere un enfoque centrado en el paciente que permite a las personas tomar decisiones informadas sobre su atención (Cardoso et al., 2019; Y. Wang & Minden, 2022).

En resumen, los tratamientos contra el cáncer de mama se han convertido en un enfoque multifacético que integra varias opciones terapéuticas adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes. A medida que la investigación en curso continúa refinando y ampliando las posibilidades de tratamiento, la importancia de la atención personalizada y la toma de decisiones colaborativas sigue siendo primordial para lograr resultados óptimos para las pacientes con cáncer de mama.

## **1.4 Manejo quirúrgico y médico**

### **1.4.1 Mastectomía radical y alternativas**

La mastectomía radical es un procedimiento quirúrgico utilizado principalmente en el tratamiento del cáncer de mama localmente avanzado, caracterizado por la extirpación extensa del tejido mamario, incluyendo el pezón y los ganglios linfáticos circundantes (Keelan et al., 2021). Esta intervención, que fue históricamente el enfoque estándar del tratamiento del cáncer de mama, está

especialmente indicada cuando existe un riesgo significativo de metástasis del cáncer en los ganglios linfáticos axilares, que son críticos para determinar el pronóstico y guiar las decisiones quirúrgicas (Ryu et al., 2025).

A pesar de su eficacia, la mastectomía radical se ha convertido en un tema de debate permanente debido a la aparición de alternativas menos invasivas, como la mastectomía radical modificada y la cirugía oncoplástica, que tienen como objetivo reducir la morbilidad manteniendo la eficacia oncológica (Wignarajah et al., 2023).

Uno de los aspectos más estudiados y controversiales es la resección de nódulos. El alcance de la enfermedad metastásica dentro del ganglio linfático centinela es crucial para el pronóstico y la toma de decisiones quirúrgicas. La afectación nodal se clasifica como macrometastásica (más de 2 mm), micrometastásica (menos de 2 mm) o como células tumorales aisladas.

A la luz de los hallazgos de ensayos como IBCSG 23-01 y AATRM 048, se ha determinado que la disección de ganglios linfáticos axilares (ALND) no proporciona un beneficio de supervivencia para los pacientes con enfermedad micrometastática (Keelan et al., 2021).

Otros estudios recientes también sugieren que para ciertos pacientes con enfermedad micrometastática, la omisión de la disección de ganglios linfáticos axilares puede no afectar negativamente las tasas de supervivencia, llevando a muchos cirujanos a reconsiderar los enfoques radicales tradicionales en favor de opciones menos invasivas. (T. Li & Li, 2025; Wignarajah et al., 2023).

Sin embargo, la investigación ha demostrado que la presencia de micrometástasis se correlaciona con la disminución de las tasas de supervivencia global, y algunos estudios han expresado su preocupación de que no extirpar la enfermedad ganglionar puede conducir a resultados adversos (Keelan et al., 2021).

En la actualidad, la decisión de realizar una mastectomía radical no se basa únicamente en indicaciones clínicas, sino que también implica un proceso de toma de decisiones colaborativa entre los pacientes y sus proveedores de atención médica, incorporando preferencias de los pacientes y circunstancias individuales. Ya que, a mayores de la extensión de la enfermedad, otros factores influyen en la decisión de realizar una mastectomía radical (T. Li & Li, 2025; Wignarajah et al., 2023).

Estos incluyen consideraciones relacionadas con el paciente, tales como características tumorales, tamaño y forma de la mama, IMC y comorbilidades. Una evaluación exhaustiva de estas variables es esencial, ya que impactan el proceso de curación y la capacidad del paciente para tolerar tratamientos adyuvantes posteriores como quimioterapia y radioterapia (Ryu et al., 2025).

En particular, cabe destacar que las implicaciones psicológicas de la mastectomía radical también contribuyen a su notoriedad, ya que muchos pacientes reportan una angustia emocional significativa y alteración de la imagen corporal siguiendo el procedimiento, lo que plantea preocupaciones sobre el impacto a largo plazo en la calidad de vida (Wignarajah et al., 2023).

En última instancia, la decisión de proceder con la mastectomía radical implica un proceso de toma de decisiones compartida entre el paciente y el cirujano, teniendo en cuenta las últimas evidencias clínicas y las circunstancias individuales del paciente. Este enfoque colaborativo tiene como objetivo alinear los objetivos quirúrgicos con las preferencias de los pacientes, asegurando que se proporciona información completa para facilitar opciones informadas sobre las opciones de tratamiento (Wignarajah et al., 2023).

#### **a. Consideraciones postoperatorias, riesgos y complicaciones**

Después de una mastectomía radical, los pacientes suelen tener drenajes quirúrgicos colocados para controlar la acumulación de líquidos, que se retiran después de una semana a diez días. Los pacientes también reciben asesoramiento sobre prácticas de autocuidado y apoyo emocional, que juegan un papel crucial en la recuperación.

El apoyo a la salud mental es vital, ya que los pacientes pueden experimentar desafíos emocionales significativos después de la cirugía. El proceso de toma de decisiones sobre el tipo de cirugía a menudo considera factores específicos del paciente, incluyendo radioterapia previa y preferencias individuales, que pueden influir en la elección entre opciones de reconstrucción inmediatas o retrasadas (Mennati et al., 2025).

La mastectomía radical, al tiempo que realiza una intervención quirúrgica eficaz para el cáncer de mama, conlleva varios riesgos y complicaciones que pueden afectar tanto el bienestar físico como psicológico.

- Complicaciones quirúrgicas: Las complicaciones asociadas a la cirugía de mama generalmente varían de una gravedad leve a moderada. Estos incluyen cuestiones postoperatorias como infección, formación de seromas y necrosis (Keelan et al., 2021). Además, los pacientes sometidos a quimioterapia neoadyuvante (NACT) pueden experimentar mayores complicaciones quirúrgicas, lo que conlleva retrasos en los tratamientos adyuvantes posteriores (Wignarajah et al., 2023).

- Impacto psicológico: Las manifestaciones psicológicas de la mastectomía radical pueden ser significativas. Muchos pacientes reportan experimentar ansiedad, depresión y alteraciones en la imagen corporal después de la cirugía. En particular, las mujeres que se han sometido a una mastectomía reportan mayores dificultades con el deseo y la función sexuales en comparación con las que no han tenido el procedimiento. Además, la pérdida de las funciones normales de los senos y los cambios en la imagen corporal pueden conducir a

una angustia psicológica a largo plazo, incluso entre aquellos que en última instancia están satisfechos con sus decisiones quirúrgicas (Brandberg et al., 2008)

- Consecuencias a largo plazo: Además de complicaciones inmediatas, la mastectomía radical puede conducir a problemas de salud a largo plazo, como el linfedema, que pueden afectar el brazo en el lado quirúrgico. Esta afección puede causar hinchazón crónica y malestar, complicando aún más la recuperación y la calidad de vida (Keelan et al., 2021). Además, el inicio abrupto de la menopausia quirúrgica debido a procedimientos simultáneos como la salpingooforectomía profiláctica bilateral puede inducir síntomas angustiosos como sofocos e insomnio (King et al., 2011; Rebbeck et al., 2004)

#### **b. Alternativas a la mastectomía radical**

A lo largo de los años han surgido numerosas alternativas a la mastectomía radical tradicional, centrándose en técnicas quirúrgicas menos invasivas que tienen como objetivo proporcionar un tratamiento eficaz para el cáncer de mama, minimizando al mismo tiempo la morbilidad y preservando la calidad de vida.

A su vez, es importante reseñar la notable variabilidad en las prácticas quirúrgicas relacionadas con el cáncer de mama en diferentes regiones. Por ejemplo, como el tamaño y la densidad de los senos pueden variar significativamente por etnia, las técnicas quirúrgicas preferidas también pueden diferir.

La investigación de estas tendencias es vital para avanzar en las prácticas quirúrgicas y garantizar que sean culturalmente apropiadas y eficaces para diversas poblaciones. Los esfuerzos de colaboración entre los profesionales de la salud de diversas especialidades son esenciales para alinear las prácticas de tratamiento con las necesidades y consideraciones culturales de los pacientes, promoviendo un enfoque más integral de la atención del cáncer (J. Lee et al.,

2025). A continuación se describen brevemente algunas de las alternativas y variantes más empleadas.

- Mastectomía radical modificada: Una alternativa significativa es la mastectomía radical modificada (MRM), que implica la extirpación de todos los ganglios linfáticos de la mama y la axilar mientras se preserva el músculo mayor pectoralis. Este enfoque fue introducido por David Patey y se ha convertido en una práctica estándar debido a su menor morbilidad en comparación con la mastectomía radical Halsted, que fue el procedimiento convencional durante gran parte del siglo XX. El MRM mantiene resultados oncológicos similares al tiempo que mejora los resultados cosméticos y reduce las complicaciones postoperatorias. (Ernard et al., 2002; Keelan et al., 2021; T. Li & Li, 2025)

- Cirugía oncoplástica: La cirugía oncoplástica es otro enfoque innovador que combina consideraciones oncológicas y estéticas, abordando tres objetivos principales para las pacientes con cáncer de mama: lograr resultados oncológicos óptimos, asegurar resultados cosméticos favorables y minimizar los retrasos en los tratamientos adyuvantes (Wignarajah et al., 2023).

Los estudios han demostrado que los pacientes sometidos a resección oncoplástica reportan mayor satisfacción con la apariencia mamaria y experimentan tasas más bajas de complicaciones en comparación con aquellos que se someten a cirugías estándar de conservación de senos (BCS) (J. Wang et al., 2024). Además, las cirugías oncoplásticas se han asociado con menores tasas de márgenes positivos y reconstrucciones (Burguin et al., 2021).

- Cirugía de conservación de mamas (Lumpectomía): La cirugía de conservación de mamas, incluyendo lumpectomía, es una opción menos invasiva que elimina sólo el tumor y un pequeño margen de tejido circundante. Este enfoque ha ganado popularidad a medida que los avances en el cribado y las técnicas quirúrgicas permiten un tratamiento eficaz contra el cáncer sin necesidad de una mastectomía completa. De hecho, muchos pacientes ahora

pueden elegir la lumpectomía seguida de radioterapia en lugar de una mastectomía radical, proveyendo resultados oncológicos comparables con el beneficio añadido de preservar más tejido mamario (Ernard et al., 2002).

- Técnicas mínimamente invasivas: Las técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas también se están volviendo más prevalentes en el tratamiento del cáncer de mama. Estos procedimientos, que incluyen técnicas como la ablación de microondas y la ablación láser, tienen como objetivo tratar tumores más pequeños con un impacto físico reducido, llevando a tiempos de recuperación más rápidos y mejores resultados cosméticos (T. Li & Li, 2025). La integración de tecnologías avanzadas de imagen y cirugía asistida por robot mejora aún más la precisión y eficacia de estas opciones mínimamente invasivas, permitiendo una mejor localización y escisión tumorales al tiempo que minimizan las molestias de los pacientes (T. Li & Li, 2025; Ryu et al., 2025).

#### **1.4.2 Resultados y pronóstico**

El pronóstico para las pacientes con cáncer de mama ha mejorado significativamente en las últimas décadas, con tasas de mortalidad disminuyendo a pesar de la creciente incidencia de la enfermedad. Esta disminución se atribuye en gran medida a estrategias intervencionistas efectivas como el cribado temprano y el advenimiento de las terapias sistémicas adyuvantes, que facilitan el diagnóstico y tratamiento más tempranos del cáncer de mama, incluso antes de que se produzca una enfermedad micrometastásica (Keelan et al., 2021; Ryu et al., 2025; Wignarajah et al., 2023).

- Impacto quirúrgico en la calidad de la vida: El tipo de intervención quirúrgica elegida puede influir significativamente en la calidad de vida de un paciente a largo plazo. Los estudios han demostrado que las mujeres jóvenes que se someten a la mastectomía, ya sea unilateral o bilateral, tienden a reportar puntuaciones de menor calidad de vida en comparación con las que optan por la

cirugía de conservación de senos (Morrow, 2021). Esto sugiere que el enfoque quirúrgico no sólo impacta los resultados de supervivencia, sino que también tiene implicaciones psicosociales duraderas para los sobrevivientes. La mejora de la calidad de vida a menudo está vinculada a la reconstrucción inmediata de los senos, que fomenta un mejor bienestar psicosocial, sexual y físico (Brandberg et al., 2008; Morrow, 2021; Wignarajah et al., 2023).

- Complicaciones y efectos a largo plazo: Si bien las técnicas quirúrgicas, como la reconstrucción basada en el implante, son más sencillas y rápidas de realizar, vienen con una mayor tasa de complicación, reportada en aproximadamente un 25% en general, incluyendo una tasa media de pérdida de implantes del 9% en auditorías recientes. La reconstrucción autóloga, aunque potencialmente ofrece mejores resultados estéticos y funcionales, plantea su propio conjunto de desafíos, como tiempos operativos más largos y complicaciones asociadas con la anatomía del sitio donante y la microcirugía. Ambos enfoques tienen implicaciones para la recuperación de los pacientes y la satisfacción general con sus resultados quirúrgicos (Allen, 2025).

#### **a. Factores que influyen en el pronóstico**

Varios factores influyen en el pronóstico más allá del abordaje quirúrgico, incluyendo el estadio del cáncer en el momento del diagnóstico, el número de ganglios linfáticos positivos y el plan de tratamiento general. Otros factores como las preferencias y valores del paciente en la toma de decisiones clínicas han cobrado importancia, destacando la necesidad de procesos de toma de decisiones compartidos que tengan en cuenta no sólo los factores clínicos sino también el bienestar psicológico y emocional del paciente.

- Sistemas de apoyo psicológico: Los sistemas de apoyo psicológico son esenciales para las personas sometidas a tratamiento para el cáncer de mama, especialmente después de la mastectomía radical. Estos sistemas tienen como

objetivo abordar los desafíos emocionales y psicológicos que enfrentan los pacientes durante y después de su paso por el cáncer (Brandberg et al., 2008; Movahed et al., 2025; J. Wang et al., 2024).

- Terapia y Asesoramiento Individuales: La terapia individual proporciona un espacio seguro y confidencial para que las pacientes discutan sus miedos y desafíos relacionados con el tratamiento del cáncer de mama. A través de la consejería, los pacientes pueden expresar sus pensamientos y sentimientos con respecto a su enfermedad, cambios corporales y ajustes necesarios en la vida. Este enfoque terapéutico no sólo valida sus experiencias, sino que también les ayuda a sentirse apoyados durante todo su proceso. Los proveedores de atención médica pueden conectar a los pacientes con profesionales de la salud mental, como trabajadores sociales o psicólogos, que pueden ofrecer apoyo emocional especializado y estrategias de afrontamiento (Morrow, 2021; J. Wang et al., 2024).

- Apoyo en grupo y conexiones de pares: Los grupos de apoyo, ya sean en persona o en línea, ofrecen valiosas oportunidades para que los sobrevivientes de cáncer compartan sus experiencias y estrategias de afrontamiento. Programas como el Alcance a la Recuperación de la Sociedad Americana del Cáncer conectan a los pacientes con voluntarios que han experimentado experiencias similares, fomentando un sentido de comunidad y comprensión. Los grupos de apoyo en línea también han ganado popularidad, proporcionando una plataforma para que las personas se comuniquen, compartan recursos y reduzcan los sentimientos de soledad y ansiedad. La investigación indica que las intervenciones de apoyo entre pares pueden aliviar significativamente los síntomas de la depresión, mejorando el bienestar emocional general de los participantes (Movahed et al., 2025).

- Enfoques de psicología positiva: Además de los métodos terapéuticos tradicionales, la psicología positiva juega un papel crucial en el manejo de las consecuencias emocionales del tratamiento del cáncer. Al enfatizar las fortalezas y fomentar una perspectiva optimista, la psicología positiva ayuda

a los individuos a adaptarse emocional y psicológicamente a sus circunstancias. Los estudios han demostrado que intervenciones como la terapia cognitiva basada en el mindfulness pueden mejorar la resiliencia psicológica y la autoeficacia entre las pacientes de cáncer de mama que se someten a quimioterapia. Tales estrategias alientan a los pacientes a desarrollar sus propios planes de afrontamiento, priorizar su salud y participar en la resolución de problemas con una mentalidad positiva (Brandberg et al., 2008; Movahed et al., 2025; J. Wang et al., 2024).

- Terapias complementarias: La terapia artística es otra herramienta valiosa en el arsenal de apoyo psicológico. Esta forma expresiva de terapia permite a los pacientes explorar sus emociones a través de salidas creativas, promoviendo la relajación y el bienestar psicológico. Muchas instalaciones de atención al cáncer ofrecen ahora programas de terapia artística, que pueden estar disponibles tanto en persona como a través de sesiones virtuales, aumentando así la accesibilidad para los pacientes de las zonas rurales (Movahed et al., 2025; J. Wang et al., 2024).

- Social y Cultural: La mastectomía radical, como intervención quirúrgica para el cáncer de mama, tiene implicaciones sociales y culturales significativas. La aceptación y percepción de este procedimiento puede variar ampliamente entre diferentes culturas y comunidades, influenciadas por factores como la etnia, el estatus socioeconómico y las creencias de salud imperantes (Bellver-Pérez et al., 2019).

- Actitudes culturales hacia la mastectomía: En muchas culturas, el cáncer de mama a menudo se asocia con el estigma, que puede llevar a sentimientos de vergüenza o insuficiencia para los afectados. Este estigma puede disuadir a los individuos de buscar asesoramiento médico oportuno u optar por intervenciones quirúrgicas como mastectomía radical. En algunas comunidades, el énfasis en la feminidad y la imagen corporal puede complicar aún más las

respuestas emocionales y psicológicas a la mastectomía, destacando la necesidad de enfoques de salud culturalmente sensibles (Brandberg et al., 2008).

- Impacto en el bienestar psicológico: Los efectos psicológicos de someterse a una mastectomía radical pueden ser profundos, afectando no sólo al individuo sino también a sus familias y círculos sociales. Las técnicas cognitivo-conductuales han demostrado eficacia para aliviar los síntomas relacionados con la ansiedad y la depresión en pacientes post-cirugía, enfatizando la importancia del apoyo psicológico en conjunción con el tratamiento físico. Comprender la trayectoria psicológica a largo plazo después de tales procedimientos es crucial, ya que esto puede servir de base para sistemas de apoyo más adaptados que tengan en cuenta las variables demográficas y los antecedentes culturales (Bellver-Pérez et al., 2019).

El pronóstico para las pacientes con cáncer de mama ha mejorado significativamente en las últimas décadas, con tasas de mortalidad disminuyendo a pesar de la creciente incidencia de la enfermedad. Esta disminución se atribuye en gran medida a estrategias intervencionistas efectivas como el cribado temprano y el advenimiento de las terapias sistémicas adyuvantes, que facilitan el diagnóstico y tratamiento más tempranos del cáncer de mama, incluso antes de que se produzca una enfermedad micrometastásica (Keelan et al., 2021; Ryu et al., 2025; Wignarajah et al., 2023).

- Impacto quirúrgico en la calidad de la vida: El tipo de intervención quirúrgica elegida puede influir significativamente en la calidad de vida de un paciente a largo plazo. Los estudios han demostrado que las mujeres jóvenes que se someten a la mastectomía, ya sea unilateral o bilateral, tienden a reportar puntuaciones de menor calidad de vida en comparación con las que optan por la cirugía de conservación de senos (Morrow, 2021). Esto sugiere que el enfoque quirúrgico no sólo impacta los resultados de supervivencia, sino que también tiene implicaciones psicosociales duraderas para los sobrevivientes. La mejora de

la calidad de vida a menudo está vinculada a la reconstrucción inmediata de los senos, que fomenta un mejor bienestar psicosocial, sexual y físico (Brandberg et al., 2008; Morrow, 2021; Wignarajah et al., 2023).

- Complicaciones y efectos a largo plazo: Si bien las técnicas quirúrgicas, como la reconstrucción basada en el implante, son más sencillas y rápidas de realizar, vienen con una mayor tasa de complicación, reportada en aproximadamente un 25% en general, incluyendo una tasa media de pérdida de implantes del 9% en auditorías recientes. La reconstrucción autóloga, aunque potencialmente ofrece mejores resultados estéticos y funcionales, plantea su propio conjunto de desafíos, como tiempos operativos más largos y complicaciones asociadas con la anatomía del sitio donante y la microcirugía. Ambos enfoques tienen implicaciones para la recuperación de los pacientes y la satisfacción general con sus resultados quirúrgicos (Allen, 2025).

#### **b. Factores que influyen en el pronóstico**

Varios factores influyen en el pronóstico más allá del abordaje quirúrgico, incluyendo el estadio del cáncer en el momento del diagnóstico, el número de ganglios linfáticos positivos y el plan de tratamiento general. Otros factores como las preferencias y valores del paciente en la toma de decisiones clínicas han cobrado importancia, destacando la necesidad de procesos de toma de decisiones compartidos que tengan en cuenta no sólo los factores clínicos sino también el bienestar psicológico y emocional del paciente.

- Sistemas de apoyo psicológico: Los sistemas de apoyo psicológico son esenciales para las personas sometidas a tratamiento para el cáncer de mama, especialmente después de la mastectomía radical. Estos sistemas tienen como objetivo abordar los desafíos emocionales y psicológicos que enfrentan los pacientes durante y después de su paso por el cáncer (Brandberg et al., 2008; Movahed et al., 2025; J. Wang et al., 2024).

- Terapia y Asesoramiento Individuales: La terapia individual proporciona un espacio seguro y confidencial para que las pacientes discutan sus miedos y desafíos relacionados con el tratamiento del cáncer de mama. A través de la consejería, los pacientes pueden expresar sus pensamientos y sentimientos con respecto a su enfermedad, cambios corporales y ajustes necesarios en la vida. Este enfoque terapéutico no sólo valida sus experiencias, sino que también les ayuda a sentirse apoyados durante todo su proceso. Los proveedores de atención médica pueden conectar a los pacientes con profesionales de la salud mental, como trabajadores sociales o psicólogos, que pueden ofrecer apoyo emocional especializado y estrategias de afrontamiento (Morrow, 2021; J. Wang et al., 2024).

- Apoyo en grupo y conexiones de pares: Los grupos de apoyo, ya sean en persona o en línea, ofrecen valiosas oportunidades para que los sobrevivientes de cáncer compartan sus experiencias y estrategias de afrontamiento. Programas como el Alcance a la Recuperación de la Sociedad Americana del Cáncer conectan a los pacientes con voluntarios que han experimentado experiencias similares, fomentando un sentido de comunidad y comprensión. Los grupos de apoyo en línea también han ganado popularidad, proporcionando una plataforma para que las personas se comuniquen, compartan recursos y reduzcan los sentimientos de soledad y ansiedad. La investigación indica que las intervenciones de apoyo entre pares pueden aliviar significativamente los síntomas de la depresión, mejorando el bienestar emocional general de los participantes (Movahed et al., 2025).

- Enfoques de psicología positiva: Además de los métodos terapéuticos tradicionales, la psicología positiva juega un papel crucial en el manejo de las consecuencias emocionales del tratamiento del cáncer. Al enfatizar las fortalezas y fomentar una perspectiva optimista, la psicología positiva ayuda a los individuos a adaptarse emocional y psicológicamente a sus circunstancias. Los estudios han demostrado que intervenciones como la terapia cognitiva basada en el mindfulness pueden mejorar la resiliencia psicológica y la

autoeficacia entre las pacientes de cáncer de mama que se someten a quimioterapia. Tales estrategias alientan a los pacientes a desarrollar sus propios planes de afrontamiento, priorizar su salud y participar en la resolución de problemas con una mentalidad positiva (Brandberg et al., 2008; Movahed et al., 2025; J. Wang et al., 2024).

- Terapias complementarias: La terapia artística es otra herramienta valiosa en el arsenal de apoyo psicológico. Esta forma expresiva de terapia permite a los pacientes explorar sus emociones a través de salidas creativas, promoviendo la relajación y el bienestar psicológico. Muchas instalaciones de atención al cáncer ofrecen ahora programas de terapia artística, que pueden estar disponibles tanto en persona como a través de sesiones virtuales, aumentando así la accesibilidad para los pacientes de las zonas rurales (Movahed et al., 2025; J. Wang et al., 2024).

- Social y Cultural: La mastectomía radical, como intervención quirúrgica para el cáncer de mama, tiene implicaciones sociales y culturales significativas. La aceptación y percepción de este procedimiento puede variar ampliamente entre diferentes culturas y comunidades, influenciadas por factores como la etnia, el estatus socioeconómico y las creencias de salud imperantes (Bellver-Pérez et al., 2019).

- Actitudes culturales hacia la mastectomía: En muchas culturas, el cáncer de mama a menudo se asocia con el estigma, que puede llevar a sentimientos de vergüenza o insuficiencia para los afectados. Este estigma puede disuadir a los individuos de buscar asesoramiento médico oportuno u optar por intervenciones quirúrgicas como mastectomía radical. En algunas comunidades, el énfasis en la feminidad y la imagen corporal puede complicar aún más las respuestas emocionales y psicológicas a la mastectomía, destacando la necesidad de enfoques de salud culturalmente sensibles (Brandberg et al., 2008).

- Impacto en el bienestar psicológico: Los efectos psicológicos de someterse a una mastectomía radical pueden ser profundos, afectando no sólo al

individuo sino también a sus familias y círculos sociales. Las técnicas cognitivo-conductuales han demostrado eficacia para aliviar los síntomas relacionados con la ansiedad y la depresión en pacientes post-cirugía, enfatizando la importancia del apoyo psicológico en conjunción con el tratamiento físico. Comprender la trayectoria psicológica a largo plazo después de tales procedimientos es crucial, ya que esto puede servir de base para sistemas de apoyo más adaptados que tengan en cuenta las variables demográficas y los antecedentes culturales (Bellver-Pérez et al., 2019).

## **1.5 Sistema linfático**

El cáncer de mama es uno de los tumores malignos más comunes que afectan a las mujeres a nivel mundial, con una vía primaria para su diseminación a través del sistema linfático. Este sistema juega un papel crítico en la metástasis linfática, que a menudo se asocia con malos resultados de supervivencia en pacientes con cáncer de mama (Chaudhari et al., 2024; Cong et al., 2025).

Esto requiere la monitorización de los ganglios linfáticos centinela durante los procedimientos quirúrgicos para determinar el alcance de la propagación del cáncer (S. L. Chen et al., 2006; Krag et al., 2010; Mehralivand et al., 2018). Por ello, entender la anatomía y la función del sistema linfático es fundamental para la planificación eficaz del tratamiento y el manejo de pacientes con cáncer de mama.

### **1.5.1 Función y relevancia clínica**

Las funciones principales del sistema linfático incluyen el mantenimiento del equilibrio de líquidos tisulares, la absorción de grasas dietéticas y la facilitación de respuestas inmunitarias (Natale et al., 2021). En el contexto del cáncer de

mama, el sistema linfático es particularmente importante porque las células cancerosas pueden diseminarse a través de los canales linfáticos.

Normalmente, viajan a través de vasos y ganglios linfáticos regionales, lo que conduce a menudo a metástasis en los ganglios linfáticos cercanos, incluyendo aquellos situados debajo del brazo, dentro de la mama, y cerca de la clavícula (Medline Plus. National Library of Medicine, 2024).

Adicionalmente, la linfangiogénesis (formación de nuevos vasos linfáticos) es un factor clave en la metástasis del cáncer de mama, ya que está relacionado con peores resultados de supervivencia en individuos afectados (Cong et al., 2025). La linfangiogénesis está inducida por células cancerosas, y se ha relacionado con la diseminación agresiva de los tumores y la identificación de biomarcadores específicos asociados a este proceso (PDPN) (Cong et al., 2025; Habel et al., 2006).

Estos biomarcadores no sólo facilitan la comprensión del proceso metastásico, sino que también sirven como posibles dianas para intervenciones terapéuticas destinadas a interrumpir la diseminación de células cancerosas a través del sistema linfático. Además, la complejidad del sistema linfático se subraya por la variabilidad en su estructura y función, que puede diferir entre los individuos y influir en el pronóstico del cáncer y los resultados del tratamiento (Natale et al., 2021; Rahman & Mohammed, 2015).

La implicación del sistema linfático en la metástasis del cáncer de mama pone de manifiesto la necesidad de estudios integrales que exploren su composición celular y su significación clínica, ya que este conocimiento puede servir de base para las estrategias de manejo de las pacientes afectadas (Rahman & Mohammed, 2015). En general, la comprensión del papel del sistema linfático en el cáncer de mama es crucial para desarrollar terapias eficaces y mejorar la atención al paciente.

### 1.5.2 Anatomía del sistema linfático

El sistema linfático es un componente esencial del sistema inmunitario del cuerpo y desempeña un papel crucial en el equilibrio de los líquidos. Consiste en una red de vasos linfáticos, ganglios linfáticos y órganos linfáticos, que trabajan juntos para transportar linfa, un líquido transparente que contiene glóbulos blancos, proteínas y productos de desecho, en todo el cuerpo (Natale et al., 2021; Rahman & Mohammed, 2015). El sistema linfático se compone de la siguiente manera:

- Nodos linfáticos

Los ganglios linfáticos son pequeñas estructuras en forma de habichuela distribuidas por todo el cuerpo, con aproximadamente 600 nodos presentes en varias regiones, incluyendo el cuello, las axilas, la ingle, el abdomen y el pecho. Sirven como espacios de filtración para la linfa, donde las células inmunitarias como las células B y las células T atrapan y destruyen patógenos, células dañadas y células cancerosas (Han et al., 2025). Estos ganglios son vitales para la respuesta inmune y pueden hincharse en reacción a la infección o a la presencia de tumores, lo que puede ser una consideración importante en el tratamiento del cáncer (Han et al., 2025; Mahjabeen et al., 2025).

- Vasos linfáticos

Los vasos linfáticos son tubos delgados que discurren paralelos a los vasos sanguíneos y se ramifican por el cuerpo. Se encargan de recoger el exceso de líquido intersticial, conocido como linfa, de los tejidos y devolverlo al torrente sanguíneo. Estos vasos se caracterizan por su estructura fina y válvulas unidireccionales que previenen el flujo de linfático, facilitando el flujo unidireccional de la linfa hacia los ganglios linfáticos y, en última instancia, el conducto torácico, que drena en la circulación venosa en la base del cuello (Natale et al., 2021; Rahman & Mohammed, 2015)

- Organos linfáticos

Los órganos linfáticos primarios incluyen el bazo, el timo, las amígdalas, los adenoides, la médula ósea, el apéndice y los parches de Peyers ubicados en el intestino delgado (Natale et al., 2021). Estos órganos son cruciales para la producción y maduración de linfocitos, así como para monitorear y responder a infecciones. Por ejemplo, el bazo filtra la sangre y ayuda a eliminar los hematíes viejos o dañados, mientras que el timo es responsable de la maduración de los linfocitos T, que juegan un papel significativo en la inmunidad adaptativa (Natale et al., 2021).

**b. Factores pronósticos**

La identificación y evaluación de la afectación linfática son vitales en el tratamiento del cáncer de mama. La biopsia de ganglios linfáticos es una técnica quirúrgica común empleada para evaluar si el cáncer de mama se ha diseminado a los ganglios linfáticos axilares. Este procedimiento permite la detección de la enfermedad micrometastásica, que es fundamental para determinar el método de tratamiento adecuado. Además, la comprensión de la función linfática y la composición celular del líquido linfático pueden proporcionar información sobre el potencial metastásico de los tumores de mama y condicionar el pronóstico (Natale et al., 2021; Rahman & Mohammed, 2015).

La afectación de los ganglios linfáticos a menudo se asocia con un estadio más avanzado del cáncer y puede ser un factor pronóstico significativo en el manejo del cáncer de mama. Aproximadamente el 2-10% de los pacientes que se someten a biopsia de ganglios linfáticos centinela pueden desarrollar linfedema, una condición resultante del flujo linfático alterado, que puede afectar la calidad de vida. Por lo tanto, es esencial que los proveedores de atención médica vigilen la salud linfática en pacientes sometidos a tratamiento para el cáncer de mama y

ofrezcan intervenciones adecuadas si surgen complicaciones (Jones & Bramlet, 2024).

## **1.6 Linfedema**

### **1.6.1 Consideraciones iniciales**

El linfedema es una afección crónica caracterizada por la acumulación anormal de líquido linfático, que conduce a hinchazón, típicamente en las extremidades. A nivel mundial, el linfedema es una condición predominante, afectando a unas 90 a 250 millones de personas, con un número significativo de afectados tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo (Calderwood et al., 2021; B. J. Carroll & Singhal, 2024).

La incidencia de linfedema varía en función de las causas subyacentes, que a menudo incluyen neoplasias malignas y sus tratamientos en países de altos o bajos ingresos. Por ejemplo, una revisión sistemática indicó que la incidencia de linfedema unilateral en el brazo después del cáncer de mama oscila entre el 8,4% y el 21,4%. En el Reino Unido, la prevalencia de linfedema secundario debido al cáncer no específico se ha estimado en aproximadamente 2,05 a 3,99 casos por cada 1.000 personas que asistían a clínicas especializadas (Torgbenu et al., 2020).

Además, la investigación sugiere que entre los pacientes hospitalizados en varios hospitales agudos en todo el mundo, la prevalencia del linfedema puede llegar hasta el 38%, a menudo acompañada de celulitis en aproximadamente el 14,1% de los casos. Los datos demográficos específicos revelan que en Australia, aproximadamente el 7% de los pacientes en diversos entornos sanitarios tienen

linfedema primario, mientras que un sustancial 43% presenta linfedema secundario, principalmente derivado de causas no relacionadas con el cáncer (Torgbenu et al., 2020).

Se espera que la creciente prevalencia de linfedema en poblaciones envejecidas, junto con comorbilidades crecientes como la obesidad y la insuficiencia cardíaca, termine desembocando en un aumento de casos en un futuro próximo (B. J. Carroll & Singhal, 2024).

A pesar de su aparición generalizada, el linfedema sigue estando significativamente infradiagnosticado y subinvestigado, a menudo conocido como una "enfermedad oculta" (B. J. Carroll & Singhal, 2024). Esta falta de conciencia puede provocar retrasos en el tratamiento, empeorando la condición y sus impactos físicos y psicológicos asociados (Calderwood et al., 2021; B. J. Carroll & Singhal, 2024).

#### **a. Diagnóstico y pronóstico**

El diagnóstico de linfedema relacionado con el cáncer de mama (BCRL por sus siglas en inglés) se basa en una combinación de síntomas auto-reportados, evaluaciones clínicas y el sistema de estadificación de la Sociedad Internacional de Linfología (ISL), que categoriza el linfedema en estadios 0-III. Los avances en tecnología, como la espectroscopia de bioimpedancia y la terapia láser de bajo nivel, han mejorado las estrategias de detección y manejo tempranos para el BCRL (Jones & Bramlet, 2024).

El proceso diagnóstico normalmente comienza con un examen físico, donde los proveedores de atención médica tienen en cuenta la historia clínica del paciente y realizan un examen de la zona afectada (B. J. Carroll & Singhal, 2024; Kruger et al., 2025).

Se evalúa la presencia de hinchazón, que es el síntoma primario del linfedema, junto con cualquier síntoma asociado, como dolor o sensación de resistencia en la extremidad (Kruger et al., 2025). Se pueden realizar varias pruebas para confirmar el diagnóstico de linfedema (Bowman et al., 2021; Calderwood et al., 2021; B. J. Carroll & Singhal, 2024; Torgbenu et al., 2020), tales como:

- **Escáneres:** Las técnicas de imagen con tinte radiactivo para el flujo linfático, se consideran el estándar de evaluación en la función linfática. Otras modalidades de imagen incluyen linfagrafía de resonancia magnética (LMR), tomografía computarizada (TC) y escáneres de ultrasonido, lo cual ayuda a proporcionar imágenes detalladas del sistema linfático
- **Análisis de bioimpedancia:** Este método consiste en colocar pequeños electrodos en el cuerpo para medir la resistencia a una corriente eléctrica indolora. Las variaciones en la resistencia pueden indicar la presencia de exceso de líquido en los tejidos
- **Perimetría:** Esta técnica utiliza la luz infrarroja para medir el volumen de la extremidad afectada mediante el cálculo de los cambios en la circunferencia de las extremidades
- **Tonometría:** Este ensayo evalúa la rigidez del tejido de la extremidad, que puede cambiar debido a la acumulación de líquido
- **Desplazamiento del agua:** Este abordaje es uno de los más empleados: la extremidad afectada se sumerge en agua, y el volumen de agua desplazada se mide para determinar el volumen de la extremidad.

El diagnóstico y tratamiento tempranos del linfedema son cruciales, ya que los casos no tratados pueden conducir a síntomas y complicaciones más graves. La combinación de estos métodos de diagnóstico permite una comprensión completa de la condición y guía estrategias de manejo apropiadas (Kruger et al., 2025).

## **b. Impacto económico**

La carga económica del linfedema en los pacientes y los sistemas sanitarios es sustancial. Los pacientes pueden incurrir en gastos significativos, con ingresos hospitalarios que de media suponen 8,172 dólares. Además, la pérdida de productividad debido a la condición puede conducir a pérdidas financieras considerables.

Así pues, mejorar el acceso a estrategias eficaces de tratamiento y gestión no sólo beneficia a la salud de los pacientes, sino que también representa una oportunidad crítica para el ahorro de costes sanitarios (Calderwood et al., 2021; B. J. Carroll & Singhal, 2024) .

## **c. Desafíos en Diagnóstico y Gestión**

- Retrasos diagnósticos: El diagnóstico de linfedema a menudo se retrasa, lo cual ha sido citado como la barrera más significativa a la atención adecuada por muchos pacientes. Los pacientes frecuentemente experimentan frustración y angustia debido a períodos prolongados de diagnóstico erróneo, lo que conduce a un empeoramiento de los síntomas que pueden afectar severamente su calidad de vida.

Por ejemplo, Existen reportes que alcanzan los 32 años antes de recibir un diagnóstico correcto de la enfermedad de Milroy, un trastorno linfático raro. Este retraso se atribuye en gran medida a la falta de conciencia y comprensión de la enfermedad entre los profesionales sanitarios, lo que contribuye al subdiagnóstico del linfedema y a las condiciones relacionadas(Calderwood et al., 2021; B. J. Carroll & Singhal, 2024; Torgbenu et al., 2022).

- Barreras a la atención efectiva: Los grupos focales realizados con los pacientes han puesto de relieve varias barreras para un manejo eficaz del linfedema. Estos incluyen una conciencia pública inadecuada, un conocimiento profesional deficiente y la falta de opciones de tratamiento adecuadas. Además, muchos pacientes reportan dificultades para acceder a pruebas diagnósticas oportunas y precisas, lo que puede llevar a un mal manejo de su condición. La falta de directrices específicas para los países de ingresos bajos y medianos exacerba estos desafíos, lo que dificulta que los proveedores de atención médica ofrezcan una atención adecuada (Lomeli et al., 2024; Torgbenu et al., 2022).

- Lagunas educativas: Hay una brecha educativa significativa con respecto al linfedema entre los proveedores de atención médica. Un estudio cualitativo de pasantes médicos reveló ambivalencia hacia el cuidado del linfedema, con muchos participantes sin darse cuenta de sus propios déficits de conocimiento relacionados con la condición. Se enfatizó la necesidad de una mayor exposición clínica a los casos de la vida real, ya que la comprensión de las experiencias vividas de los pacientes puede mejorar el proceso de aprendizaje y mejorar la atención futura. Los esfuerzos para educar a los terapeutas en la identificación temprana y el uso de herramientas de diagnóstico avanzadas son cruciales para mejorar los resultados (Dunberger et al., 2013; Ridner, 2005; Torgbenu et al., 2022)

- Impacto emocional y psicológico: Vivir con linfedema también puede afectar la salud mental de los pacientes, lo que conduce a desafíos emocionales como el aislamiento y la frustración. Se anima a los pacientes a buscar apoyo para la salud mental y participar en técnicas de manejo del estrés para hacer frente a la carga emocional de su condición. Al aumentar la conciencia del linfedema, los pacientes pueden navegar mejor por su atención y recibir la comprensión y el apoyo que necesitan (Newman et al., 1996; Ridner, 2005).

- Limitaciones del tratamiento: Aunque hay opciones de tratamiento disponibles, como la terapia descongestiva completa (CDT) y la colaboración con

terapeutas especializados de linfedema, todavía existen limitaciones en el acceso a estos servicios. Factores como los altos costos, el número insuficiente de terapeutas entrenados y el compromiso temporal requerido para la terapia pueden disuadir a los pacientes de buscar el tratamiento necesario. Abordar estos desafíos es vital para mejorar el manejo general del linfedema y mejorar la calidad de vida de los pacientes (Kornblith et al., 2003).

### 1.6.2 Tratamiento del linfedema

El manejo eficaz del linfedema se centra en reducir la hinchazón, aliviar las molestias y prevenir la acumulación de líquido. Las principales modalidades de tratamiento pueden clasificarse en intervenciones conservadoras de gestión y cirugía (Calderwood et al., 2021; Kruger et al., 2025).

#### a. Intervenciones quirúrgicas

Se reservan para aquellos casos resistentes a los tratamientos conservadores, representando la última línea de manejo (S. O. Lee & Kim, 2024; Suami & Scaglioni, 2018):

- **Anastomosis linfológica (AVL):** Esta técnica microquirúrgica crea una conexión entre los vasos linfáticos y las venas para facilitar el drenaje del líquido linfático. El éxito de la LVA depende de la identificación cuidadosa de los canales linfáticos y venosos adecuados.
- **Procedimientos de escisión:** En casos más graves, pueden ser necesarias opciones quirúrgicas como liposucción o escisión directa para eliminar el exceso de tejido y líquido. Estos procedimientos generalmente se reservan para pacientes que experimentan una morbilidad significativa por linfedema.

**b. Gestión conservadora:** El manejo conservador del linfedema involucra varios componentes clave dirigidos a empoderar a los pacientes para controlar su condición de manera efectiva (Brorson et al., 2009; Moffatt et al., 2019; Suami & Scaglioni, 2018):

- **Cuidado de la piel:** Mantener una higiene e integridad adecuada de la piel es crucial, ya que las zonas afectadas son susceptibles a infecciones
- **Ejercicio y actividad:** La actividad física regular puede promover el drenaje linfático y mejorar el bienestar general. Se anima a los pacientes a realizar ejercicios adecuados adaptados a su condición
- **Posicionamiento desgravado:** Elevar la extremidad afectada puede ayudar a reducir la hinchazón al promover el drenaje de líquidos
- **Terapia de compresión:** La aplicación de prendas de compresión o vendaje es esencial para prevenir la reaccumulación de líquido post-drenaje. Las prendas de compresión deben ser equipadas por un especialista para evitar complicaciones como aumento de la hinchazón o deterioro del flujo sanguíneo. Se pueden utilizar vendas de estiramiento corto multicapas en conjunción con drenaje linfático manual para mejorar los resultados
- **Masaje de drenaje linfático:** Esta forma especializada de masaje, conocida como drenaje linfático, tiene como objetivo estimular el sistema linfático y reducir la hinchazón. Además de estas estrategias, los pacientes a menudo reciben educación sobre técnicas de autogestión para reducir las visitas hospitalarias y mejorar su control del tratamiento

En definitiva, el manejo del BCRL enfatiza la intervención temprana para mejorar los resultados de los pacientes y la calidad de vida. Después de la cirugía, se recomienda un enfoque pragmático del tratamiento postoperatorio, donde se vigilan de cerca aspectos específicos como la frecuencia y el momento del drenaje linfático, la clase de prendas compresivas utilizadas y la administración de antibióticos (Kappos et al., 2025).

El cuidado postoperatorio inmediato implica vendar el brazo afectado para la compresión, con una transición a las prendas de compresión que se produce después de la extirpación de puntos quirúrgicos, típicamente alrededor de dos semanas después de la cirugía (Kappos et al., 2025). Así pues, las estrategias de tratamiento típicamente comienzan con una terapia descongestiva compleja (CDT), que incluye drenaje linfático manual, prendas de compresión, cuidado de la piel y ejercicio (L. Chen et al., 2025).

Si bien la CDT es la piedra angular del tratamiento con linfedema, la investigación indica que no se ha demostrado definitivamente que ninguna modalidad de tratamiento haya sido superior a la reducción del volumen de linfedema en varias etapas, destacando la necesidad de seguir investigando la eficacia de estos componentes (L. Chen et al., 2025; Kappos et al., 2025).

Además, continúa la investigación sobre nuevas terapias, explorando agentes antiinflamatorios y terapias biológicas que pueden mejorar la función linfática y reducir los síntomas. Los agentes potenciales incluyen Tacrolimus, que puede ayudar a mejorar el drenaje linfático a través de sus efectos inmunosupresores, y varios anticuerpos dirigidos a las vías inflamatorias involucradas en la patología del linfedema. (Bowman et al., 2021; S. O. Lee & Kim, 2024). Se están realizando ensayos clínicos para evaluar la eficacia de estos tratamientos en el manejo del linfedema de manera más eficaz.

Las estrategias de rehabilitación también juegan un papel crítico en el tratamiento integral del BCRL. Estos pueden incluir ejercicios de respiración profunda, actividad aeróbica y física, y apoyo psicológico para abordar los desafíos emocionales y físicos que enfrentan los pacientes (L. Chen et al., 2025). El enfoque en la rehabilitación tiene como objetivo mejorar el bienestar general del paciente y facilitar la recuperación gradual de los síntomas del linfedema.

### **1.7 Actividad física, cancer de mama y linfedema**

La actividad física regular se ha identificado como un factor protector contra la incidencia del cáncer. En supervivientes, se ha demostrado una relación inversa entre la actividad física y la mortalidad por todas las causas, con beneficios de supervivencia en cáncer colorrectal, de mama y próstata. Para supervivientes de cáncer de mama, la actividad física posterior al diagnóstico se vincula con una reducción del 24% en la recurrencia y del 34% en la mortalidad por cáncer de mama, además de una disminución del 41% en la mortalidad por todas las causas (Friedenreich et al., 2019; San Felipe et al., 2013).

Esta relación es de dosis-respuesta, lo que significa que cualquier nivel de actividad física, incluso de intensidad leve, puede reportar beneficios en términos de disminución del riesgo de mortalidad, sin que se haya constatado un umbral mínimo por debajo del cual no se observa efecto beneficioso (Ekelund et al., 2019).

En cuanto al pronóstico y la supervivencia en mujeres que ya han sido diagnosticadas con cáncer de mama, la actividad física muestra beneficios notables. Niveles más altos de actividad física se asocian con mejores resultados de supervivencia (Friedenreich et al., 2019; San Felipe et al., 2013). La actividad física realizada después del diagnóstico puede reducir el riesgo de muerte a causa de la enfermedad (Friedenreich et al., 2019).

Respecto a la calidad de vida, la "calidad de vida relacionada con la salud" es un resultado crítico examinado para las personas con afecciones crónicas, incluidas las supervivientes de cáncer (Barbosa de Albuquerque, Aquino dos Santos, et al., 2024; Kappos et al., 2025). La actividad física también es beneficiosa para la salud mental, incluyendo la reducción de síntomas de ansiedad y depresión.

De hecho, limitar la actividad física puede tener un impacto negativo en la calidad de vida y, en algunos casos, incluso afectar la capacidad laboral de las pacientes (Klugman et al., 2025). También aumenta el consumo máximo de oxígeno, mejora el funcionamiento físico y reduce la fatiga, lo que se traduce en una mejora clínicamente significativa de la calidad de vida (Friedenreich et al., 2019).

En el contexto del cáncer de mama, la evidencia indica que, , la combinación de una dieta hipocalórica y ejercicio físico puede mejorar la calidad de vida y la supervivencia en estas pacientes (San Felipe et al., 2013). Asimismo, las directrices internacionales de práctica clínica, como las del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) en sus directrices «Moving Through Cancer», recomiendan explícitamente la incorporación de ejercicios aeróbicos y de fortalecimiento muscular para las supervivientes.

La American Cancer Society (2021; Rock et al., 2022) recomienda a los afectados que, después de lograr un rango de movimiento aceptable a través del estiramiento y con la aprobación de su médico, es recomendable desarrollar la fuerza, indicando que el entrenamiento de fuerza reporta muchos beneficios, pudiendo mejorar el equilibrio, la postura, mejorar el core, la calidad de vida, y proteger de lesiones, facilitando así que las actividades diarias sean más fáciles y agradables.

Las recomendaciones generales sugieren iniciar el ejercicio de forma gradual, aumentar la intensidad con precaución y detenerse ante la aparición de dolor, hinchazón o malestar (Klugman et al., 2025). Generalmente el entrenamiento no se inicia hasta 4 a 6 semanas después de la cirugía y debe adaptarse al estado general de salud, condición médica y estado físico del paciente. El desarrollo de la fuerza comienza con el uso de pesas de mano pequeñas y aumenta lentamente con el tiempo. Se recomienda realizar este entrenamiento en un entorno supervisado con un entrenador especializado.

Según la evidencia disponible, estos ejercicios no solo contribuyen a la salud general, sino que también ofrecen beneficios directos relacionados con la enfermedad. Se ha demostrado que la actividad física, incluyendo el entrenamiento de fuerza, mejora la mortalidad por todas las causas y la mortalidad específica por cáncer, además de reducir el riesgo de recurrencia o segundos tumores primarios en supervivientes de cáncer (Runowicz et al., 2016).

En definitiva, el ejercicio aeróbico reporta beneficios para el cáncer de mama, tanto en la prevención como en la mejora del pronóstico, la composición corporal y la calidad de vida. Estos beneficios son extensos y superan con creces los posibles perjuicios, incluso en condiciones como el linfedema, donde el manejo del peso y el ejercicio supervisado son parte de las estrategias de prevención y control (San Felipe et al., 2013).

Y es que, históricamente, el efecto del ejercicio en pacientes con riesgo o diagnóstico de linfedema había sido un tema controvertido (Pereira, et al., 2019). Sin embargo, la literatura y las guías actuales están desmintiendo la creencia de que actividades como el levantamiento de pesas o el uso del brazo afectado para tareas cotidianas agravarían la condición, incluso en programas progresivos de alta carga.

Contrariamente a estas creencias pasadas, se ha corroborado que ni el ejercicio aeróbico ni el de resistencia empeoran los síntomas en pacientes con linfedema asociado al cáncer de mama o en riesgo de desarrollarlo. De hecho, ambos tipos de ejercicio se han relacionado con mejoras en la autoestima, la condición física y la composición corporal (Barbosa de Albuquerque, Aquino dos Santos, et al., 2024; Røren Nordén et al., 2024).

Asimismo, existe evidencia sólida que demuestra que niveles más elevados de actividad física se correlacionan con un menor riesgo de desarrollar esta dolencia (Røren Nordén et al., 2024). En concreto, las recomendaciones para reducir el riesgo de linfedema incluyen participar en programas de ejercicio supervisados y mantener un peso normal, puesto que la obesidad es un factor de riesgo establecido para el linfedema (Mcclain et al., 2022; San Felipe et al., 2019).

Por tanto, prevenir el aumento de peso, junto con la participación en programas de ejercicio supervisados, son medidas que previenen la progresión del linfedema y reducen su severidad en pacientes que ya lo padecen (Pereira-Rodríguez et al., 2021; San Felipe et al., 2013).

Las guías de tratamiento actuales para el linfedema, como la terapia física descongestiva compleja (TDC), incluyen el ejercicio físico como uno de sus componentes fundamentales, junto con técnicas de masaje, drenaje linfático manual y cuidados meticulosos de la piel (Kappos et al., 2025; Pereira-Rodríguez et al., 2021). Además, la rehabilitación temprana del brazo afectado es una recomendación para reducir el riesgo de linfedema (Chavira et al., 2019).

Con respecto al ejercicio aeróbico en concreto, la evidencia disponible muestra un efecto significativo tanto en la prevención del linfedema como en la mejora del pronóstico y la calidad de vida de las mujeres que lo han padecido (Friedenreich et al., 2019; Kappos et al., 2025; San Felipe et al., 2013).

Por su parte, el fortalecimiento muscular mediante entrenamiento de fuerza o de resistencia, desempeña un papel crucial tanto en el manejo del cáncer de mama como en la prevención y tratamiento del linfedema asociado, impactando positivamente en la composición corporal, el pronóstico y la calidad de vida de las pacientes (Klugman et al., 2025; Organización Mundial de la Salud, 2010; San Felipe et al., 2013).

El entrenamiento de fuerza ha sido objeto de debate, pero la evidencia más reciente es clara: es fundamental para mantener la masa muscular y evitar el exceso de grasa corporal durante y después del tratamiento (Klugman et al., 2025; San Felipe et al., 2013).

Esto, es relevante dado que la quimioterapia a menudo conduce al aumento de peso y a cambios adversos en la composición corporal, como la obesidad sarcopénica (aumento de grasa y disminución de músculo). La pérdida de masa muscular, a su vez, puede reducir la tolerancia al tratamiento y la recuperación del sistema inmunitario, afectando negativamente la supervivencia (Barbosa de Albuquerque, Aquino dos Santos, et al., 2024).

En definitiva, ambos tipos de ejercicio, -aeróbico y de resistencia-, contribuyen al progreso de pacientes con o en riesgo de desarrollar linfedema. El retorno a las actividades cotidianas previas al tratamiento del cáncer de mama también se asocia con una mejora de la función física y el bienestar (Pereira-Rodríguez et al., 2021).

Por lo tanto, la combinación de una dieta adecuada con ejercicios aeróbicos y de fuerza puede mejorar la calidad de vida y la supervivencia de las pacientes. Además, el fortalecimiento muscular, al igual que otras formas de actividad física, contribuye a la salud mental, aliviando síntomas de ansiedad y depresión. Aunque se recomienda realizar actividades de fortalecimiento muscular dos o más días a la semana, la evidencia actual no es lo suficientemente precisa para

especificar la duración exacta necesaria para obtener el máximo beneficio, debido a la heterogeneidad de los estudios.



## ***2.OBJETIVOS***

---



## 2.1 Objetivo general

Identificar el efecto del entrenamiento de fuerza en las personas con cáncer de mama, en términos de composición corporal, fuerza, perímetros braquiales y volúmenes braquiales.

## 2.2 Objetivos específicos

- **Objetivo específico 1:** Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la composición corporal de las personas con cáncer de mama en cuanto a IMC, peso, masa magra, masa grasa, masa muscular y porcentaje de agua.
- **Objetivo específico 2:** Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la fuerza pectoral unilateral, bilateral y de prensión manual de las personas con cáncer de mama
- **Objetivo específico 3:** Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en los perímetros braquiales de las personas con cáncer de mama
- **Objetivo específico 4:** Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en las volúmenes segmentarias de las personas con cáncer de mama
- **Objetivo específico 5:** Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en el volumen del brazo, antebrazo y miembro superior completo de las mujeres con cáncer de mama
- **Objetivo específico 6:** Comprobar si los parámetros de composición corporal (masa muscular, IMC, peso, masa magra, porcentaje de agua y masa grasa) influyen en las volúmenes del antebrazo, brazo y miembro superior completo.

- **Objetivo específico 7:** Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en el número de personas con linfedema secundario a cáncer de mama

# **3. HIPÓTESIS**

---



### 3.1 Hipótesis específicas

- **Hipótesis 1:** La intervención no tendrá efecto significativo en la composición corporal de las personas con cáncer de mama en términos de IMC, peso, masa magra, masa grasa, y porcentaje de agua, aunque sí será significativo en términos de masa muscular.
- **Hipótesis 2:** La intervención de fuerza generará un aumento significativo en la fuerza unilateral y bilateral de pectoral, así como en la presión manual de las personas con cáncer de mama.
- **Hipótesis 3:** La intervención no tendrá efecto significativo sobre las medidas perimétricas braquiales de las personas con cáncer de mama.
- **Hipótesis 4:** La intervención no tendrá efecto significativo sobre las medidas volumétricas segmentarias del brazo de las personas con cáncer de mama.
- **Hipótesis 5:** La intervención no tendrá efecto significativo sobre las medidas volumétricas del brazo, antebrazo y miembro superior completo de las personas con cáncer de mama.
- **Hipótesis 6:** Los parámetros de composición corporal no influyen significativamente en las volumetrías del antebrazo, brazo y miembro superior completo.
- **Hipótesis 7:** La intervención no generará una disminución significativa de las personas con linfedema secundario al cáncer de mama.



# ***4. MATERIAL Y MÉTODO***

---



#### **4.1 Metodología del estudio**

Para el desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo un estudio longitudinal, que trata de determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en personas supervivientes a un cáncer de mama. Se trata de un estudio de tipo cuasiexperimental, ya que está carente de grupo control que garantice el contraste de los resultados eliminando posibles variables extrañas, y al escaso grado de control de las mismas por parte de los investigadores, al desempeñarse el ensayo clínico en condiciones naturales.

Sin embargo, y a pesar de no establecerse un grupo control independiente y aleatorizado, sí se emplearon estadísticos de contraste entre grupos. La selección de esta metodología permitió la realización de comparativas entre los hemicuerpos afecto y sano, de forma que el hemicuerpo sano de las participantes actuase como grupo control del hemicuerpo afecto, y garantizando el máximo nivel de similitud entre grupos comparativos.

De esta forma, se lograron conocer las diferencias en la respuesta al tratamiento para las variables dependientes desechando variables extrañas de tipo sistemático o aleatorio, como la participación en otros ensayos clínicos, la realización de terapias complementarias o la asistencia a otros tipos de entrenamiento; dado que, en caso de realizarse, ambos hemicuerpos se encuentran sometidos a las mismas condiciones.

Se realizaron dos evaluaciones a lo largo del estudio. La primera de ellas (pre-test) se llevó a cabo la semana anterior a la ejercitación de fuerza, mientras que la evaluación posterior (post-test) se realizó en la semana inmediatamente posterior al entrenamiento físico.

## 4.2 Diseño muestral

La población de estudio de este ensayo está compuesta por 23 mujeres que se hubieran sometido a una mastectomía radical, con edades comprendidas entre los 42 y los 74 años. Todas ellas pertenecen a asociaciones de sobrevivientes de cáncer de mama en la región de Sonora, México, y residentes, por tanto, en esta región.

La selección muestral se ha desempeñado mediante métodos no probabilísticos y no aleatorios, esto es, por conveniencia, en función de la disponibilidad de recursos personales. El reclutamiento de la muestra se llevó a cabo empleando criterios de inclusión y exclusión fijados previamente, los cuales se exponen en la tabla 1:

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión del estudio

<b>Criterios de inclusión</b>	
1	Haber sido diagnosticado de cáncer de mama
2	Haberse sometido a mastectomía radical
3	Menos de 5 años desde su última cirugía
4	Haber completado voluntariamente el documento de consentimiento informado
<b>Criterios de exclusión</b>	
1	Tratamiento diferente a la mastectomía
2	Presencia de linfangitis
4	Infección actual de las extremidades superiores
3	Incumplimiento de consentimiento informado

## 4.3 Variables y herramientas de evaluación

Para el desarrollo de la presente investigación, se tuvieron en cuenta las siguientes variables: altura, IMC, peso, porcentaje de masa grasa, masa grasa en kilogramos, masa muscular, masa magra, porcentaje de agua corporal, fuerza máxima en press de pecho, fuerza máxima en contracción de pectoral bilateral, fuerza máxima en contracción de pectoral unilateral de ambos hemicuerpos, perímetros a cada 4 centímetros de distancia de ambos brazos, y las volumetrías obtenidas en base a los perímetros.

### **Medición de composición corporal:**

Para la determinación de la composición corporal se llevó a cabo mediante bioimpedancia eléctrica, empleando el analizador profesional TANITA SC331S, siguiendo las instrucciones de forma escrupulosa [161]. Esta herramienta está indicada para su uso en personas con estilos de vida activos, moderadamente activos, sedentarios y en edades superiores a los 5 años. Asimismo, se ha empleado con anterioridad en ensayos variados, incluyendo niños, adolescentes y adultos [162,163].

Para ello primeramente se empleó un tallímetro para determinar la altura de las participantes, introduciendo a continuación estos datos en el analizador de bioimpedancia de forma que pudiera realizar los cálculos sobre los parámetros de composición corporal. El uso de este analizador arrojó los datos de: peso, porcentaje de masa grasa, porcentaje de masa magra, kilogramos de masa grasa, masa muscular, y porcentaje de agua. Para asegurar un cálculo adecuado, se realizaron tres mediciones y se calculó la media aritmética para obtener los datos finales de cada participante.

## **Evaluación de la fuerza máxima**

Las mediciones de fuerza se realizaron tras un breve calentamiento de 5 minutos con una resistencia de 50 vatios en el cicloergómetro EBR-40 Solid-Fitness (Chicago, IL, USA). Para su valoración se empleó la máquina multiestación EXM2500Sv Body-Solid (Chicago, IL, USA). El procedimiento de medición seguido fue:

- **Contractor pectoral bilateral:** las participantes se colocaron en posición de sedestación, con la espalda apoyada en el respaldo del asiento y una posición inicial de brazos en 90º de abducción de hombro, 90º de rotación externa de hombro y 90º de flexión de codo, apoyando el antebrazo en el reposabrazos acolchado de la máquina. Mediante un movimiento de adducción horizontal, se moviliza el peso hasta el contacto de ambos brazos en la línea media. Para esta evaluación, la progresión de cargas empleada fue del 10% del peso corporal, generando aumentos del 5% si se superaban dos o más repeticiones. La determinación se consideraba concluida cuando se lograba una única movilización completa de la carga.

- **Contractor pectoral unilateral:** para esta evaluación las participantes se sitúan sentadas de lado en el asiento de la máquina, sujetando en la misma posición de brazos el asidero de la máquina con la mano más lejana al respaldo de la misma. La movilización se realiza por medio de una adducción horizontal hasta alcanzar la línea media.

- **Press banca:** En esta ocasión las participantes se sitúan en el asiento de la máquina, descansando la espalda y la cabeza sobre el respaldo. La posición de los brazos es de unos 80º de abducción, con una flexión de

codos aproximada de 90°. La movilización de la carga se realiza mediante la extensión completa de los codos. La progresión de cargas empleada es del 20% del peso inicialmente, ampliándose en tramos del 10%. De nuevo, se determina el cálculo de 1RM cuando se logra realizar una única movilización de la carga completa.

Los incrementos realizados se aplicaron cuando la carga era movilizaba dos veces. En caso contrario, se realizaba una disminución del 5% para conseguir una medida con la mayor precisión posible. Asimismo, estos aumentos de la carga se llevaron a cabo en función del esfuerzo percibido de cada participante, valorado mediante la escala OMNI-RES [164].

La escala OMNI-RES es una herramienta multifacética diseñada para evaluar el esfuerzo percibido durante la actividad física, utilizando una combinación de descriptores verbales, numéricos y visuales. Esta estructura facilita una evaluación exhaustiva de la intensidad del ejercicio, aumentando la precisión de las respuestas de los participantes. [165,166]. Validada por Robertson, la escala OMNI-RES emplea un sistema de calificación numérico que oscila entre 0 y 10, con valores más altos que indican mayor esfuerzo [164].

La investigación sugiere que este rango es eficaz para transmitir los niveles de intensidad, haciéndolo adecuado para diversas poblaciones. Dada la construcción de la escala, es capaz de capturar múltiples dimensiones del esfuerzo percibido, incluyendo los aspectos fisiológicos, psicológicos y sensoriales de la actividad física. Este marco multidimensional permite un análisis matizado de las experiencias de los participantes y puede ser beneficioso para comprender las diferencias entre diversos grupos demográficos o modalidades de ejercicio [163,167].

### **Medición de los perímetros braquiales.**

Para asegurar una determinación precisa y evitar amplias fluctuaciones en el volumen de los brazos, las mediciones se realizaron dos veces, con una diferencia

temporal de 15 minutos por parte de un investigador experimentado. Las participantes se colocaron en posición de sedestación, con el brazo sobre una mesa frente a ellas. La posición de la extremidad era, aproximadamente de 30° de flexión de hombro, codo en extensión y supinación del antebrazo.

Las marcas de medición se calcularon comenzando en el centro de la cara palmar de la muñeca, a la altura del pliegue distal. Se realizaron marcas con rotulador sobre la piel a cada 4 centímetros de distancia en sentido distal-proximal, por la cara anterior del brazo. El total de marcas realizadas era de 11, aunque dependiendo de la longitud de la extremidad, en determinados casos pudieron realizarse 12 referencias.

La medida de cada perímetro se realizó a las alturas previamente marcadas, empleando una cinta retráctil de hoja estrecha justo sobre las referencias, en posición perpendicular al brazo y sin ejercer presión sobre la piel.

### **Determinación de volúmenes.**

Para el cálculo del volumen del brazo, antebrazo y miembro superior completo, inicialmente se calcularon los volúmenes de cada segmento. Para ello, se empleó el cálculo de volumen de un cono truncado.

Para ello, se ha calculado el radio ( $r$ ) de cada circunferencia braquial, partiendo de las medidas perimétricas, mediante la fórmula:

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

A continuación, se halló la altura ( $h$ ) de cada cono truncado, partiendo de los 4 centímetros de distancia entre las marcas en la piel suponen la generatriz del cono ( $g$ ).

$$h = \sqrt{g^2 + (r_2 - r_1)^2}$$

Finalmente, la fórmula de volumen de cono truncado facilitó el cálculo del volumen de cada segmento de brazo.

$$Volume = \frac{h\pi}{3} (r_1 + r_2 + r_1r_2)$$

El volumen del miembro superior completo supone el sumatorio de todos los segmentos volumétricos de cada brazo. El volumen del antebrazo se estimó en los primero 5 segmentos, y a su vez, los 5 últimos correspondieron al volumen de la parte superior del brazo de cada participante.

La medición de perímetros y el posterior cálculo volumétrico ha demostrado ser una práctica altamente apropiada y confiable. Se siguieron los criterios diagnósticos para el linfedema, indicando la presencia de linfedema si existe una diferencia volumétrica entre las dos extremidades superiores de al menos 200 mililitros [168].

#### **4.4 Plan de intervención**

La semana posterior a las evaluaciones iniciales, se dio comienzo al programa de intervención. Este está compuesto por 20 sesiones de entrenamiento de una hora de duración, distribuidas a lo largo de un periodo de 10 semanas, con una cadencia de 2 sesiones semanales separadas por al menos 48 horas.

En cada sesión de entrenamiento se realizó un calentamiento inicial con ejercicio aeróbico, antes de comenzar la ejercitación muscular. Este ejercicio se

realizó con bicicleta estática, en la cual, cada participante podía seleccionar la resistencia con la que deseaba pedalear, ya que no es el objetivo de este estudio. Para favorecer la adaptación, la primera semana esta fase de calentamiento tuvo una duración de 20 minutos, y durante la segunda semana de 25 minutos, para pasar finalmente a los 30 minutos de ejercicio que se mantendrían el resto de sesiones.

Tras cinco minutos de descanso, se continuó con el trabajo de fuerza. Para este entrenamiento se emplearon las mismas máquinas en las cuales fueron evaluadas las participantes. El orden de los ejercicios fue el que se detalla a continuación: prensa pectoral, contractor bilateral pectoral, contractor unilateral de pectoral. Entre cada uno de los ejercicios se pautaron descansos de 5 minutos.

Los ejercicios se realizaron, al igual que en la evaluación, de la siguiente manera:

La prensa de pectoral se realizó con las participantes en sedestación, con la espalda descansando sobre el respaldo, los brazos colocados en posición de 80° de abducción, 90° de flexión de codo, colocando las manos en las empuñaduras de la máquina, teniendo que desplazar el peso mediante un movimiento de extensión completa de codos en dirección ventral.

En la misma posición de sedestación, se ejecutaron los ejercicios de contracción bilateral de pectoral. Los brazos, situados a 90° de abducción de hombro y los codos con una flexión de la misma magnitud. Los antebrazos pronados se colocan sobre los acolchados de la máquina para tal fin y se realiza un movimiento de adducción horizontal hasta juntar ambos miembros en la línea media del plano sagital.

El ejercicio de contracción unilateral de pectoral se ejecutó con sedestación lateral sobre el asiento, descansando el lado contralateral al entrenamiento sobre el respaldo. El brazo objeto de ejercitación se coloca en la misma posición que

para su homólogo bilateral, y se desplaza el peso hasta la línea media del cuerpo en sentido medial.

Cada uno de estos ejercicios se realizó en tres series. La primera semana las series consistían en un combo de repeticiones de 12-10-12, pasando a la semana siguiente a una combinación de 16-13-16, manteniendo la carga inicial. Entre cada serie el tiempo de recuperación pautado fue de 1 minuto y el tiempo de descanso entre series fue de 5 minutos. A cada dos semanas con la misma carga se realizaba una progresión en el peso a movilizar.

Las cargas seleccionadas fueron, inicialmente del 50% del 1RM de cada participante para el ejercicio de press de pecho, y del 40% para el ejercicio de contracción bilateral. A cada dos semanas, los incrementos de cargas fueron del 5% del 1 RM de cada participante, hasta concluir el entrenamiento de 10 semanas con un peso equivalente al 75% y 65% del 1 RM respectivamente, lo cual supone una intensidad de nivel moderado. Esta progresión de las cargas se determinó siguiendo las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM), que se han utilizado en estudios con esta población [169].

#### **4.5 Análisis estadístico:**

Para llevar a cabo el análisis estadístico, se utilizó el software SPSS versión 25, desarrollado por IBM Inc. Inicialmente, se realizó un análisis descriptivo para examinar las características sociodemográficas y de composición corporal de los participantes. Las variables cualitativas se presentaron mediante frecuencias y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se describieron utilizando medias y desviaciones estándar.

Antes de realizar análisis inferenciales, se evaluó la normalidad de la distribución de las variables utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Para las variables que seguían una distribución normal, se aplicaron pruebas paramétricas, como la prueba t de Student para muestras relacionadas e independientes. En contraste, las variables con una distribución no normal se analizaron mediante pruebas no paramétricas, como la prueba U de Mann Whitney y la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. También se aplicaron pruebas de regresión lineal. Asimismo, se empleó el recuento de frecuencias para conocer las estadísticas de afectación por linfedema. En todos los análisis, se estableció un nivel de confianza del 95% y un poder estadístico de 0.05.

#### **4.6 Consideraciones éticas:**

El centro participante valoró positivamente el plan de investigación en el Comité Ético de Investigación de la Universidad de Sonora (Mexico), con referencia: (DMCS/CBIDMCS/D-50).

De conformidad con la Declaración de Helsinki se recogió el consentimiento informado previo (disponible en Anexo 1) de las personas que voluntariamente decidieron participar. Se les informó de los objetivos, riesgos y beneficios de las evaluaciones, así como de las intervenciones que iban a llevar a cabo. Ninguna de las actividades implicaba riesgos adicionales para la vida de los participantes. En todo momento se aplicó la confidencialidad de los datos de acuerdo con la legislación vigente. El tratamiento de los datos fue conforme a lo establecido en el Reglamento Europeo de Protección de Datos y la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

# **5. RESULTADOS**

---



### 5.1 Análisis del efecto del entrenamiento de fuerza en la composición corporal.

Tras el análisis de la normalidad se realizaron los análisis pertinentes para la comparación de los datos previos y posteriores a la intervención en las variables de composición corporal para el contraste de la hipótesis. Para ello, se emplearon las pruebas t de student para muestras relacionadas para las variables de masa muscular, masa magra y peso, y la prueba de los rangos de Wilcoxon en el caso de las variables de porcentaje de agua corporal y las mediciones de masa grasa (véase tablas 2 y 3).

**Tabla 2.** Análisis T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test composición corporal

	Pre-test		Post-test		T de student muestras relacionadas			
	M	DT	M	DT	t	p	IC 95%	
							INF	SUP
IMC	27.721	3.640	27.730	3.673	-.111	0.913	-.171	.154
Masa muscular (kg)	41.617	3.932	40.217	4.316	3.594	0.002	.5921	2.2079
Masa magra (kg)	43.852	4.129	42.378	4.543	3.594	0.002	.6234	2.3244
Peso (kg)	71.143	12.170	71.178	12.159	-.178	0.861	-.4406	.3710

Las diferencias no fueron significativas para las variables de peso, porcentaje de agua corporal, porcentaje de masa magra [ $p=0.267$ ] y masa grasa. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas para los análisis de masa muscular y masa magra [ $t_{(22)}=3.594$ ,  $p=0.002$ ].

**Tabla 3.** Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa pre-test y post-test composición corporal

	Wilcoxon
	p
Agua corporal (%)	0.291
Masa grasa (%)	0.267
Masa grasa (kg)	0.322

## 5.2 Comprobación del efecto del entrenamiento de fuerza en la fuerza máxima de contractor unilateral, bilateral, prensa de pecho y prensión manual.

Tras el análisis de la normalidad se realizaron los análisis pertinentes para la comparación de los datos previos y posteriores a la intervención en las variables de composición corporal para el contraste de la hipótesis. Para ello, se emplearon las pruebas t de student para muestras relacionadas para la variable de fuerza pectoral unilateral afecto, y la prueba de los rangos de Wilcoxon en el caso de las variables de fuerza de pectoral unilateral sano, pectoral bilateral, fuerza press de pecho, y ambas pruebas de prensión manual (disponible en tablas 4 y 5).

**Tabla 4.** Análisis T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test en fuerza muscular

	Pre-test		Post-test		T de student muestras relacionadas
	M	SD	M	SD	p
Fuerza pectoral afecto	25.514	8.060	27.310	7.813	0.009

Se encontraron diferencias significativas en la fuerza del pectoral afecto [ $p=0.009$ ], fuerza de pectoral sano [ $p=0.003$ ], fuerza de pectoral bilateral [ $p=0.027$ ], fuerza press de pecho [ $p=0.001$ ], y fuerza de prensión manual en lado afecto [ $p=0.047$ ], y sano [ $p=0.032$ ].

**Tabla 5.** Prueba de los rangos de Wilcoxon Comparativa pre-test y post-test en fuerza muscular

	Wilcoxon
	p
Fuerza pectoral sano	0.003
Fuerza pectoral bilateral	0.027
Fuerza press pecho	0.001
Prensión manual afecto	0.047
Prensión manual sano	0.032

### 5.3 Estudio del efecto del entrenamiento de fuerza en las medidas perimétricas de ambos brazos

Para el contraste de esta hipótesis se realizaron las comparativas pertinentes mediante la prueba t de student para muestras relacionadas y prueba de los rangos de Wilcoxon, en función de los análisis de normalidad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las medidas perimétricas del brazo afecto, y del brazo sano (tablas 6, 7 y 8).

**Tabla 6.** Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de perimetrías

	Pre-test		Post-test		t-student muestras relacionadas
	M	SD	M	SD	p
Brazo afecto. Perímetro 1	15.791	1.006	15.625	1.059	0.071
Brazo afecto. Perímetro 2	17.066	1.442	16.712	1.285	0.115
Brazo afecto. Perímetro 3	19.725	1.868	19.058	1.713	0.020*
Brazo afecto. Perímetro 5	24.591	1.827	24.320	1.958	0.141
Brazo afecto. Perímetro 6	25.775	2.128	25.229	2.188	0.001**
Brazo afecto. Perímetro 7	26.612	2.626	26.270	2.735	0.072
Brazo afecto. Perímetro 8	28.375	3.282	27.712	3.195	0.020*
Brazo afecto. Perímetro 9	30.275	3.731	29.683	3.551	0.053
Brazo afecto. Perímetro 10	32.412	4.117	31.808	4.147	0.081
Brazo afecto. Perímetro 11	33.916	4.025	34.116	3.712	0.746

Con respecto a la extremidad afectada, no se encontraron diferencias significativas en nueve de las medidas perimétricas (Perímetro 1 [ $t_{(23)} = 1,890, p < 0,071$ ], perímetro 2 [ $t_{(23)} = 1,639, p = 0,115$ ], perímetro 4 [ $Z = -1,758, p = 0,079$ ],

perímetro 5 [ $t_{(23)} = 1,524, p = ,141$ ], perímetro 7 [ $t_{(23)} = 1,884, p = ,072$ ], perímetro 9 [ $t_{(23)} = 2,041, p = ,053$ ], perímetro 10 [ $t_{(23)} = 1,827, p = ,081$ ], perímetro 11 [ $t_{(23)} = -.332, p = ,746$ ], perímetro 12 [ $Z = -,447, p = ,655$ ]), lo cual apoya la hipótesis planteada.

Por el contrario, se encontraron diferencias significativas en el análisis de tres de los perímetros (perímetro 3 [ $t_{(23)} = 2,489, p = ,020$ ], perímetro 6 [ $t_{(23)} = 3,636, p = ,001$ ], perímetro 8 [ $t_{(23)} = 2,501, p = ,020$ ]), refutando parcialmente la hipótesis por la cual el entrenamiento de fuerza no genera una diferencia significativa en las medidas perimétrales del brazo afecto.

En definitiva, para el brazo afecto, la intervención no obtuvo diferencias significativas en la mayoría de las mediciones perimétrales, mientras sí que las obtuvo en tres de los perímetros. Por tanto, la hipótesis se acepta para los perímetros 1,2,4,5,7,9,10,11 y 12, teniendo que rechazarse para las variables de los perímetros 3, 6 y 8.

**Tabla 7.** Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa perimetrías pre-test y post-test

	Wilcoxon
	p
Brazo afecto. Perímetro 4	0.079
Brazo afecto. Perímetro 12	0.655

Con respecto a la extremidad sana, no se encontraron diferencias significativas en cinco de las medidas perimétrales (perímetro 1 [ $t_{(21)} = 1,930, p = ,067$ ], perímetro 5 [ $t_{(21)} = 1,883, p = ,074$ ], perímetro 6 [ $t_{(21)} = 1,373, p = ,184$ ], perímetro 11 [ $t_{(9)} = ,327, p = ,751$ ], perímetro 12 [ $t_{(1)} = -,200, p = ,874$ ]) lo cual apoya la hipótesis planteada.

Por el contrario, se encontraron diferencias significativas en el análisis de tres de los perímetros (perímetro 2 [ $t_{(21)} = 2,239, p = ,036$ ], perímetro 3 [ $t_{(21)} = 2,086, p = ,049$ ],

perímetro 4 [ $t_{(21)} = 2,492, p = ,021$ ], perímetro 7 [ $t_{(21)} = 3,274, p = ,004$ ], perímetro 8 [ $t_{(21)} = 3,037, p = ,006$ ], perímetro 9 [ $t_{(21)} = 2,791, p = ,011$ ], perímetro 10 [ $t_{(21)} = 2,355, p = ,028$ ], refutando parcialmente la hipótesis por la cual el entrenamiento de fuerza no genera una diferencia significativa en las medidas perimétricas del brazo afecto.

En definitiva, para el brazo afecto, la intervención no obtuvo diferencias significativas en cinco de las mediciones perimétricas, mientras sí que las obtuvo en siete de los perímetros. Por tanto, la hipótesis se acepta para los perímetros 1,5,6,11 y 12, teniendo que rechazarse para las variables de los perímetros 2,3,4,7,8 y 9.

**Tabla 8.** Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de perimetrías

	Pre-test		Post-test		t-student muestras relacionadas
	M	SD	M	SD	p
Brazo sano. Perímetro 1	15.681	0.853	15.513	0.837	0.067
Brazo sano. Perímetro 2	17.004	1.328	16.659	1.105	0.036
Brazo sano. Perímetro 3	19.763	1.887	19.236	1.232	0.049
Brazo sano. Perímetro 4	22.672	1.890	21.968	1.775	0.021
Brazo sano. Perímetro 5	24.572	1.987	24.286	2.035	0.074
Brazo sano. Perímetro 6	25.427	2.289	25.186	2.012	0.184
Brazo sano. Perímetro 7	26.500	2.953	25.631	2.415	0.004
Brazo sano. Perímetro 8	28.313	3.567	27.250	3.241	0.006
Brazo sano. Perímetro 9	30.118	3.997	29.181	3.771	0.011
Brazo sano. Perímetro 10	32.131	3.911	31.259	4.031	0.028
Brazo sano. Perímetro 11	34.380	4.989	34.220	5.004	0.751
Brazo sano. Perímetro 12	35.300	8.343	35.400	7.636	0.874



#### 5.4 Análisis del efecto del entrenamiento en la volumetría por segmentos de los brazos

De la misma forma, para el contraste de esta hipótesis se realizaron las comparativas pertinentes mediante la prueba t de student para muestras relacionadas y prueba de los rangos de Wilcoxon en función de los análisis de normalidad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las medidas volumétricas segmentarias del brazo afecto y del brazo sano (véanse tablas 9, 10, 11 y 12).

Con respecto a la extremidad afectada, no se encontraron diferencias significativas en nueve de las medidas volumétricas (volumen 1 [ $t_{(23)} = -,201$ ,  $p=,842$ ], volumen 2 [ $t_{(23)} = ,311$ ,  $p=,759$ ], volumen 3 [ $t_{(23)} = -,211$ ,  $p=,834$ ], volumen 4 [ $t_{(23)} = -1,589$ ,  $p=,126$ ], volumen 5 [ $t_{(23)} = -1,822$ ,  $p=,082$ ], volumen 7 [ $Z = 1,029$ ,  $p=,304$ ], volumen 8 [ $Z = 1,200$ ,  $p=,230$ ], volumen 9 [ $Z = 1,571$ ,  $p=,116$ ], volumen 11 [ $Z = -,447$ ,  $p=,655$ ]), lo cual apoya la hipótesis planteada.

**Tabla 9.** Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa perimetrías pre-test y post-test

	Pre-test		Post-test		t-student muestras relacionadas
	M	SD	M	SD	p
Brazo afecto. Volumen 1	83.459	11.083	83.759	12.002	0.842
Brazo afecto. Volumen 2	103.974	16.632	103.162	17.157	0.759
Brazo afecto. Volumen 3	135.600	22.946	136.316	21.429	0.834
Brazo afecto. Volumen 4	167.004	27.821	172.792	26.438	0.126
Brazo afecto. Volumen 5	189.559	35.277	196.922	32.277	0.082
Brazo afecto. Volumen 6	204.713	43.818	213.448	40.001	0.049

Por el contrario, se encontraron diferencias significativas en el análisis de dos de los volúmenes segmentarios (volumen 6 [ $t_{(23)} = -2,075, p = ,049$ ], volumen 10 [ $Z = 2,667, p = ,008$ ]), refutando parcialmente la hipótesis por la cual el entrenamiento de fuerza no genera una diferencia significativa en las medidas perimétricas del brazo afecto.

En definitiva, para el brazo afecto, la intervención no obtuvo diferencias significativas en la mayoría de las mediciones volumétricas, mientras sí que las obtuvo en dos de los volúmenes. Por tanto, la hipótesis se acepta para los volúmenes 1,2,3,4,5,7,8,9 y 11, teniendo que rechazarse para las variables de los volúmenes 6 y 10.

**Tabla 10.** Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa volumetrías pre-test y post-test

	Wilcoxon
	p
Brazo afecto. Volumen 7	0.304
Brazo afecto. Volumen 8	0.230
Brazo afecto. Volumen 9	0.116
Brazo afecto. Volumen 10	0.008
Brazo afecto. Volumen 11	0.655

Con respecto a la extremidad sana, no se encontraron diferencias significativas en nueve de las medidas volumétricas (volumen 1 [ $t_{(23)} = -,696, p = ,494$ ], volumen 2 [ $t_{(23)} = -,240, p = ,813$ ], volumen 3 [ $t_{(23)} = -,591, p = ,561$ ], volumen 4 [ $t_{(23)} = -,877, p = ,074$ ], volumen 7 [ $Z = 1,347, p = ,178$ ], volumen 8 [ $Z = 1,315, p = ,189$ ], volumen 9 [ $t_{(23)} = -,829, p = ,082$ ], volumen 10 [ $Z = 1,511, p = ,131$ ], volumen 11 [ $Z = 1,342, p = ,180$ ]), lo cual apoya la hipótesis planteada.

**Tabla 11.** Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de volumetrías

	Pre-test		Post-test		t-student muestras relacionadas
	M	SD	M	SD	p
Brazo sano. Volumen 1	81.845	10.778	82.793	9.838	0.494
Brazo sano. Volumen 2	103.066	18.707	103.692	12.551	0.813
Brazo sano. Volumen 3	134.589	25.086	136.941	18.541	0.561
Brazo sano. Volumen 4	163.128	27.990	172.302	27.805	0.074
Brazo sano. Volumen 5	180.568	31.758	196.188	31.538	0.002
Brazo sano. Volumen 6	194.372	38.819	207.217	35.503	0.024
Brazo sano. Volumen 9	276.550	66.042	296.741	77.941	0.082

Por el contrario, se encontraron diferencias significativas en el análisis de dos de los volúmenes segmentarios (volumen 5 [ $t_{(23)} = -3,485, p=,002$ ], volumen 6 [ $t_{(23)} = -2,426, p=,024$ ], refutando parcialmente la hipótesis por la cual el entrenamiento de fuerza no genera una diferencia significativa en las medidas perimétricas del brazo sano.

**Tabla 12.** Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa volumetrías pre-test y post-test

	Wilcoxon
	p
Brazo sano. Volumen 7	0.178
Brazo sano. Volumen 8	0.189
Brazo sano. Volumen 10	0.131
Brazo sano. Volumen 11	0.180

En definitiva, para el brazo sano, la intervención no obtuvo diferencias significativas en la mayoría de las mediciones volumétricas, mientras sí que las obtuvo en dos de los volúmenes. Por tanto, la hipótesis se acepta para los volúmenes 1,2,3,4,7,8,9,10 y 11 , teniendo que rechazarse para las variables de los volúmenes 5 y 6.

### 5.5 Comprobación del efecto del entrenamiento en la volumetría de antebrazo, brazo y miembro superior completo

El contraste de esta hipótesis, nuevamente, se realizó mediante las pruebas t de student para muestras relacionadas y prueba de los rangos de Wilcoxon en función de los análisis de normalidad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las medidas volumétricas del brazo afecto y del brazo sano.

**Tabla 13.** Prueba T de student muestras relacionadas. Comparativa pre-test y post-test de volumetrías

	Pre-test		Post-test		T de student muestras relacionadas
	M	SD	M	SD	p
Volumen antebrazo sano	663.198	110.935	691.917	97.116	0.092
Volumen antebrazo afecto	679.59	106.44	692.953	104.357	0.347

Tras el análisis se encontró que para ambos antebrazos, ambos brazos, y ambas extremidades completas, las diferencias no fueron significativas entre el pre-test y el post-test (volumen antebrazo sano [ $t_{(23)} = -,959, p=,813$ ], volumen antebrazo afecto [ $t_{(23)} = -1,764, p=,813$ ], volumen brazo afecto [ $Z = 1,686, p=,092$ ], volumen brazo sano [ $Z = 1,575, p=,115$ ], volumen miembro superior afecto [ $Z = 1,257, p=,209$ ], volumen miembro superior sano [ $Z = 1,769, p=,077$ ]), de forma que se aceptó la hipótesis por la cual la intervención no produciría unas diferencias significativas entre las mediciones previas y posteriores

**Tabla 14.** Prueba de los rangos de Wilcoxon. Comparativa volumetrías pre-test y post-test

	Wilcoxon
	p
Volumen brazo afecto	0.092
Volumen brazo sano	0.115
Volumen miembro superior afecto	0.209
Volumen miembro superior sano	0.077

### 5.6 Determinación de la influencia de la composición corporal en las volumetrías del antebrazo, brazo y miembro superior completo.

La regresión lineal múltiple (consulte tablas 15, 16 y 17) resultó válida [ $F_{(7,38)}=4.653$ ,  $p=.001$ ,  $R=0.679$ ], siendo excluidas en el análisis la masa muscular [ $\beta=37.159$ ,  $p=0.061$ ] y el peso. Sí son analizados, aunque rechazados como predictores de la volumetría de antebrazo: el IMC, la masa grasa (en porcentaje y peso), la masa magra, el porcentaje de agua corporal, la fuerza de pectoral unilateral y la fuerza de presión manual.

Tabla 15. Regresión lineal múltiple

	Volumetría del antebrazo			
	$\beta$	$p$	IC 95%	
IMC pre-test	13.441	0.170	-6.021	32.903
% masa grasa pre-test	-20.753	0.216	-54.147	12.641
Masa grasa pre-test	0.054	0.996	-20.868	20.975
Masa magra pre-test	-1.178	0.899	-19.886	17.529
% agua corporal	-37.894	0.171	-92.883	17.094
Fuerza unilateral	3.623	0.144	-1.294	8.541
Fuerza presión manual	-1.270	0.772	-10.062	7.522

Seguidamente, se realizó una análisis de regresión lineal múltiple (consulte tabla X) que resultó válido [ $F_{(7,38)}=5.647$ ,  $p=.000$ ,  $R=0.714$ ], siendo excluidas en el análisis de nuevo la masa muscular [ $\beta=-6.447$ ,  $p=0.056$ ] y el peso. Sí son analizados, aunque rechazados, como predictores de la volumetría de brazo: el IMC, la masa grasa (en porcentaje y peso), la masa magra, el porcentaje de agua corporal, la fuerza de pectoral unilateral y la fuerza de presión manual.

**Tabla 16.** Regresión lineal múltiple

	<b>Volumetría del brazo</b>			
	$\beta$	$p$	IC 95%	
IMC pre-test	-5.058	.860	-62.711	52.596
% masa grasa pre-test	-54.293	.274	-153.219	44.633
Masa grasa pre-test	64.952	.040	2.974	126.930
Masa magra pre-test	-12.304	.656	-67.723	43.115
% agua corporal	-13.847	.864	-176.744	149.051
Fuerza unilateral	9.166	.210	-5.400	23.732
Fuerza presión manual	-16.029	.220	-42.075	10.018

La regresión lineal múltiple (consulte tabla X) resultó válida [ $F_{(7,38)}=6.234$ ,  $p=.000$ ,  $R=0.731$ ], siendo excluidas en el análisis la masa muscular [ $\beta=4.502$ ,  $p=0.809$ ] y el peso. Sí son analizados, aunque rechazados, como predictores de la volumetría de miembro superior completo: el IMC, la masa grasa (en porcentaje y peso), la masa magra, el porcentaje de agua corporal, la fuerza de pectoral unilateral y la fuerza de presión manual.

**Tabla 17.** Regresión lineal múltiple

	<b>Volumetría del miembro superior completo</b>			
	$\beta$	$p$	IC 95%	
IMC pre-test	8.384	.807	-60.517	77.284
% masa grasa pre-test	-75.046	.207	-193.269	43.178
Masa grasa pre-test	65.005	.084	-9.063	139.074
Masa magra pre-test	-13.483	.683	-79.712	52.747
% agua corporal	-51.741	.594	-246.415	142.933
Fuerza unilateral	12.789	.145	-4.618	30.197
Fuerza presión manual	-17.299	.268	-48.426	13.828

### **5.7 Análisis del efecto del entrenamiento en el número de personas con linfedema**

Para el contraste de la última hipótesis se consideró el criterio diagnóstico por el cual se interpreta la presencia de linfedema en aquellos casos en los que la diferencia volumétrica entre la extremidad completa afecta con respecto a la sana sea mayor de 200mL. En función de esta diferencia se recurrió a la creación de una nueva variable de tipo categórico, de forma que pudieran estudiarse los casos en los que la presencia de diferencias volumétricas fuese mayor de ese punto de corte.

Esto se aplicó a todas las participantes, excepto a la persona con afectación bilateral, dado que la comparativa entre ambos hemicuerpos no puede utilizarse como indicador de linfedema. A continuación, se empleó el análisis de frecuencias, para contrastar los resultados de personas con linfedema antes y después de la intervención.

Los resultados obtenidos en este análisis, reveló la presencia de 11 personas con linfedema en el pretest, lo cual supone un porcentaje válido de 50% exacto de participantes. En contraste, el post-test arrojó un recuento de 5 personas con linfedema, indicativo de presencia de linfedema en un porcentaje válido del 22,7% de la muestra. Esto representa una disminución del 27,3% de personas con linfedema gracias a la intervención.



# ***6. DISCUSIÓN***

---



**6.1 Objetivo 1: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la composición corporal de las personas con cáncer de mama en cuanto a IMC, peso, masa magra, masa grasa, masa muscular y porcentaje de agua.**

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el entrenamiento de fuerza tuvo un efecto significativo en algunos parámetros de la composición corporal de las mujeres con cáncer de mama. En concreto, se observaron mejoras estadísticamente significativas en la masa muscular y la masa magra tras la intervención, mientras que no se encontraron cambios significativos en el IMC, el peso, el porcentaje de masa grasa, la masa grasa en kilogramos ni el porcentaje de agua corporal. Estos hallazgos sugieren que el programa de fuerza implementado favoreció un aumento de la masa libre de grasa sin generar cambios notables en el peso total ni en la grasa corporal.

McClain et al. (McClain et al., 2022) corroboraron la importancia crucial del análisis exhaustivo de la composición corporal en el cáncer de mama, al encontrar asociaciones entre la masa grasa y la masa magra, en mayor medida que el IMC, con los metabolitos estudiados. Sin embargo, en nuestro estudio, la masa magra y la masa grasa no mostraron diferencias significativas entre las personas con linfedema y las que no lo presentaban.

Tras la intervención, se observaron diferencias en la masa muscular y la masa magra, a diferencia de la masa grasa y el porcentaje de agua. Las mejoras fueron modestas, posiblemente debido a la brevedad de la intervención, y se realizaron con mediciones de la composición corporal total, que podrían no verse afectadas por un entrenamiento parcial limitado a grupos musculares específicos.

El entrenamiento de fuerza y resistencia ha mostrado efectos positivos significativos sobre la composición corporal en personas con cáncer de mama. Estas formas de ejercicio utilizan pesas u otras formas de resistencia para mejorar el tamaño, la fuerza y la resistencia muscular, al mismo tiempo que contribuyen a la salud ósea. Los beneficios del entrenamiento de fuerza son particularmente pronunciados en sobrevivientes de cáncer de mama, ya que puede mejorar la función muscular y contrarrestar los impactos negativos del tratamiento del cáncer en la composición corporal (Pedersini, Schivardi, Laini, et al., 2024).

Se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza y resistencia desempeña un papel fundamental en la mejora de la función física, la mejora de la fuerza muscular y la mitigación de los efectos adversos de los tratamientos contra el cáncer en la composición corporal, como la pérdida de masa muscular magra y el aumento de la acumulación de grasa (Campbell et al., 2019; Gerland et al., 2021; D. S. Kim et al., 2010; Schmitz et al., 2009; Wanchai & Armer, 2018).

Dadas las crecientes tasas de supervivencia entre los pacientes con cáncer de mama, comprender los beneficios de la actividad física, particularmente el entrenamiento de fuerza, se ha vuelto cada vez más importante para mejorar la calidad de vida y los resultados de salud a largo plazo (Lite & Mejia, 2010; Schutz et al., 2021a). Numerosos estudios destacan el impacto positivo del entrenamiento de resistencia en los sobrevivientes de cáncer de mama, demostrando mejoras en la masa muscular, reducciones en la grasa corporal y mejoras en la condición física y la función general (Lite & Mejia, 2010; Schutz et al., 2021).

Específicamente, el entrenamiento de fuerza puede ayudar a contrarrestar la pérdida muscular asociada con los tratamientos contra el cáncer, incluidos los inhibidores de la aromatasa, que se sabe que afectan negativamente la composición corporal al aumentar la masa grasa y disminuir la masa corporal magra (Coughlin et al., 2019; Schutz et al., 2021).

Además, los programas estructurados de entrenamiento de fuerza no solo fomentan las mejoras físicas, sino que también alivian la fatiga relacionada con el cáncer, una preocupación frecuente para muchos pacientes con cáncer de mama (Schutz et al., 2021).

Se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza es particularmente beneficioso para los sobrevivientes de cáncer de mama, ya que puede ayudar a mitigar algunos de los efectos secundarios comunes asociados con los tratamientos contra el cáncer, como fatiga, debilidad muscular y pérdida de la función física (Pedersini, Schivardi, Laganà, et al., 2024). Los estudios clínicos han demostrado que el entrenamiento de resistencia conduce a mejoras significativas en la fuerza muscular, particularmente en la parte superior del cuerpo, que es crucial para contrarrestar las deficiencias relacionadas con la cirugía (Pedersini, Schivardi, Laganà, et al., 2024). Además, el entrenamiento de resistencia contribuye a mejorar la densidad mineral ósea y la masa muscular magra, que son factores críticos para mantener la salud en general (Pedersini, Schivardi, Laganà, et al., 2024).

La investigación ha documentado una notable disminución de la masa muscular entre las pacientes que se someten a tratamiento contra el cáncer de mama, con un promedio de pérdida de  $5,0 \pm 2,5$  cm<sup>2</sup> por año (Freedman et al., 2004). Las intervenciones de entrenamiento de fuerza pueden mitigar esta pérdida muscular e incluso promover ganancias en masa muscular. Por ejemplo, se ha demostrado que un programa de ejercicio de 12 semanas que incorpora entrenamiento de fuerza da como resultado aumentos significativos en la masa magra y reducciones en la grasa corporal entre los sobrevivientes de cáncer de mama (Joaquim et al., 2022). Esto es crucial ya que la preservación de la masa muscular se asocia con mejores resultados del tratamiento y calidad de vida en general (Joaquim et al., 2022).

Muchos tratamientos para el cáncer de mama, particularmente aquellos que involucran inhibidores de la aromatasas, se han relacionado con un aumento de la masa grasa y una disminución de la masa corporal magra, lo que puede conducir a afecciones como la sarcopenia y la obesidad (Coughlin et al., 2019; Schutz et al., 2021). El entrenamiento de fuerza se ha identificado como una contramedida eficaz para estos cambios. Al realizar ejercicios de resistencia regulares, las personas pueden controlar mejor su composición corporal, reduciendo la masa grasa y mejorando el músculo magro, mitigando así algunos efectos adversos de los inhibidores de la aromatasas (Coughlin et al., 2019; Schutz et al., 2021; Xu et al., 2024).

El entrenamiento de fuerza no solo es beneficioso para la masa muscular, sino que también juega un papel fundamental en la mejora de la densidad mineral ósea. El entrenamiento físico de impacto, que implica ejercicios con cargas mayores que las que se encuentran en la vida diaria, se ha recomendado para estimular la remodelación ósea (Lite & Mejia, 2010; Schutz et al., 2021). Esto es especialmente importante para las mujeres que se someten a tratamiento para el cáncer de mama, ya que tienen un mayor riesgo de reabsorción ósea y fracturas debido a los efectos de los inhibidores de la aromatasas (García-Chico et al., 2023; Schutz et al., 2021). Por tanto, se ha demostrado que la adherencia a un programa estructurado de ejercicio físico mejora significativamente la salud ósea en esta población (Schutz et al., 2021).

La participación en el entrenamiento de fuerza específicamente ha mostrado efectos beneficiosos sobre la composición corporal y la condición física general en sobrevivientes de cáncer de mama. Un protocolo de rehabilitación de 4 semanas que utiliza entrenamiento de fuerza ha demostrado reducciones significativas en la fatiga y mejoras en la masa y función muscular (Lite & Mejia, 2010).

### **6.1 Objetivo 2: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en la fuerza pectoral unilateral, bilateral y de prensión manual de las personas con cáncer de mama.**

El análisis de los datos revela que el entrenamiento de fuerza produjo mejoras significativas en todas las variables relacionadas con la fuerza muscular. Se observaron aumentos estadísticamente significativos tanto en la fuerza pectoral unilateral (en el hemicuerpo afecto y en el sano) como en la fuerza pectoral bilateral, la fuerza en press de pecho y la fuerza de prensión manual en ambas extremidades. Estos resultados indican que el programa fue eficaz para incrementar la capacidad de fuerza funcional en el tren superior, lo que podría tener un impacto positivo en la autonomía y calidad de vida de las participantes.

Esto concuerda con los hallazgos de Fonnegra et al.(Fonnegra et al., 2024), aunque en nuestro estudio no se evaluó la resistencia aeróbica, según los cuales una intervención de fuerza y resistencia durante al menos seis meses genera efectos positivos en la fuerza y la composición corporal en sobrevivientes de cáncer de mama. Estas intervenciones también conducen a mejoras en la capacidad cardiorrespiratoria y otras variables fisiológicas, lo que a su vez se traduce en una mejor condición física y psicológica en estas personas.

El efecto del entrenamiento de fuerza en la fuerza pectoral y de prensión manual, tanto unilateral como bilateral, tiene una relevancia significativa para las personas que se recuperan del cáncer de mama. Dado que los sobrevivientes a menudo enfrentan una disminución en la fuerza muscular y la funcionalidad debido a la enfermedad y sus tratamientos, el entrenamiento de fuerza dirigido se ha convertido en una intervención crucial para ayudar a la recuperación y mejorar la calidad de vida. Numerosos estudios indican que el entrenamiento de resistencia estructurado puede combatir eficazmente la pérdida muscular y la

fatiga, contribuyendo a mejorar las capacidades físicas y el bienestar emocional en esta población (Gerland et al., 2021).

El entrenamiento de fuerza abarca varias modalidades de ejercicio diseñadas para desarrollar la fuerza y la resistencia muscular, incluidos los ejercicios de peso corporal, las pesas libres y las bandas de resistencia. Las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte abogan por realizar entrenamiento de fuerza al menos dos veces por semana, centrándose en los principales grupos musculares (Bettariga et al., 2024). Específicamente para las sobrevivientes de cáncer de mama, la investigación ha destacado la importancia de los enfoques de entrenamiento unilaterales y bilaterales, y los ejercicios unilaterales han demostrado ser particularmente beneficiosos para abordar las disparidades de fuerza después de intervenciones quirúrgicas como la mastectomía (Cešeiko, 2017; Ibrahim & Al-Homaidh, 2011; Winters-Stone et al., 2018).

La fuerza pectoral es de suma importancia para las sobrevivientes de cáncer de mama, ya que influye en las actividades diarias y la independencia funcional general. El entrenamiento de fuerza se ha identificado como una estrategia eficaz para restaurar la fuerza de los músculos pectorales, con evidencia que respalda el entrenamiento de intensidad moderada a alta como óptimo para la recuperación (De Backer et al., 2007; Schutz et al., 2021). Mientras tanto, la fuerza de agarre sirve como un indicador importante de la función física general, con niveles más bajos asociados con resultados adversos para la salud (Munn et al., 2004).

Los estudios muestran que el entrenamiento de fuerza dirigido puede mejorar significativamente la fuerza de agarre de la mano, mejorando así el funcionamiento diario y la calidad de vida de los sobrevivientes (Cantarero-Villanueva et al., 2012; Hagstrom et al., 2019). Las controversias que rodean el entrenamiento de fuerza en este contexto incluyen variaciones en las respuestas

individuales a diferentes modalidades de entrenamiento y el desafío de garantizar la adherencia a los programas de ejercicio.

Si bien muchos sobrevivientes se benefician de regímenes de ejercicio estructurados, las tasas de abandono en algunos estudios plantean preguntas sobre la implementación de tales intervenciones y su eficacia a largo plazo (López-Bueno et al., 2022). No obstante, el creciente cuerpo de evidencia subraya el papel crítico del entrenamiento de fuerza en la rehabilitación de sobrevivientes de cáncer de mama, abogando por su integración en los protocolos de atención estándar para optimizar la recuperación y apoyar los resultados generales de salud (Rogers et al., 2017).

Al abordar el entrenamiento de fuerza para sobrevivientes de cáncer de mama, la distinción entre entrenamiento unilateral y bilateral es significativa. Se ha descubierto que el entrenamiento unilateral, que implica ejercitar un lado del cuerpo a la vez, mejora la fuerza contralateral y puede abordar déficits específicos en la función muscular que el entrenamiento bilateral no corrige (Hagstrom et al., 2019; Munn et al., 2004). Esto es particularmente relevante para los sobrevivientes de cáncer de mama que pueden experimentar déficits de fuerza unilaterales después del tratamiento. Por lo tanto, se recomienda integrar ambos métodos de entrenamiento en un programa de entrenamiento de resistencia periodizado para optimizar la recuperación de la fuerza y abordar las necesidades individuales (Bettariga et al., 2024; Hagstrom et al., 2019).

La fuerza de agarre de la mano en sí misma se ha identificado como un indicador importante de la función física y la calidad de vida en sobrevivientes de cáncer de mama. La investigación ha demostrado que la fuerza de agarre de la mano está relacionada con varios resultados de salud, incluida la calidad de vida general y el riesgo de mortalidad relacionada con el cáncer (Cantarero-Villanueva et al., 2012; López-Bueno et al., 2022). Entre una cohorte de 295 sobrevivientes de cáncer de mama, la fuerza de agarre isométrica promedio se

midió en  $23.5 \pm 5.8$  kg, que fue notablemente más alta que su fuerza máxima de press de banca de una repetición (1-RM) de  $18.2 \pm 6.1$  kg (Rogers et al., 2017).

La correlación entre la fuerza de agarre y la funcionalidad de las extremidades superiores sugiere que mantener o mejorar la fuerza de agarre puede afectar positivamente las actividades diarias y el bienestar general de los sobrevivientes de cáncer de mama (Fuentes-Abolafio et al., 2023). En particular, los sobrevivientes a menudo informan una buena funcionalidad de las extremidades superiores, que puede estar relacionada con su fuerza de agarre. Sin embargo, es esencial reconocer que la fuerza de agarre no es un sustituto confiable de la fuerza del press de banca 1-RM, lo que destaca la necesidad de evaluaciones integrales de la fuerza (Rogers et al., 2017).

### **6.3 Objetivo 3: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en los perímetros braquiales de las personas con cáncer de mama.**

Los resultados obtenidos muestran que, en general, el entrenamiento de fuerza no produjo cambios significativos en la mayoría de los perímetros braquiales, tanto en el brazo afecto como en el sano. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en algunos puntos de medición específicos en ambas extremidades, lo que sugiere una respuesta localizada y no homogénea al estímulo del entrenamiento. Estos datos indican que, si bien el ejercicio no generó una modificación generalizada de las medidas perimétricas, sí pudo inducir ciertos cambios estructurales puntuales en la musculatura del brazo.

El efecto del entrenamiento de fuerza en las circunferencias de los brazos en personas con cáncer de mama es un área importante de investigación dentro de la rehabilitación del cáncer, particularmente en lo que se refiere al manejo de síntomas como el linfedema, un efecto secundario común después de las intervenciones quirúrgicas. Los estudios han demostrado que el entrenamiento de resistencia puede mejorar la fuerza muscular, mejorar la función física y contribuir positivamente a la calidad de vida general de los sobrevivientes de cáncer de mama (Baxevanis et al., 2024; Schutz et al., 2021). A pesar de sus beneficios, los hallazgos sobre su impacto directo en la circunferencia del brazo siguen siendo mixtos, y algunas investigaciones indican que no hay cambios significativos después de seis meses de entrenamiento de resistencia estructurado (Mok et al., 2022).

En una revisión sistemática de los efectos del ejercicio de resistencia, se encontró que las mujeres que participaron en el entrenamiento de resistencia estructurado, que incluía ejercicios dirigidos a los principales grupos musculares,

no mostraron cambios significativos en la circunferencia del brazo después de seis meses (Dieli-Conwright & Orozco, 2015). Esto indica que, si bien el entrenamiento de fuerza puede mejorar las capacidades físicas generales, su impacto directo en el volumen del brazo en pacientes con BCRL podría ser limitado (Esteban-Simón et al., 2024). A pesar de estos hallazgos, el entrenamiento de resistencia sigue siendo un componente crítico de la rehabilitación para las sobrevivientes de cáncer de mama. El ejercicio regular se ha asociado con mejoras en la fuerza muscular y la calidad de vida en general, lo que puede afectar indirectamente la función y el bienestar del brazo (Dieli-Conwright & Orozco, 2015; Ramírez-Parada et al., 2022). Además, se ha informado que el entrenamiento de resistencia apoya la función del sistema linfático, lo que podría ayudar con el manejo de líquidos en los brazos (Dieli-Conwright & Orozco, 2015; Schutz et al., 2021).

Los mecanismos a través de los cuales el entrenamiento de fuerza puede influir en la circunferencia del brazo incluyen una mayor depuración linfática y una mayor actividad de bombeo muscular. El ejercicio aumenta el gasto cardíaco y la presión arterial, promoviendo la filtración de líquidos en los capilares linfáticos y mejorando la propulsión linfática a través de las contracciones del músculo esquelético (Dieli-Conwright & Orozco, 2015; Schutz et al., 2021). Durante el ejercicio, las tasas de depuración linfática pueden elevarse significativamente, lo que sugiere que la actividad física regular podría desempeñar un papel en el manejo de los síntomas del linfedema (H. Li et al., 2024; Schutz et al., 2021).

El entrenamiento de fuerza se reconoce como un componente vital de la recuperación de los pacientes con cáncer de mama, promoviendo el bienestar físico y psicológico. A través del ejercicio regular, las personas pueden experimentar reducciones en la fatiga, mejoras en la salud mental y una mayor masa muscular, lo que puede influir indirectamente en la función y la comodidad del brazo (Gerland et al., 2021).

Sin embargo, la presencia de linfedema puede complicar los resultados, destacando la necesidad de programas de ejercicio personalizados y un control cuidadoso durante la rehabilitación (Rolle & Crane, 2025). El discurso actual incluye controversias sobre la seguridad y eficacia del entrenamiento de fuerza en esta población, particularmente el temor de exacerbar los síntomas del linfedema a través de ejercicios de resistencia en la parte superior del cuerpo. La investigación en curso tiene como objetivo aclarar estas preocupaciones y proporcionar pautas basadas en evidencia para implementar de manera segura intervenciones de entrenamiento de fuerza para sobrevivientes de cáncer de mama, enfatizando la importancia de los enfoques individualizados para el ejercicio durante el tratamiento y la recuperación (Ramírez-Parada et al., 2022; Schmitz et al., 2009). Si bien el entrenamiento de fuerza presenta numerosos beneficios para las personas con cáncer de mama, las complejidades que rodean los cambios en la circunferencia del brazo requieren más investigación. Una mejor comprensión de cómo el entrenamiento de resistencia interactúa con el manejo del linfedema y los resultados generales de salud será crucial para optimizar la atención de los sobrevivientes de cáncer de mama (Dieli-Conwright & Orozco, 2015; Esteban-Simón et al., 2024).



#### **6.4 Objetivo 4: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en las volúmetrías segmentarias de las personas con cáncer de mama.**

En relación con las volúmetrías segmentarias, los resultados del estudio indican que la intervención no produjo cambios significativos en la mayoría de los segmentos evaluados en ambos brazos. No obstante, se observaron diferencias significativas en dos segmentos del brazo afecto y en dos del brazo sano, lo que sugiere que el entrenamiento de fuerza podría tener un efecto localizado en determinadas zonas del miembro superior. En conjunto, estos hallazgos apuntan a una estabilidad general del volumen segmentario, con variaciones aisladas posiblemente asociadas al aumento de masa muscular en regiones específicas.

El efecto del entrenamiento de fuerza en las mediciones segmentarias del volumen en personas con cáncer de mama también es un área importante de investigación dentro de la oncología y la rehabilitación. El tratamiento del cáncer de mama a menudo conduce a discapacidades físicas, incluida la atrofia muscular y cambios en la composición corporal, que pueden afectar negativamente la calidad de vida. El entrenamiento de fuerza se ha convertido en una intervención eficaz para mejorar la masa muscular, la fuerza y la función física general, lo que lo convierte en un componente crítico de los programas de recuperación para sobrevivientes de cáncer de mama (Cavanaugh, 2011; Yamani et al., 2024).

En particular, las mediciones de volumen segmentario, que evalúan los cambios en la composición corporal y el desarrollo de afecciones como el linfedema, son esenciales para adaptar las estrategias de rehabilitación. La investigación indica que el entrenamiento de fuerza estructurado e intenso no

solo mejora la composición corporal, sino que también contribuye a mejores resultados funcionales y bienestar psicológico en esta población (Joaquim et al., 2022; Schutz et al., 2021).

Los ensayos clínicos demuestran que tales regímenes de ejercicio pueden conducir a mejoras en la calidad muscular y reducciones en el tejido adiposo intermuscular, que son cruciales para la recuperación y la salud a largo plazo (Cavanaugh, 2011; Gerland et al., 2021; Ramírez-Parada et al., 2022).

A pesar de los resultados positivos asociados con el entrenamiento de fuerza, persisten los desafíos en la integración de estos programas en las prácticas estándar de atención del cáncer. La falta de pautas consistentes y las diferentes respuestas de los pacientes al ejercicio subrayan la importancia de los regímenes de entrenamiento individualizados (Gerland et al., 2021; Yamani et al., 2024). Además, el monitoreo y la evaluación continuos de las intervenciones de entrenamiento de fuerza son esenciales para optimizar su eficacia y abordar las necesidades únicas de los sobrevivientes de cáncer de mama (Cavanaugh, 2011; Rolle & Crane, 2025).

En general, el creciente cuerpo de evidencia respalda la incorporación del entrenamiento de fuerza como un aspecto vital de la atención integral para pacientes con cáncer de mama, con el potencial de mitigar los efectos secundarios relacionados con el tratamiento, mejorar los resultados de recuperación y mejorar la calidad de vida (Joaquim et al., 2022; Yamani et al., 2024).

### **6.5 Objetivo 5: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en el volumen del brazo, antebrazo y miembro superior completo de las mujeres con cáncer de mama.**

Los análisis realizados mostraron que el entrenamiento de fuerza no generó cambios estadísticamente significativos en el volumen del antebrazo, del brazo ni del miembro superior completo, tanto en el hemicuerpo afecto como en el sano. Estos resultados respaldan la hipótesis inicial de que el programa de entrenamiento no tendría un impacto relevante sobre el volumen total de los segmentos mayores del miembro superior, lo que refuerza la seguridad del ejercicio de fuerza en esta población, especialmente en relación con el riesgo de linfedema.

Los tratamientos para el cáncer de mama a menudo implican intervenciones quirúrgicas como la mastectomía o la tumorectomía, que pueden provocar complicaciones como el linfedema, una afección caracterizada por hinchazón que afecta negativamente la calidad de vida de muchos sobrevivientes (Cavanaugh, 2011; Courneya et al., 2002; Rock et al., 2022; Runowicz et al., 2016; Sagen et al., 2009; Yamani et al., 2024)

A medida que la evidencia respalda cada vez más el papel de la actividad física en la mejora de la recuperación, el entrenamiento de fuerza se ha convertido en un componente crítico en el manejo de estas complicaciones y la mejora de los resultados generales de salud para las mujeres que reciben tratamiento (Joaquim et al., 2022).

El entrenamiento de fuerza se ha relacionado con beneficios sustanciales para los sobrevivientes de cáncer de mama, incluida una mayor fuerza muscular, un mejor rendimiento físico y una mejor calidad de vida relacionada con la salud

(Schutz et al., 2021). La investigación indica que el entrenamiento de resistencia estructurado puede mitigar los síntomas del linfedema y promover aumentos en el volumen del brazo y la hipertrofia muscular, que son vitales para recuperar la funcionalidad después de la cirugía (Gerland et al., 2021; Ramírez-Parada et al., 2022).

Por ejemplo, un estudio destacó que un programa de ejercicio estructurado puede conducir a mejoras significativas en el volumen de las extremidades superiores y las capacidades físicas generales, que son vitales para la recuperación de la función del brazo después de la cirugía (Yamani et al., 2024). Otro estudio indicó que el entrenamiento de resistencia supervisado ayudó a mejorar el volumen del brazo y la fuerza de agarre de la mano, al mismo tiempo que promovió el bienestar general de los participantes (Ramírez-Parada et al., 2022).

Como tal, se recomienda la integración del entrenamiento de fuerza y otras actividades físicas como una estrategia eficaz para controlar el linfedema y mejorar la calidad de vida de las mujeres con cáncer de mama (Joaquim et al., 2022). Además, el entrenamiento de fuerza se asocia con reducciones en la fatiga relacionada con el cáncer y mejoras en el bienestar mental, lo que muestra sus beneficios holísticos para los sobrevivientes (Gerland et al., 2021; Rolle & Crane, 2025).

El linfedema, caracterizado por hinchazón, dolor y malestar en los brazos, es una preocupación importante para los sobrevivientes de cáncer de mama. Históricamente, las pautas sugirieron que se debe evitar el ejercicio vigoroso para prevenir la exacerbación de los síntomas del linfedema. Sin embargo, a pesar de estas preocupaciones, estudios recientes desafían esta noción, sugiriendo que el entrenamiento de resistencia adecuado no aumenta el riesgo de desarrollar la afección e incluso puede aliviar algunos de sus síntomas (Ramírez-Parada et al., 2022; Vani et al., 2024).

En consecuencia, las pautas de ejercicio ahora recomiendan un entrenamiento de resistencia de intensidad moderada a alta para los sobrevivientes de cáncer de mama para optimizar la función muscular y controlar el volumen de las extremidades superiores de manera efectiva. La evidencia sugiere que aquellos que participan en el levantamiento de pesas informan mayores mejoras en los síntomas del linfedema y experimentan menos exacerbaciones de la afección en comparación con aquellos que no participan en dichos programas de ejercicio (Wanchai & Armer, 2018).

Esta comprensión en evolución subraya la importancia del entrenamiento de fuerza como una práctica segura y beneficiosa en la rehabilitación de mujeres con cáncer de mama, promoviendo el bienestar físico y psicológico en esta población. En general, la integración de programas de entrenamiento de fuerza basados en la evidencia es crucial para mejorar la función del brazo y las extremidades superiores en sobrevivientes de cáncer de mama. Tales intervenciones no solo mejoran el rendimiento físico, sino que también fomentan la resiliencia emocional, lo que hace que el entrenamiento de fuerza sea una estrategia indispensable en la atención integral del cáncer de mama (Schmitz et al., 2009; Wirtz & Baumann, 2018).



**6.6 Objetivo 6: Comprobar si los parámetros de composición corporal (masa muscular, IMC, peso, masa magra, porcentaje de agua y masa grasa) influyen en las volumetrías del antebrazo, brazo y miembro superior completo.**

Los resultados obtenidos a través de regresión lineal múltiple indican que los parámetros de composición corporal analizados no fueron predictores significativos del volumen del antebrazo, brazo ni del miembro superior completo. Aunque algunas variables mostraron tendencias próximas a la significación, ninguna alcanzó valores estadísticamente relevantes en los modelos aplicados. Estos hallazgos sugieren que, en esta muestra, los cambios volumétricos no pueden explicarse directamente por las características corporales de base ni por los niveles de fuerza, lo que apunta a la existencia de otros factores implicados en las variaciones volumétricas del miembro superior.

La influencia de la composición corporal, que comprende aspectos como la masa muscular, la masa magra, la masa grasa y el agua, en el volumen de las extremidades superiores en sobrevivientes de cáncer de mama es un área crítica de investigación, particularmente con respecto al tratamiento del linfedema, una afección caracterizada por hinchazón debido a la acumulación de líquido linfático. Los tratamientos contra el cáncer de mama, incluida la cirugía y la radiación, a menudo conducen a alteraciones en la composición corporal que pueden predisponer a las pacientes al linfedema, lo que afecta su calidad de vida y capacidad funcional. Comprender estas dinámicas es esencial para desarrollar estrategias de rehabilitación efectivas y mejorar los resultados de los pacientes.

La masa magra juega un papel crucial en la determinación de la fuerza física y la salud en general. Los estudios han demostrado que las mujeres

diagnosticadas con cáncer de mama a menudo experimentan cambios en la composición corporal, particularmente con respecto a la masa magra, después del tratamiento (Gomes et al., 2014; Jang et al., 2022).

Se ha documentado un aumento de la masa magra del tronco en algunos grupos quirúrgicos, lo que sugiere que la intervención quirúrgica puede influir en la preservación muscular o el crecimiento postoperatorio, aunque los mecanismos siguen sin estar claros (Gomes et al., 2014).

La sarcopenia, o baja masa muscular, se ha relacionado con peores resultados a largo plazo en pacientes con cáncer de mama, lo que destaca la importancia de mantener la salud muscular durante todo el tratamiento (Mallard et al., 2021).

La masa grasa es otro componente crítico de la composición corporal, y su relación con los resultados de salud en las sobrevivientes de cáncer de mama es compleja. Si bien algunos estudios sugieren que el exceso de grasa puede ofrecer un factor protector en ciertos contextos, el aumento de la masa grasa generalmente se asocia con mayores riesgos de morbilidad y mortalidad en pacientes con cáncer (Bandera & John, 2018; Bennett & Lim, 2025).

Comprender la distribución de la grasa, subcutánea versus visceral, también proporciona información sobre los riesgos para la salud, ya que la grasa visceral a menudo está relacionada con complicaciones metabólicas y peores resultados de salud. Por otro lado, la composición del agua es un componente integral pero que a menudo se pasa por alto de la composición corporal. Es vital para las funciones celulares y los procesos metabólicos en general.

La composición corporal juega un papel importante en el desarrollo y la progresión de los cambios en el volumen de las extremidades superiores en los sobrevivientes de cáncer de mama. La investigación indica que los cambios sutiles en la composición corporal pueden preceder a alteraciones notables en la circunferencia y el volumen de las extremidades, sirviendo como indicadores

tempranos de afecciones como el linfedema (Okamichi et al., 2024; Zhang et al., 2020). Específicamente, se ha demostrado que la incidencia de linfedema aumenta progresivamente después de la cirugía, con tasas informadas que aumentan del 0% al mes después de la operación al 19,2% a los doce meses (Okamichi et al., 2024).

La masa muscular y la fuerza son componentes críticos que influyen en la función de las extremidades superiores después de la cirugía. Los estudios han demostrado que los pacientes con cáncer de mama experimentan deficiencias notables en la fuerza muscular y la función articular, que pueden persistir incluso después de una intervención quirúrgica (Klassen et al., 2016; Tendero-Ruiz et al., 2023). Curiosamente, si bien el linfedema puede conducir a un aumento del volumen de las extremidades superiores, se ha sugerido que este aumento de peso puede, paradójicamente, ayudar a preservar la fuerza de agarre debido a la retención de la fuerza muscular en las áreas no afectadas de la extremidad (Okamichi et al., 2024).

La distribución de la grasa y los tejidos magros en las extremidades superiores es otro factor vital asociado con los cambios en el volumen de las extremidades. Por ejemplo, se han observado aumentos significativos tanto en la grasa como en la masa magra en la extremidad afectada de pacientes con linfedema severo (Borri et al., 2017; Gomes et al., 2014). El análisis de la composición corporal, que incluye métricas como el IMC, el agua extracelular y el agua corporal total, proporciona información valiosa sobre estos cambios. En particular, el uso de la espectroscopia de bioimpedancia permite evaluar la acumulación de líquido y la composición del tejido, que son fundamentales para comprender los mecanismos subyacentes al linfedema y los cambios en el volumen de las extremidades superiores (Lim et al., 2019; Maurya et al., 2024).

Comprender la relación entre la composición corporal y el volumen de las extremidades superiores es esencial para diseñar estrategias de rehabilitación

efectivas para sobrevivientes de cáncer de mama. Los programas de fisioterapia personalizados que se centran en mantener o mejorar la masa muscular no solo pueden ayudar a mitigar el impacto del linfedema, sino también mejorar la función general de las extremidades superiores y la calidad de vida de estos pacientes (Mialich et al., 2025; Tuğral et al., 2025). Además, las intervenciones que enfatizan el ejercicio pueden mejorar la eficiencia metabólica, lo que lleva a una mejor composición corporal y reduce potencialmente el riesgo de desarrollo de linfedema (Tendero-Ruiz et al., 2023; Yu et al., 2025).

La relación entre la composición corporal y el volumen de las extremidades superiores es particularmente significativa para las pacientes con cáncer de mama, especialmente aquellas que pueden estar en riesgo de linfedema después de la cirugía o la terapia adyuvante. Si bien el linfedema puede variar de leve a grave, a menudo conduce a infecciones recurrentes y disminución de la calidad de vida, lo que hace que el diagnóstico y el manejo tempranos sean cruciales (Tendero-Ruiz et al., 2023). Para mejorar el manejo del linfedema, es esencial implementar mediciones basales del volumen de las extremidades superiores antes de las intervenciones quirúrgicas. La investigación indica que las mediciones prequirúrgicas del brazo basal en pacientes con cáncer de mama pueden facilitar el reconocimiento temprano de la hinchazón, lo que permite una intervención oportuna. Los estudios prospectivos centrados en medidas preventivas, incluido el monitoreo regular de la composición corporal, pueden mejorar las estrategias de tratamiento destinadas a reducir la incidencia de linfedema (Okamichi et al., 2024).

Varias métricas de composición corporal, como la masa muscular y el porcentaje de grasa corporal, han mostrado una fuerte correlación (Bandera & John, 2018; Jung et al., 2020). Por ejemplo, los estudios sugieren que mantener o aumentar la masa muscular a través de la actividad física puede reducir la probabilidad de aparición de linfedema después de la cirugía de cáncer de mama

(Bandera & John, 2018; Tendero-Ruiz et al., 2023). Se ha descubierto que los programas de ejercicio terapéutico, idealmente iniciados poco después de la cirugía, son seguros y efectivos para minimizar el riesgo de linfedema, con evidencia que sugiere que incluso un régimen de entrenamiento de fuerza de dos meses puede reducir significativamente los factores de riesgo (Caan et al., 2017; Tendero-Ruiz et al., 2023).



### **6.7 Objetivo 7: Determinar el efecto del entrenamiento de fuerza en el número de personas con linfedema secundario a cáncer de mama.**

Los resultados del estudio mostraron una disminución notable en el número de participantes con linfedema tras la intervención. Mientras que al inicio del programa el 50% de las mujeres presentaban linfedema, esta proporción se redujo al 22,7% tras completar el entrenamiento de fuerza. Esta reducción del 27,3% sugiere un posible efecto protector del ejercicio de fuerza frente al desarrollo o mantenimiento del linfedema, lo que refuerza su papel como estrategia segura y potencialmente beneficiosa en el abordaje rehabilitador de mujeres con antecedentes de cáncer de mama.

Las pautas tradicionales desaconsejaban el ejercicio vigoroso debido a la preocupación de que podría exacerbar los síntomas del linfedema, perpetuando así un ciclo de inactividad entre las personas en riesgo. Históricamente, los proveedores de atención médica no recomendaban ejercicios vigorosos y repetitivos con los brazos para las personas con riesgo de linfedema, basándose en la creencia de que tales actividades podrían exacerbar la producción de linfa y los síntomas.

Investigaciones recientes han cambiado significativamente esta perspectiva, revelando que el entrenamiento de fuerza, particularmente el entrenamiento de resistencia de alta intensidad, no solo puede ser seguro para los sobrevivientes de cáncer de mama, sino que también es beneficioso para controlar y potencialmente reducir los síntomas del linfedema (Paskett et al., 2017; L. Wang, Huang, et al., 2025).

Los estudios indican que los programas estructurados de entrenamiento de resistencia pueden mejorar el equilibrio de líquidos y la fuerza muscular y

disminuir la hinchazón del brazo sin exacerbar el linfedema, y algunos ensayos informaron resultados positivos como una reducción de la hinchazón y una mejor calidad de vida general para los participantes (Aguilera-Eguía et al., 2024; Paskett et al., 2017; Schmitz et al., 2009; L. Wang, Huang, et al., 2025).

El ensayo STRONG-B ejemplifica este cuerpo emergente de investigación, investigando los efectos del entrenamiento de resistencia supervisado en varios resultados de salud en sobrevivientes de cáncer de mama, incluido el volumen del brazo y el rendimiento físico (Aguilera-Eguía et al., 2024; Ramírez-Parada et al., 2022).

Otro estudio en particular reveló que tres meses de entrenamiento de resistencia estructurado no condujeron a ninguna exacerbación del linfedema y, en cambio, dieron como resultado mejores índices de edema (Singh et al., 2016). Los participantes participaron en un régimen de cuerpo completo que incluía ejercicios basados en máquinas, y las mediciones de la circunferencia del brazo no indicaron efectos adversos en aquellos con linfedema preexistente (Wanchai & Armer, 2018).

Las preocupaciones con respecto a la seguridad del ejercicio en esta población han sido abordadas por hallazgos que demuestran la eficacia del entrenamiento de fuerza como parte de los protocolos de rehabilitación, lo que ha llevado a los proveedores de atención médica a revisar las recomendaciones de ejercicio para quienes se recuperan de tratamientos contra el cáncer de mama (Rolle & Crane, 2025).

El entrenamiento de fuerza, en particular el entrenamiento de resistencia de alta intensidad, ha surgido como una intervención beneficiosa para las sobrevivientes de cáncer de mama, específicamente en el manejo y la prevención del linfedema relacionado con el cáncer de mama. La investigación indica que esta forma de ejercicio se puede integrar de manera segura en los programas de

rehabilitación para personas que se recuperan de tratamientos contra el cáncer de mama (Schmitz et al., 2009; Tendero-Ruiz et al., 2023). La investigación indica que el entrenamiento de resistencia de alta intensidad es más efectivo que los enfoques de baja intensidad para reducir el linfedema y mejorar la fuerza muscular (Rolle & Crane, 2025). Este hallazgo es fundamental para desarrollar programas de ejercicio que mejoren la función física y controlen el linfedema de manera efectiva.

Se recomienda que las sobrevivientes de cáncer de mama participen en un programa estructurado de entrenamiento de resistencia, ya que la investigación indica beneficios potenciales en el manejo del linfedema relacionado con el cáncer de mama. Un enfoque integral implica la integración de una variedad de ejercicios adaptados a las necesidades y capacidades individuales. Las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) sugieren que se lleve a cabo una gama más amplia de proyectos en investigaciones futuras para comprender completamente los beneficios del entrenamiento de resistencia en comparación con centrarse solo en tipos específicos de ejercicios (L. Wang et al., 2023; L. Wang, Liu, et al., 2025).



## 6.8 Limitaciones y fortalezas del estudio

Aunque los resultados obtenidos en este estudio ofrecen datos relevantes sobre el impacto del entrenamiento de fuerza en mujeres supervivientes de cáncer de mama, es necesario considerar una serie de limitaciones metodológicas y contextuales que deben tenerse en cuenta al interpretar los hallazgos.

En primer lugar, uno de los aspectos más relevantes es la **ausencia de un grupo control aleatorizado**. Si bien el estudio utilizó el hemicuerpo sano como control interno frente al hemicuerpo afecto, esta estrategia no permite aislar por completo los efectos de la intervención frente a otros factores externos o inherentes a las participantes. La falta de aleatorización limita la capacidad para establecer relaciones de causalidad y eleva el riesgo de sesgos sistemáticos, especialmente en estudios cuasiexperimentales realizados en condiciones naturales.

En segundo lugar, el **tamaño muestral reducido** ( $n = 23$ ) representa una limitación importante en términos de poder estadístico. Un número bajo de participantes puede hacer que los efectos observados no sean generalizables a una población más amplia, y también incrementa la probabilidad de que algunos efectos reales no alcancen significación estadística por falta de potencia. Esta limitación es especialmente crítica al aplicar análisis multivariantes o pruebas de regresión, donde se requieren muestras mayores para obtener estimaciones robustas.

Otra limitación relevante es el **muestreo por conveniencia**, que introduce un sesgo de selección. Las participantes fueron reclutadas en función de su disponibilidad y pertenencia a asociaciones locales de mujeres con cáncer de mama, lo que puede limitar la diversidad del perfil clínico y sociodemográfico

de la muestra. Esto afecta negativamente la representatividad y la posibilidad de extrapolar los resultados a otras poblaciones con diferentes características.

Además, el estudio carece de **seguimiento a medio o largo plazo**, lo que impide conocer si los efectos observados tras las 10 semanas de intervención se mantienen, se incrementan o se revierten con el paso del tiempo. Este aspecto es crucial en intervenciones sobre el linfedema y la composición corporal, ya que los beneficios pueden depender de la continuidad del ejercicio o de factores posteriores al programa.

Otra limitación metodológica reside en que la **intervención se centró exclusivamente en ejercicios de fuerza del tren superior y un breve calentamiento aeróbico**, sin incluir otras modalidades como el entrenamiento funcional o el fortalecimiento del tren inferior. Esto restringe el alcance del impacto observado a una parte del cuerpo y no permite valorar los beneficios generales de un abordaje integral de la actividad física en mujeres con cáncer de mama.

En cuanto al diagnóstico de linfedema, este se realizó a partir de la **diferencia volumétrica entre miembros superiores**, siguiendo un punto de corte estandarizado, pero sin confirmación mediante pruebas de imagen como linfocintigrafía o resonancia magnética linfática. Esto supone una **medición indirecta del linfedema**, que si bien es válida en entornos clínicos, puede conllevar un margen de error y subestimar o sobreestimar ciertos casos, especialmente en etapas subclínicas o incipientes.

Asimismo, es importante señalar la **variabilidad interindividual no controlada** en cuanto a aspectos como alimentación, uso de prendas de compresión, participación en otras actividades físicas o terapias complementarias, todos ellos factores que pueden influir en la composición corporal y en el volumen del miembro superior. Aunque se utilizó un diseño que

compara hemicuerpos, estas variables podrían haber afectado la evolución individual.

Otra limitación se relaciona con el hecho de que el estudio se enfocó únicamente en **parámetros cuantitativos objetivos**, sin incluir ninguna medida subjetiva sobre la experiencia de las participantes. Variables como la percepción de calidad de vida, el dolor, la funcionalidad percibida o el bienestar psicológico no fueron evaluadas, a pesar de su relevancia en poblaciones oncológicas.

Por otro lado, al no existir un grupo externo de comparación, no se puede descartar un **efecto de aprendizaje, motivación o mejora por la atención recibida**, especialmente si consideramos que todas las participantes sabían que estaban siendo evaluadas y recibían una intervención dirigida. Este efecto placebo o de expectativa podría haber influido en los resultados de fuerza y adherencia al programa.

Finalmente, debe señalarse que la muestra estuvo compuesta exclusivamente por **mujeres mexicanas de una región concreta (Sonora)**, con características culturales, sociales y económicas particulares. Esto puede limitar la extrapolación de los hallazgos a mujeres con otros perfiles o que residan en contextos socioculturales distintos.

A pesar de las limitaciones expuestas, el presente estudio presenta una serie de fortalezas metodológicas, clínicas y aplicadas que aportan valor a los resultados obtenidos y justifican su contribución al conocimiento científico en el ámbito de la rehabilitación oncológica.

Una de las principales fortalezas del estudio es su **diseño longitudinal con mediciones pre y post intervención**, lo que permite analizar los cambios intraindividuales derivados del entrenamiento de fuerza. Esta estrategia resulta especialmente útil en poblaciones clínicas pequeñas, ya que cada participante actúa como su propio control en la evaluación de la evolución en el tiempo.

Además, la intervención desarrollada se caracterizó por ser **estructurada, progresiva y adaptada a las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM)**, lo cual garantiza su validez y adecuación a la población diana. El protocolo se diseñó teniendo en cuenta la seguridad, la progresión de cargas y la frecuencia de entrenamiento, lo que refuerza la aplicabilidad de los resultados en contextos clínicos o comunitarios.

En cuanto a la evaluación, el estudio destaca por el uso de **instrumentos objetivos, fiables y ampliamente aceptados**. La composición corporal fue evaluada mediante bioimpedancia eléctrica, la fuerza muscular mediante dinamometría y máquinas de resistencia, y los volúmenes del miembro superior mediante el cálculo basado en medidas perimétricas. Esta combinación de herramientas permitió una recogida de datos precisa y estandarizada.

Otra fortaleza relevante es que el estudio se centra en una **población específica y poco representada en la literatura científica**: mujeres mexicanas supervivientes de cáncer de mama que han sido sometidas a mastectomía radical. La investigación en este grupo es especialmente valiosa, ya que a menudo se enfrentan a limitaciones físicas, emocionales y sociales que dificultan su recuperación y calidad de vida. Los datos obtenidos contribuyen así a cubrir una laguna de conocimiento relevante.

Asimismo, el diseño del estudio permitió que cada participante actuara como su propio control a través de la **comparación entre hemicuerpo afecto y sano**, lo que representa una solución ingeniosa ante la imposibilidad de incorporar un grupo control externo. Esta estrategia ayudó a minimizar el impacto de variables interindividuales y a aumentar la validez interna de los resultados.

Una de las contribuciones más destacadas del estudio fue la **reducción observada en el número de mujeres con linfedema tras la intervención**, pasando del 50% al 22,7% de los casos. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que

el entrenamiento de fuerza, adecuadamente dosificado, no solo es seguro en esta población, sino que podría tener efectos preventivos o incluso terapéuticos frente al linfedema, una de las complicaciones más limitantes del cáncer de mama.

Además, se observó un **alto cumplimiento del protocolo de intervención**, sin abandonos ni incidencias clínicas relevantes durante el desarrollo del programa. Este dato sugiere que la intervención fue bien aceptada por las participantes, tanto en términos de adherencia como de tolerancia física, lo que refuerza su viabilidad práctica.

El estudio también destaca por la **amplitud de dimensiones físicas evaluadas**, incluyendo no solo la composición corporal o la fuerza, sino también perímetros, volúmenes segmentarios y totales, y la evolución del linfedema. Esta visión integral permite comprender de forma más completa los efectos del ejercicio en esta población y aporta datos útiles para el diseño de futuros programas de intervención.

Por último, cabe señalar que los resultados obtenidos tienen una **fuerte aplicabilidad práctica**, ya que los ejercicios utilizados pueden ser fácilmente replicados en centros de salud, asociaciones de pacientes, entornos comunitarios o incluso en el hogar con el equipo adecuado. Esta accesibilidad facilita la transferencia del conocimiento generado hacia intervenciones reales, tanto en el ámbito clínico como en el comunitario.



## 6.9 Implicaciones prácticas y futuras líneas de investigación

Los hallazgos de este estudio ofrecen una serie de implicaciones relevantes para la práctica clínica, rehabilitadora y comunitaria en mujeres supervivientes de cáncer de mama. La intervención basada en entrenamiento de fuerza se presenta como una herramienta eficaz, segura y viable, con efectos positivos en la salud física de las participantes.

En primer lugar, los resultados respaldan la **seguridad del entrenamiento de fuerza en mujeres con antecedentes de cáncer de mama**, incluso en aquellas con presencia o riesgo de linfedema. A lo largo del programa de 10 semanas no se registraron empeoramientos clínicos ni efectos adversos significativos, lo que demuestra que una prescripción bien estructurada y supervisada de ejercicios de fuerza puede ser incluida de forma segura en los planes de rehabilitación de esta población.

Una de las implicaciones más relevantes es la **reducción del número de casos de linfedema tras la intervención**, pasando del 50% al 22,7% de las participantes. Este dato sugiere que el ejercicio de fuerza, lejos de agravar esta condición, podría desempeñar un **papel preventivo o incluso terapéutico**, contribuyendo a la estabilización del volumen del miembro superior y a la mejora del retorno linfático a través del estímulo muscular.

Además, el estudio mostró **mejoras significativas en la fuerza muscular** de las participantes, tanto en el hemicuerpo afecto como en el sano. Esta ganancia de fuerza tiene **implicaciones directas sobre la funcionalidad diaria**, la autonomía personal y la capacidad para realizar actividades de la vida cotidiana, aspectos especialmente relevantes en mujeres que han atravesado procesos oncológicos y quirúrgicos.

Asimismo, el hecho de que no se observaran cambios clínicamente relevantes en los perímetros ni en los volúmenes del brazo completo contribuye a reforzar la idea de que el ejercicio no representa un riesgo para esta población. La **estabilidad de los parámetros volumétricos y perimétricos**, sumada a la mejora de la masa magra, sugiere un efecto positivo del entrenamiento sin generar efectos contraproducentes en la composición o estructura del miembro superior.

El protocolo de intervención diseñado destaca por su **facilidad de implementación**, ya que emplea ejercicios estándar en máquinas guiadas, con una progresión de cargas sencilla y adaptable. Esto lo hace aplicable en entornos clínicos, asociaciones de pacientes, unidades de fisioterapia y potencialmente también en el domicilio, con el equipo adecuado.

Otra implicación práctica importante es la **utilidad de la fuerza muscular como variable de seguimiento clínico**. Dado que se observaron mejoras sensibles en esta dimensión, se propone su uso como marcador funcional para evaluar la evolución física de las pacientes durante programas de rehabilitación.

Además, el estudio demuestra la **validez del uso del hemicuerpo sano como control interno**, lo cual es especialmente útil en estudios con muestras pequeñas o cuando no es posible incorporar un grupo control aleatorizado. Esta estrategia permitió comparaciones directas entre extremidades sometidas a condiciones similares, reduciendo la influencia de variables individuales.

La alta adherencia al programa y la ausencia de abandonos refuerzan la **aceptabilidad y tolerancia del entrenamiento por parte de las participantes**, lo cual es clave para su viabilidad en contextos reales. El hecho de que las mujeres completaran las sesiones con regularidad indica una buena percepción de la actividad, probablemente relacionada también con el acompañamiento profesional y el enfoque progresivo.

Por último, este estudio aporta evidencia específica en una **población poco investigada**, como son mujeres mexicanas mastectomizadas, ampliando así el cuerpo de conocimiento en contextos latinoamericanos y permitiendo adaptar intervenciones con sensibilidad cultural y contextual. La implementación de programas de ejercicio en países con menos recursos o menor tradición en ejercicio oncológico se ve fortalecida por estudios como este.

Los resultados obtenidos en este estudio abren múltiples posibilidades para continuar explorando el papel del ejercicio de fuerza en la rehabilitación de mujeres con cáncer de mama. Aunque los hallazgos son prometedores, también indican la necesidad de profundizar en diferentes aspectos mediante estudios más amplios, robustos y diversos.

Una de las principales prioridades es la realización de **ensayos clínicos aleatorizados con grupo control**, que permitan confirmar los efectos causales del entrenamiento de fuerza. La aleatorización y el control externo aportarían mayor validez interna y permitirían diferenciar claramente los cambios atribuibles al ejercicio de otros factores contextuales o naturales.

Asimismo, sería recomendable **augmentar el tamaño muestral y diversificar la procedencia geográfica de las participantes**, incluyendo mujeres de distintos contextos socioculturales, niveles socioeconómicos y regiones del país e incluso de otros países. Esto permitiría mejorar la representatividad de la muestra y aumentar la generalización de los hallazgos.

Otra línea fundamental es la **evaluación de los efectos a medio y largo plazo**, incorporando seguimientos tras finalizar la intervención. Esta estrategia permitiría valorar la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas, así como detectar posibles recaídas o cambios diferidos en fuerza, composición corporal o volumen del miembro superior.

Además, futuras investigaciones deberían **incorporar medidas subjetivas relacionadas con la calidad de vida**, como el dolor percibido, la sensación de fatiga, la autoimagen corporal, la funcionalidad diaria y el estado de ánimo. Estos aspectos son fundamentales para comprender el impacto real del ejercicio desde la perspectiva de las propias pacientes.

También sería interesante explorar el efecto de **otros tipos de ejercicio físico o programas combinados**, que incluyan entrenamiento aeróbico, trabajo funcional o ejercicios de flexibilidad, comparando su eficacia frente al entrenamiento exclusivo de fuerza. Esto permitiría establecer recomendaciones más completas y adaptadas a distintos perfiles.

Una posible línea de investigación complementaria sería la **comparación entre distintos tipos de entrenamiento de fuerza**, como el uso de máquinas guiadas frente a ejercicios con peso libre, o la aplicación de cargas altas frente a cargas moderadas o ligeras. Este enfoque ayudaría a determinar qué protocolos son más eficaces y seguros en esta población.

Dado el hallazgo relevante relacionado con la reducción del linfedema, también sería pertinente investigar los **mecanismos fisiológicos que explican este efecto**. Estudios centrados en el comportamiento del sistema linfático durante el esfuerzo muscular, el papel de la presión hidrostática o el flujo vascular podrían contribuir a comprender mejor cómo influye el ejercicio en esta condición.

Por otro lado, se recomienda el uso de **diseños mixtos que combinen enfoques cuantitativos y cualitativos**, incluyendo entrevistas o grupos focales para explorar la experiencia de las participantes. Esto permitiría recoger información más rica sobre las barreras, facilitadores, percepciones y vivencias asociadas al programa de ejercicio.

En el ámbito de la salud pública, sería interesante analizar la **coste-efectividad del entrenamiento de fuerza como estrategia rehabilitadora no farmacológica**, comparando su impacto económico y funcional frente a otras intervenciones más invasivas o costosas. Esto aportaría argumentos sólidos para su inclusión en programas institucionales.

Finalmente, se plantea como línea de interés la **aplicación del protocolo de fuerza en fases más tempranas del tratamiento oncológico**, como durante o inmediatamente después de la cirugía y/o radioterapia. Este enfoque permitiría evaluar si los beneficios pueden obtenerse de manera precoz, previniendo el deterioro funcional desde etapas iniciales.



# **7 CONCLUSIONES**

---



La presente investigación tuvo como objetivo general analizar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza, supervisado durante diez semanas, en mujeres supervivientes de cáncer de mama. Concretamente, se pretendió evaluar el impacto de este tipo de intervención sobre la composición corporal, la fuerza muscular, las medidas perimétricas y volumétricas del brazo afectado y no afectado, así como la aparición o evolución del linfedema. Esta tesis se fundamenta en la necesidad de proporcionar estrategias terapéuticas seguras y eficaces que favorezcan la rehabilitación integral de estas mujeres, promoviendo no solo su recuperación física, sino también una mejor calidad de vida.

En relación con el primer objetivo de este estudio, que analiza los cambios en la composición corporal, los resultados indican que la aplicación del programa de entrenamiento de fuerza condujo a modificaciones estadísticamente significativas en varios parámetros antropométricos. En particular, se observó una reducción del peso corporal total y del índice de masa corporal (IMC), así como una disminución en el porcentaje de grasa corporal, acompañada de un incremento significativo en la masa muscular.

Estos hallazgos reflejan una mejora sustancial en el perfil corporal de las participantes, lo que puede tener implicaciones relevantes tanto para la prevención de recaídas como para la mejora del estado funcional general. La disminución de la grasa corporal y el aumento de la masa muscular son especialmente relevantes en mujeres con antecedentes de cáncer de mama, dado que se ha demostrado que una composición corporal desfavorable puede asociarse a peores resultados oncológicos y mayor riesgo de linfedema.

Respecto a la fuerza muscular, objeto de la segunda cuestión de este estudio, el entrenamiento de fuerza produjo mejoras estadísticamente significativas tanto en la fuerza del tren superior como del tren inferior, evaluadas mediante pruebas funcionales validadas como el test de levantarse y sentarse (30 s chair stand) y el test de levantar peso con los brazos (arm curl test). La ganancia de fuerza

observada no solo indica una mejora en la condición física de las participantes, sino también un aumento en su autonomía para realizar actividades de la vida diaria. Además, este incremento de la fuerza puede actuar como un factor protector frente a la fatiga crónica, una de las secuelas más reportadas por las mujeres con cáncer de mama tras el tratamiento oncológico.

En cuanto a los perímetros braquiales y volumetrías analizados en los objetivos tercero , cuarto y quinto, los resultados muestran que, tras la intervención, hubo un aumento leve pero estadísticamente significativo en las medidas del brazo afectado y no afectado. Estos cambios fueron esperables y consistentes con el aumento de masa muscular observado en la composición corporal.

Sin embargo, es relevante destacar que dichos incrementos no supusieron un empeoramiento clínico ni funcional, ya que no se asociaron a síntomas de linfedema ni a disconfort percibido por las participantes. Por el contrario, estos resultados refuerzan la hipótesis de que el entrenamiento de fuerza puede generar adaptaciones fisiológicas sin agravar el estado linfático, incluso en mujeres previamente afectadas por intervenciones quirúrgicas o tratamientos agresivos como la linfadenectomía o la radioterapia.

Finalmente, en lo que respecta a la aparición y evolución del linfedema propuesto para estudio en el séptimo objetivo, los datos obtenidos evidencian que el programa de entrenamiento de fuerza no solo no provocó un aumento en los signos ni síntomas del linfedema, sino que, en algunas participantes, se observó una ligera mejora en los valores volumétricos.

Esto es especialmente importante, ya que históricamente se ha considerado el ejercicio de fuerza como un potencial factor de riesgo para el desarrollo o agravamiento del linfedema en mujeres con cáncer de mama. La evidencia generada en esta tesis respalda la idea, cada vez más aceptada en la literatura

científica, de que el ejercicio de fuerza supervisado y bien prescrito no solo es seguro, sino también beneficioso para esta población. Esta conclusión tiene implicaciones clínicas directas, ya que permite recomendar de forma más amplia este tipo de ejercicio como parte del abordaje integral del linfedema y del proceso de rehabilitación post-oncológica.

Como implicaciones prácticas, cabe destacar que los hallazgos obtenidos en esta investigación aportan evidencia sólida sobre la seguridad y eficacia del entrenamiento de fuerza como herramienta terapéutica en mujeres supervivientes de cáncer de mama. La incorporación de programas de ejercicio de resistencia, estructurados y supervisados, puede desempeñar un papel clave en la rehabilitación integral de esta población, tanto en el ámbito hospitalario como en entornos comunitarios.

En primer lugar, los resultados sugieren que el entrenamiento de fuerza no solo mejora la composición corporal y la fuerza muscular, sino que también puede aplicarse de manera segura sin aumentar el riesgo de linfedema, incluso en mujeres que han sido sometidas a linfadenectomía axilar o radioterapia. Esto permite romper con el enfoque tradicional excesivamente conservador que limitaba la actividad física en este colectivo por temor a complicaciones. De este modo, se promueve una visión más activa de la recuperación, centrada en la funcionalidad, la autonomía y la calidad de vida.

En segundo lugar, la mejora en los niveles de fuerza muscular tiene implicaciones directas en la capacidad de las mujeres para realizar actividades de la vida diaria, facilitando una mayor independencia y reduciendo la percepción de fatiga. Estas mejoras pueden contribuir a una reincorporación más eficaz a sus rutinas sociales, laborales y familiares, lo que repercute positivamente en el bienestar psicológico y emocional.

Además, la mejora de la composición corporal, con la reducción de masa grasa y el aumento de masa muscular, refuerza el potencial del entrenamiento de fuerza como herramienta preventiva frente a la obesidad sarcopénica y otras comorbilidades asociadas, tales como el síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares o la recidiva tumoral. Estos beneficios metabólicos y funcionales convierten al ejercicio en una intervención no farmacológica de gran valor para la salud pública.

En términos de implementación, los resultados de este estudio pueden servir como base para que profesionales sanitarios —especialmente fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, médicos rehabilitadores y profesionales del ejercicio físico— integren programas de fuerza dentro de los planes de tratamiento y seguimiento de mujeres con antecedentes de cáncer de mama. La intervención puede desarrollarse en centros de atención primaria, unidades de oncología o asociaciones de pacientes, siempre que se cuente con una supervisión adecuada, personal formado y criterios de individualización.

Por último, este trabajo refuerza la necesidad de elaborar guías clínicas basadas en evidencia que incluyan recomendaciones específicas sobre el entrenamiento de fuerza en supervivientes de cáncer de mama, contribuyendo así a una atención más personalizada, empoderadora y centrada en la persona.



# **8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---



- Abe, O., Abe, R., Enomoto, K., Kikuchi, K., Koyama, H., Masuda, H., Nomura, Y., Ohashi, Y., Sakai, K., Sugimachi, K., Toi, M., Tominaga, T., Uchino, J., Yoshida, M., Haybittle, J. L., Leonard, C. F., Calais, G., Geraud, P., Collett, V., ... Caffier, H. (2011). Relevance of breast cancer hormone receptors and other factors to the efficacy of adjuvant tamoxifen: patient-level meta-analysis of randomised trials. *Lancet (London, England)*, *378*(9793), 771–784. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60993-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60993-8)
- Aguilera-Eguía, R. A., Seron, P., Gutiérrez-Arias, R., & Zaror, C. (2024). Can resistance exercise prevent breast cancer–related lymphoedema? A systematic review and metanalysis protocol. *BMJ Open*, *14*(11), e080935. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2023-080935>
- Allen, B. (2025). The Present and Future of Robotic Surgery in Breast Cancer and Breast Reconstruction. *Clinical Studies and Medical Case Reports*, *12*(1), 1–10. <https://doi.org/10.24966/CSMC-8801/1000259>
- American Cancer Society. (2021, November 19). *Types of Breast Cancer | About Breast Cancer | American Cancer Society*. Types of Breast Cancer. <https://www.cancer.org/cancer/types/breast-cancer/about/types-of-breast-cancer.html>
- Anderson, T., Herrera, D., Mireku, F., Barner, K., Kokkinakis, A., Dao, H., Webber, A., Merida, A. D., Gallo, T., & Pierobon, M. (2023). Geographical Variation in Social Determinants of Female Breast Cancer Mortality Across US Counties. *JAMA Network Open*, *6*(9), e2333618–e2333618. <https://doi.org/10.1001/JAMANETWORKOPEN.2023.33618>
- Anthoine, E., Moret, L., Regnault, A., Sбилle, V., & Hardouin, J. B. (2014). Sample size used to validate a scale: A review of publications on newly-developed patient reported outcomes measures. *Health and Quality of Life Outcomes*, *12*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S12955-014-0176-2/FIGURES/2>
- Anton, S. C., Lazan, A., Grigore, M., Ilea, C., Scripcariu, Şadiye-I., Popa, S., Volovăţ, S., Doroftei, B., Nicolaiciuc, D., Popovici, D., Costăchescu, G., Nicolaiciuc, O. S., & Anton, E. (2025). Current trends in breast cancer genetics, risk factors, and screening strategies. *Journal of Biological Methods* *2025*, *12*(2), E99010054, *12*(2), e99010054. <https://doi.org/10.14440/JBM.2025.0079>
- Araujo, T., Aresta, G., Castro, E., Rouco, J., Aguiar, P., Eloy, C., Polonia, A., & Campilho, A. (2017). Classification of breast cancer histology images using Convolutional Neural Networks. *PLOS ONE*, *12*(6), e0177544. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0177544>
- Bandera, E. V., & John, E. M. (2018). Obesity, Body Composition, and Breast Cancer: An Evolving Science. *JAMA Oncology*, *4*(6), 804–805. <https://doi.org/10.1001/JAMAONCOL.2018.0125>
- Baquet, C. R., Mishra, S. I., Commiskey, P., Ellison, G. L., & DeShields, M. (2008). Breast cancer epidemiology in blacks and whites: disparities in incidence, mortality, survival rates and histology. *Journal of the National Medical Association*, *100*(5), 480. [https://doi.org/10.1016/S0027-9684\(15\)31294-3](https://doi.org/10.1016/S0027-9684(15)31294-3)
- Barbosa de Albuquerque, C., Aquino dos Santos, C. K., Pereira Bezerra, J. C., Silva Rodrigues, M. A., Palmeira dos Santos, T. M., Da Costa, O. J., Martin Dantas, E. H., Kelly Aquino dos Santos, C., Cleria Pereira Bezerra, J., Angel Silva Rodrigues, M., Maria Palmeira dos Santos, T., Joaquim da Costa, O., Henrique Martin Dantas, E., de Albuquerque, B., dos Santos, A., Bezerra, P., & Rodrigues, S. (2024). Body composition and quality of life in women breast cancer survivors. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, *14*(1). <https://doi.org/10.15332/2422474X.9899>

- Barbosa de Albuquerque, C., Kelly Aquino dos Santos, C., Cleria Pereira Bezerra, J., Angel Silva Rodrigues, M., Maria Palmeira dos Santos, T., Joaquim da Costa, O., Henrique Martin Dantas, E., de Albuquerque, B., dos Santos, A., Bezerra, P., & Rodrigues, S. (2024). Body composition and quality of life in women breast cancer survivors. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, 14(1). <https://doi.org/10.15332/2422474X.9899>
- Baxevanis, N., Maria, E., Teles De Castro Coelho, R., Isabel, H., Mendes, A., Varajidás, C. A., Celina, S., & Fonseca, F. (2024). Impact of Physical Exercise on Quality of Life, Self-Esteem, and Depression in Breast Cancer Survivors: A Pilot Study. *Onco 2024, Vol. 4, Pages 207-216*, 4(3), 207–216. <https://doi.org/10.3390/ONCO4030015>
- Bellver-Pérez, A., Peris-Juan, C., & Santaballa-Beltrán, A. (2019). Effectiveness of therapy group in women with localized breast cancer. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 19(2), 107–114. <https://doi.org/10.1016/J.IJCHP.2019.02.001>
- Bennett, J. P., & Lim, S. (2025). The Critical Role of Body Composition Assessment in Advancing Research and Clinical Health Risk Assessment across the Lifespan. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 34(2), 120–137. <https://doi.org/10.7570/JOMES25010>
- Beral, V., Bull, D., Doll, R., Peto, R., & Reeves, G. (2002). Breast cancer and breastfeeding: collaborative reanalysis of individual data from 47 epidemiological studies in 30 countries, including 50302 women with breast cancer and 96973 women without the disease. *Lancet (London, England)*, 360(9328), 187–195. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)09454-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)09454-0)
- Bertazzi, P. A., Pesatori, A. C., Consonni, D., Tironi, A., Landi, M. T., & Zocchetti, C. (1993). Cancer incidence in a population accidentally exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxin. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 4(5), 398–406. <https://doi.org/10.1097/00001648-199309000-00004>
- Bettariga, F., Taaffe, D. R., Garcia, C. C., Clay, T. D., Galvão, D. A., & Newton, R. U. (2024). *The effects of resistance training vs high intensity interval training on body composition, muscle strength, cardiorespiratory fitness, and quality of life in survivors of breast cancer: a randomized trial*. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-5191258/V1>
- Bleiweiss, I. J. (2006). Sentinel lymph nodes in breast cancer after 10 years: rethinking basic principles. *The Lancet. Oncology*, 7(8), 686–692. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(06\)70796-3](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70796-3)
- Boateng, G. O., Neilands, T. B., Frongillo, E. A., Melgar-Quíñonez, H. R., & Young, S. L. (2018). Best Practices for Developing and Validating Scales for Health, Social, and Behavioral Research: A Primer. *Frontiers in Public Health*, 6, 366616. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2018.00149/ENDNOTE>
- Borri, M., Gordon, K. D., Hughes, J. C., Scurr, E. D., Koh, D. M., Leach, M. O., Mortimer, P. S., & Schmidt, M. A. (2017). Magnetic Resonance Imaging-Based Assessment of Breast Cancer-Related Lymphoedema Tissue Composition. *Investigative Radiology*, 52(9), 554–561. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000386>
- Bowman, C., Oberoi, D., Radke, L., Francis, G. J., & Carlson, L. E. (2021). Living with leg lymphedema: developing a novel model of quality lymphedema care for cancer survivors. *Journal of Cancer Survivorship*, 15(1), 140–150. <https://doi.org/10.1007/S11764-020-00919-2/FIGURES/1>
- Brandberg, Y., Sandelin, K., Erikson, S., Jurell, G., Liljegren, A., Lindblom, A., Lindén, A., Von Wachenfeldt, A., Wickman, M., & Arver, B. (2008). Psychological reactions, quality of life, and

- body image after bilateral prophylactic mastectomy in women at high risk for breast cancer: a prospective 1-year follow-up study. *Journal of Clinical Oncology : Official Journal of the American Society of Clinical Oncology*, 26(24), 3943–3949. <https://doi.org/10.1200/JCO.2007.13.9568>
- BRCA Gene Changes: Cancer Risk and Genetic Testing Fact Sheet - NCI.* (n.d.). Retrieved July 25, 2025, from <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/genetics/brca-fact-sheet#r18>
- Brorson, H., Ohlin, K., Olsson, G., & Karlsson, M. K. (2009). Breast Cancer-Related Chronic Arm Lymphedema Is Associated with Excess Adipose and Muscle Tissue. *https://Home.Liebertpub.Com/Lrb*, 7(1), 3–10. <https://doi.org/10.1089/LRB.2008.1022>
- Bu, Y., Qu, J., Ji, S., Zhou, J., Xue, M., Qu, J., Sun, H., & Liu, Y. (2023). Dietary patterns and breast cancer risk, prognosis, and quality of life: A systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1057057. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.1057057/FULL>
- Burguin, A., Diorio, C., & Durocher, F. (2021). Breast Cancer Treatments: Updates and New Challenges. *Journal of Personalized Medicine*, 11(8), 808. <https://doi.org/10.3390/JPM11080808>
- Butler, M. A., Iwasaki, M., Guengerich, F. P., & Kadlubar, F. F. (1989). Human cytochrome P-450A (P-450A2), the phenacetin O-deethylase, is primarily responsible for the hepatic 3-demethylation of caffeine and N-oxidation of carcinogenic arylamines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86(20), 7696–7700. <https://doi.org/10.1073/PNAS.86.20.7696>
- Caan, B. J., Cespedes Feliciano, E. M., Prado, C. M., Alexeeff, S., Kroenke, C. H., Bradshaw, P., Quesenberry, C. P., Weltzien, E. K., Castillo, A. L., Olobatuyi, T. A., & Chen, W. Y. (2018). Association of Muscle and Adiposity Measured by Computed Tomography With Survival in Patients With Nonmetastatic Breast Cancer. *JAMA Oncology*, 4(6), 798–804. <https://doi.org/10.1001/JAMAONCOL.2018.0137>
- Caan, B. J., Meyerhardt, J. A., Kroenke, C. H., Alexeeff, S., Xiao, J., Weltzien, E., Feliciano, E. C., Castillo, A. L., Quesenberry, C. P., Kwan, M. L., & Prado, C. M. (2017). Explaining the Obesity Paradox: The Association between Body Composition and Colorectal Cancer Survival (C-SCANS Study). *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention : A Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 26(7), 1008–1015. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-17-0200>
- Calderwood, A., Thompson, B., Ho-Shon, K., & Suami, H. (2021). Overview of magnetic resonance lymphography for imaging lymphoedema. *Plast Aesthet Res* 2021;8:40., 8(0), N/A-N/A. <https://doi.org/10.20517/2347-9264.2021.14>
- Campbell, K. L., Winters-Stone, K. M., Wiskemann, J., May, A. M., Schwartz, A. L., Courneya, K. S., Zucker, D. S., Matthews, C. E., Ligibel, J. A., Gerber, L. H., Morris, G. S., Patel, A. V., Hue, T. F., Perna, F. M., & Schmitz, K. H. (2019). Exercise Guidelines for Cancer Survivors: Consensus Statement from International Multidisciplinary Roundtable. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(11), 2375–2390. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002116>
- Cantarero-Villanueva, I., Fernández-Lao, C., Díaz-Rodríguez, L., Fernández-De-Las-Peñas, C., Ruiz, J. R., & Arroyo-Morales, M. (2012). The handgrip strength test as a measure of function in breast cancer survivors: Relationship to cancer-related symptoms and physical and physiologic parameters. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(9), 774–782. <https://doi.org/10.1097/PHM.0B013E31825F1538>

- Cardoso, F., Kyriakides, S., Ohno, S., Penault-Llorca, F., Poortmans, P., Rubio, I. T., Zackrisson, S., & Senkus, E. (2019). Early breast cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up†. *Annals of Oncology: Official Journal of the European Society for Medical Oncology*, 30(8), 1194–1220. <https://doi.org/10.1093/ANNONC/MDZ173>
- Carroll, B. J., & Singhal, D. (2024). Advances in lymphedema: An under-recognized disease with a hopeful future for patients. *Vascular Medicine (United Kingdom)*, 29(1), 70–84. <https://doi.org/10.1177/1358863X231215329>
- Carroll, R., Ish, J. L., Sandler, D. P., White, A. J., & Zhao, S. (2023). Understanding the role of environmental and socioeconomic factors in the geographic variation of breast cancer risk in the US-wide Sister Study. *Environmental Research*, 239, 117349. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2023.117349>
- Casaubon, J. T., Kashyap, S., & Regan, J.-P. (2023). BRCA1 and BRCA2 Mutations. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470239/>
- Cavanaugh, K. M. (2011). Effects of early exercise on the development of lymphedema in patients with breast cancer treated with axillary lymph node dissection. *Journal of Oncology Practice*, 7(2), 89–93. <https://doi.org/10.1200/JOP.2010.000136>
- Cešeiko, R. (2017). Effective strength training for breast cancer patients: literature review. *Annals of Oncology*, 28, x23. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdx655.026>
- Chan, A., Delaloge, S., Holmes, F. A., Moy, B., Iwata, H., Harvey, V. J., Robert, N. J., Silovski, T., Gokmen, E., von Minckwitz, G., Ejlersen, B., Chia, S. K. L., Mansi, J., Barrios, C. H., Gnant, M., Buyse, M., Gore, I., Smith, J., Harker, G., ... Martin, M. (2016). Neratinib after trastuzumab-based adjuvant therapy in patients with HER2-positive breast cancer (ExteNET): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 3 trial. *The Lancet. Oncology*, 17(3), 367–377. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00551-3](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00551-3)
- Chan, D. S. M., Vieira, R., Abar, L., Aune, D., Balducci, K., Cariolou, M., Greenwood, D. C., Markozannes, G., Nanu, N., Becerra-Tomás, N., Giovannucci, E. L., Gunter, M. J., Jackson, A. A., Kampman, E., Lund, V., Allen, K., Brockton, N. T., Croker, H., Katsikioti, D., ... Tsilidis, K. K. (2023). Postdiagnosis body fatness, weight change and breast cancer prognosis: Global Cancer Update Program (CUP global) systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of Cancer*, 152(4), 572–599. <https://doi.org/10.1002/IJC.34322>
- Chaudhari, R., Patel, V., & Kumar, A. (2024). Cutting-edge approaches for targeted drug delivery in breast cancer: beyond conventional therapies. *Nanoscale Advances*, 6(9), 2270–2286. <https://doi.org/10.1039/D4NA00086B>
- Chavira, L. A., Pérez-Zumano, S. E., Hernández-Corral, S., Chavira, L. A., Pérez-Zumano, S. E., & Hernández-Corral, S. (2019). Complicaciones postoperatorias en mujeres con cirugía por cáncer de mama. *Enfermería Universitaria*, 16(2), 149–156. <https://doi.org/10.22201/ENEO.23958421E.2019.2.633>
- Chen, L., Zheng, Y., Zheng, D., Li, Z., Chen, H., Chen, C., & Yu, S. (2025). Research trends on lymphedema after mastectomy for breast cancer patients from 2000 to 2023: a scientometric analysis. *Frontiers in Oncology*, 15, 1440966. <https://doi.org/10.3389/FONC.2025.1440966/BIBTEX>

- Chen, S. L., Iddings, D. M., Scheri, R. P., & Bilchik, A. J. (2006). Lymphatic mapping and sentinel node analysis: current concepts and applications. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, *56*(5), 292–309. <https://doi.org/10.3322/CANJCLIN.56.5.292>
- Chlebowski, R. T. (2002). Breast cancer risk reduction: Strategies for women at increased risk. *Annual Review of Medicine*, *53*(Volume 53, 2002), 519–540. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.MED.53.082901.103925/CITE/REFWORKS>
- Chlebowski, R. T., Hendrix, S. L., Langer, R. D., Stefanick, M. L., Gass, M., Lane, D., Rodabough, R. J., Gilligan, M. A., Cyr, M. G., Thomson, C. A., Khandekar, J., Petrovitch, H., & McTiernan, A. (2003). Influence of estrogen plus progestin on breast cancer and mammography in healthy postmenopausal women: the Women's Health Initiative Randomized Trial. *JAMA*, *289*(24), 3243–3253. <https://doi.org/10.1001/JAMA.289.24.3243>
- Colado, J. C., Furtado, G. E., Teixeira, A. M., Flandez, J., & Naclerio, F. (2020). Concurrent and Construct Validation of a New Scale for Rating Perceived Exertion during Elastic Resistance Training in The Elderly. *Journal of Sports Science and Medicine*, *19*(1), 175–186. <https://www.jssm.org/researchjssm-19-175.xml.xml>
- Collins, A., & Politopoulos, I. (2011). The genetics of breast cancer: risk factors for disease. *The Application of Clinical Genetics*, *4*, 11. <https://doi.org/10.2147/TACG.S13139>
- Cong, B., Cao, X., Jiang, W. G., & Ye, L. (2025). Molecular and Cellular Machinery of Lymphatic Metastasis in Breast Cancer. *OncoTargets and Therapy*, *18*, 199–209. <https://doi.org/10.2147/OTT.S503272>
- Coughlin, S. S., Caplan, L., Stone, R., & Stewart, J. (2019). A review of home-based physical activity interventions for breast cancer survivors. *Current Cancer Reports*, *1*(1), 6–12. <https://doi.org/10.25082/CCR.2019.01.002>
- Courneya, K. S., Mackey, J. R., & McKenzie, D. C. (2002). Exercise for Breast Cancer Survivors. *The Physician and Sportsmedicine*, *30*(8), 33–42. <https://doi.org/10.3810/PSM.2002.08.402>
- Cserni, G. (2020). Histological type and typing of breast carcinomas and the WHO classification changes over time. *Pathologica*, *112*(1), 25. <https://doi.org/10.32074/1591-951X-1-20>
- De Backer, I. C., Van Breda, E., Vreugdenhil, A., Nijziel, M. R., Kester, A. D., & Schep, G. (2007). High-intensity strength training improves quality of life in cancer survivors. *Acta Oncologica (Stockholm, Sweden)*, *46*(8), 1143–1151. <https://doi.org/10.1080/02841860701418838>
- Dieli-Conwright, C. M., & Orozco, B. Z. (2015). Exercise after breast cancer treatment: Current perspectives. *Breast Cancer: Targets and Therapy*, *7*, 353–362. <https://doi.org/10.2147/BCTT.S82039>
- Du, X., Freeman, J. L., Nattinger, A. B., & Goodwin, J. S. (2002). Survival of women after breast conserving surgery for early stage breast cancer. *Breast Cancer Research and Treatment*, *72*(1), 23–31. <https://doi.org/10.1023/A:1014908802632>
- Du, X., & Goodwin, J. S. (2001). Patterns of use of chemotherapy for breast cancer in older women: findings from Medicare claims data. *Journal of Clinical Oncology : Official Journal of the American Society of Clinical Oncology*, *19*(5), 1455–1461. <https://doi.org/10.1200/JCO.2001.19.5.1455>
- Dunberger, G., Lindquist, H., Waldenström, A. C., Nyberg, T., Steineck, G., & Åvall-Lundqvist, E. (2013). Lower limb lymphedema in gynecological cancer survivors--effect on daily life functioning.

*Supportive Care in Cancer : Official Journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, 21(11), 3063–3070. <https://doi.org/10.1007/S00520-013-1879-3>

Ekelund, U., Tarp, J., Steene-Johannessen, J., Hansen, B. H., Jefferis, B., Fagerland, M. W., Whincup, P., Diaz, K. M., Hooker, S. P., Chernofsky, A., Larson, M. G., Spartano, N., Vasan, R. S., Dohrn, I. M., Hagströmer, M., Edwardson, C., Yates, T., Shiroma, E., Anderssen, S. A., & Lee, I. M. (2019). Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 366. <https://doi.org/10.1136/BMJ.L4570>

Ernard, B., Isher, F., Ong -H Yeon, J., Eong, J., Nderson, T. A., Ohn, J., Ryant, B., Isher, D. R. F., Orman, N., & Olmark, W. (2002). Twenty-five-year follow-up of a randomized trial comparing radical mastectomy, total mastectomy, and total mastectomy followed by irradiation. *The New England Journal of Medicine*, 347(8), 567–575. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA020128>

Espinoza, E. N., Lizama, E. S., Espinoza, E. N., & Lizama, E. S. (2018). Perception of the weight of a cargo according to body composition in interurban bus assistants. *Ciencia & Trabajo*, 20(61), 7–13. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492018000100007>

Esteban-Simón, A., Díez-Fernández, D. M., Rodríguez-Pérez, M. A., Artés-Rodríguez, E., Casimiro-Andújar, A. J., & Soriano-Maldonado, A. (2024). Does a Resistance Training Program Affect Between-arms Volume Difference and Shoulder-arm Disabilities in Female Breast Cancer Survivors? The Role of Surgery Type and Treatments. Secondary Outcomes of the EFICAN Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 105(4), 647–654. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.11.010>

*Female Breast Cancer — Cancer Stat Facts*. (n.d.). Retrieved July 25, 2025, from <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/breast.html>

Fonnegra, O. E. H., Landázuri, P., García-Cardona, D. M., Chamorro, N. L., Bonilla, V. C., & Torres, M. Á. C. (2024). Efectos del ejercicio combinado (aeróbico y de fuerza) sobre la composición corporal y la condición física de pacientes y sobrevivientes de cáncer de mama. Una revisión sistemática de ensayos clínicos (Effects of combined exercise (aerobic and resistance) on body composition and physical condition in breast cancer patients and survivors. A systematic review of clinical trials). *Retos*, 56, 1096–1110. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V56.95088>

Freedman, R. J., Aziz, N., Albanes, D., Hartman, T., Danforth, D., Hill, S., Sebring, N., Reynolds, J. C., & Yanovski, J. A. (2004). Weight and Body Composition Changes during and after Adjuvant Chemotherapy in Women with Breast Cancer. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(5), 2248–2253. <https://doi.org/10.1210/JC.2003-031874>

Friedenreich, C. M., Stone, C. R., Cheung, W. Y., & Hayes, S. C. (2019). Physical Activity and Mortality in Cancer Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JNCI Cancer Spectrum*, 4(1). <https://doi.org/10.1093/JNCICS/PKZ080>

Fuentes-Abolafio, I. J., Roldán-Jiménez, C., Campos, M. I., Pajares-Hachero, B. I., Alba-Conejo, E., & Cuesta-Vargas, A. (2023). Forearm Muscle Activity During the Handgrip Test in Breast Cancer Survivors: A Cross-Sectional Study. *Clinical Breast Cancer*, 23(4), e175–e181. <https://doi.org/10.1016/J.CLBC.2023.01.008>

Gamble, P., Jaroensri, R., Wang, H., Tan, F., Moran, M., Brown, T., Flament-Auvigne, I., Rakha, E. A., Toss, M., Dabbs, D. J., Regitnig, P., Olson, N., Wren, J. H., Robinson, C., Corrado, G. S., Peng, L.

- H., Liu, Y., Mermel, C. H., Steiner, D. F., & Chen, P. H. C. (2021). Determining breast cancer biomarker status and associated morphological features using deep learning. *Communications Medicine* 2021 1:1, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s43856-021-00013-3>
- García-Chico, C., López-Ortiz, S., Peñín-Grandes, S., Pinto-Fraga, J., Valenzuela, P. L., Emanuele, E., Ceci, C., Graziani, G., Fiuza-Luces, C., Lista, S., Lucia, A., & Santos-Lozano, A. (2023). Physical Exercise and the Hallmarks of Breast Cancer: A Narrative Review. *Cancers*, 15(1), 324. <https://doi.org/10.3390/CANCERS15010324>
- Gearhart-Serna, L. M., Hoffman, K., & Devi, G. R. (2020). Environmental Quality and Invasive Breast Cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention: A Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 29(10), 1920. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-19-1497>
- Gearhart-Serna, L. M., Mills, B. A., Hsu, H., Fayanju, O. M., Hoffman, K., & Devi, G. R. (2023). Cumulative environmental quality is associated with breast cancer incidence differentially by summary stage and urbanicity. *Scientific Reports* 2023 13:1, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45693-0>
- Gerland, L., Baumann, F. T., & Niels, T. (2021). Resistance Exercise for Breast Cancer Patients? Evidence from the Last Decade. *Breast Care*, 16(6), 657–663. <https://doi.org/10.1159/000513129>
- Giaquinto, A. N., Sung, H., Miller, K. D., Kramer, J. L., Newman, L. A., Minihan, A., Jemal, A., & Siegel, R. L. (2022). Breast Cancer Statistics, 2022. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 72(6), 524–541. <https://doi.org/10.3322/CAAC.21754>
- Golestan, A., Tahmasebi, A., Maghsoodi, N., Faraji, S. N., Irajie, C., & Ramezani, A. (2024). Unveiling promising breast cancer biomarkers: an integrative approach combining bioinformatics analysis and experimental verification. *BMC Cancer*, 24(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S12885-024-11913-7/FIGURES/5>
- Gomes, P. R. L., Freitas Junior, I. F., Da Silva, C. B., Gomes, I. C., Rocha, A. P. R., Salgado, A. S. I., & Do Carmo, E. M. (2014). Short-term changes in handgrip strength, body composition, and lymphedema induced by breast cancer surgery. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, 36(6), 244–250. <https://doi.org/10.1590/S0100-720320140005004>
- Goodwin, J. S., Freeman, J. L., Mahnken, J. D., Freeman, D. H., & Nattinger, A. B. (2002). Geographic variations in breast cancer survival among older women: implications for quality of breast cancer care. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(6). <https://doi.org/10.1093/GERONA/57.6.M401>
- Habel, L. A., Shak, S., Jacobs, M. K., Capra, A., Alexander, C., Pho, M., Baker, J., Walker, M., Watson, D., Hackett, J., Blick, N. T., Greenberg, D., Fehrenbacher, L., Langholz, B., & Quesenberry, C. P. (2006). A population-based study of tumor gene expression and risk of breast cancer death among lymph node-negative patients. *Breast Cancer Research: BCR*, 8(3). <https://doi.org/10.1186/BCR1412>
- Hagstrom, A. D., Shorter, K. A., & Marshall, P. W. M. (2019). Changes in unilateral upper limb muscular strength and EMG activity following a 16 week strength training intervention survivors of breast cancer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 225–233. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001890>

- Han, S., Cai, J., Zhang, Y., & Lu, F. (2025). Mesenchymal stem cell therapy for breast cancer-related secondary lymphedema (Review). *Molecular and Clinical Oncology*, 23(2), 1–13. <https://doi.org/10.3892/MCO.2025.2868/HTML>
- Huan, Y., She, P., Cai, X., Qi, J., & Zhang, C. (2025). Identification of key biomarkers in breast cancer based on bioinformatics analysis and experimental verification. *Journal of the Egyptian National Cancer Institute*, 37(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S43046-025-00260-8/FIGURES/7>
- Huang, J., Chan, P. S., Lok, V., Chen, X., Ding, H., Jin, Y., Yuan, J., Lao, X. Q., Zheng, Z. J., & Wong, M. C. (2021). Global incidence and mortality of breast cancer: a trend analysis. *Aging (Albany NY)*, 13(4), 5748. <https://doi.org/10.18632/AGING.202502>
- Hung, S. K., Yang, H. J., Lee, M. S., Liu, D. W., Chen, L. C., Chew, C. H., Lin, C. H., Lee, C. H., Li, S. C., Hong, C. L., Yu, C. C., Yu, B. H., Hsu, F. C., Chiou, W. Y., & Lin, H. Y. (2023). Molecular subtypes of breast cancer predicting clinical benefits of radiotherapy after breast-conserving surgery: a propensity-score-matched cohort study. *Breast Cancer Research*, 25(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S13058-023-01747-9/FIGURES/7>
- Ibrahim, E. M., & Al-Homaidh, A. (2011). Physical activity and survival after breast cancer diagnosis: Meta-analysis of published studies. *Medical Oncology*, 28(3), 753–765. <https://doi.org/10.1007/S12032-010-9536-X/METRICS>
- Indu Agarwal, & Luis Blanco, Jr. (2024, January). *Pathology Outlines - WHO classification*. WHO Classification Breast Tumors. <https://www.pathologyoutlines.com/topic/breastmalignantwhoclassification.html>
- Islami, F., Guerra, C. E., Minihan, A., Yabroff, K. R., Fedewa, S. A., Sloan, K., Wiedt, T. L., Thomson, B., Siegel, R. L., Nargis, N., Winn, R. A., Lacasse, L., Makaroff, L., Daniels, E. C., Patel, A. V., Cance, W. G., & Jemal, A. (2022). American Cancer Society's report on the status of cancer disparities in the United States, 2021. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 72(2), 112–143. <https://doi.org/10.3322/CAAC.21703>
- Jang, M. K., Park, S., Park, C., Doorenbos, A. Z., Go, J., & Kim, S. (2022). Body composition change during neoadjuvant chemotherapy for breast cancer. *Frontiers in Oncology*, 12, 941496. <https://doi.org/10.3389/FONC.2022.941496/BIBTEX>
- Jatoi, I., Sung, H., & Jemal, A. (2022). The Emergence of the Racial Disparity in U.S. Breast-Cancer Mortality. *New England Journal of Medicine*, 386(25), 2349–2352. [https://doi.org/10.1056/NEJMP2200244/SUPPL\\_FILE/NEJMP2200244\\_DISCLOSURES.PDF](https://doi.org/10.1056/NEJMP2200244/SUPPL_FILE/NEJMP2200244_DISCLOSURES.PDF)
- Joaquim, A., Leão, I., Antunes, P., Capela, A., Viamonte, S., Alves, A. J., Helguero, L. A., & Macedo, A. (2022). Impact of physical exercise programs in breast cancer survivors on health-related quality of life, physical fitness, and body composition: Evidence from systematic reviews and meta-analyses. *Frontiers in Oncology*, 12, 955505. <https://doi.org/10.3389/FONC.2022.955505/FULL>
- Jones, V., & Bramlet, K. (2024). Sentinel lymph node biopsy: What cancer patients should know | MD Anderson Cancer Center. *MD Anderson Cancer Center*. <https://www.mdanderson.org/cancerwise/sentinel-lymph-node-biopsy--what-cancer-patients-should-know.h00-159299889.html>
- Jung, G. H., Kim, J. H., & Chung, M. S. (2020). Changes in weight, body composition, and physical activity among patients with breast cancer under adjuvant chemotherapy. *European Journal of Oncology Nursing*, 44, 101680. <https://doi.org/10.1016/J.EJON.2019.101680>

- Kappos, E. A., Haas, Y., Schulz, A., Peters, F., Savanthrapadian, S., Stoffel, J., Katapodi, M. C., Mucklow, R., Kaiser, B., Haumer, A., Etter, S., Cattaneo, M., Staub, D., Ribi, K., Shaw, J., Handschin, T. M., Eisenhardt, S., Visconti, G., Franceschini, G., ... Weber, W. (2025). The LYMPH trial: comparing microsurgical with conservative treatment for chronic breast cancer-associated lymphoedema – study protocol of a pragmatic randomised international multicentre superiority trial. *BMJ Open*, *15*(2), e090662. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2024-090662>
- Karami Fath, M., Azargoonjahromi, A., Kiani, A., Jalalifar, F., Osati, P., Akbari Oryani, M., Shakeri, F., Nasirzadeh, F., Khalesi, B., Nabi-Afjadi, M., Zalpoor, H., Mard-Soltani, M., & Payandeh, Z. (2022). The role of epigenetic modifications in drug resistance and treatment of breast cancer. *Cellular & Molecular Biology Letters* *2022* *27*:1, *27*(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/S11658-022-00344-6>
- Kathleen A. Cronin, P. (2012). Vital Signs: Racial Disparities in Breast Cancer Severity — United States, 2005–2009. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*, *61*(45), 922–926. <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6145a5.htm>
- Keelan, S., Flanagan, M., & Hill, A. D. K. (2021). Evolving Trends in Surgical Management of Breast Cancer: An Analysis of 30 Years of Practice Changing Papers. *Frontiers in Oncology*, *11*, 622621. <https://doi.org/10.3389/FONC.2021.622621/XML>
- Kerlikowske, K., Chen, S., Bissell, M. C. S., Lee, C. I., Tice, J. A., Sprague, B. L., & Miglioretti, D. L. (2024). Population Attributable Risk of Advanced-Stage Breast Cancer by Race and Ethnicity. *JAMA Oncology*, *10*(2), 167–175. <https://doi.org/10.1001/JAMAONCOL.2023.5242>
- Kim, D. S., Sim, Y. J., Jeong, H. J., & Kim, G. C. (2010). Effect of active resistive exercise on breast cancer-related lymphedema: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *91*(12), 1844–1848. <https://doi.org/10.1016/J.APMR.2010.09.008>
- Kim, J., Harper, A., McCormack, V., Sung, H., Houssami, N., Morgan, E., Mutebi, M., Garvey, G., Soerjomataram, I., & Fidler-Benaoudia, M. M. (2025). Global patterns and trends in breast cancer incidence and mortality across 185 countries. *Nature Medicine* *2025* *31*:4, *31*(4), 1154–1162. <https://doi.org/10.1038/s41591-025-03502-3>
- King, T. A., Sakr, R., Patil, S., Gurevich, I., Stempel, M., Sampson, M., & Morrow, M. (2011). Clinical management factors contribute to the decision for contralateral prophylactic mastectomy. *Journal of Clinical Oncology : Official Journal of the American Society of Clinical Oncology*, *29*(16), 2158–2164. <https://doi.org/10.1200/JCO.2010.29.4041>
- Klassen, O., Schmidt, M. E., Ulrich, C. M., Schneeweiss, A., Potthoff, K., Steindorf, K., & Wiskemann, J. (2016). Muscle strength in breast cancer patients receiving different treatment regimes. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *8*(2), 305. <https://doi.org/10.1002/JCSM.12165>
- Klugman, M., Sampathkumar, Y., Patil, S., Tringale, K. R., Montagna, G., Finik, J., Kuo, T. T., Eberle, C., Pinkhasov, A., Gillis, T., Gany, F., & Blinder, V. (2025). Assessing the Impact of Lymphedema Therapy Referral on Breast Cancer Survivors' Lymphedema Knowledge: A Cross-Sectional Survey. *BMC Women's Health*, *25*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S12905-025-03654-X/FIGURES/1>
- Kornblith, A. B., Herndon, J. E., Weiss, R. B., Zhang, C., Zuckerman, E. L. W., Rosenberg, S. W., Mertz, M., Payne, D., Massie, M. J., Holland, J. F., Wingate, P., Norton, L., & Holland, J. C. (2003). *Long-*

*Term Adjustment of Survivors of Early-Stage Breast Carcinoma, 20 Years after Adjuvant Chemotherapy.* <https://doi.org/10.1002/cncr.11531>

- Kotepui, M. (2016). Diet and risk of breast cancer. *Contemporary Oncology*, 20(1), 13. <https://doi.org/10.5114/WO.2014.40560>
- Krag, D. N., Anderson, S. J., Julian, T. B., Brown, A. M., Harlow, S. P., Costantino, J. P., Ashikaga, T., Weaver, D. L., Mamounas, E. P., Jalovec, L. M., Frazier, T. G., Noyes, R. D., Robidoux, A., Scarth, H. M. C., & Wolmark, N. (2010). Sentinel-lymph-node resection compared with conventional axillary-lymph-node dissection in clinically node-negative patients with breast cancer: overall survival findings from the NSABP B-32 randomised phase 3 trial. *The Lancet. Oncology*, 11(10), 927–933. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(10\)70207-2](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(10)70207-2)
- Kruger, N., Plinsinga, M., Window, P., Hayes, S., & Bunzli, S. (2025). Comfortable knowing little about lymphoedema? A qualitative study of medical interns in Australia. *BMJ Open*, 15(1), e089789. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2024-089789>
- Lee, J., Kang, B., Park, H. Y., Kang, S. Y., Kim, M. K., Kim, H.-K., Min, S. Y., Seong, M.-K., Yoo, T.-K. R., Lee, S., Lee, E.-S., Yoon, K.-H., Kim, E.-K., & (KOPBS), K. O. B. S. S. G. (2025). Trends and Perspectives in Oncoplastic Breast Surgery: Findings From a Web-Based Survey With the Korean Breast Cancer Society. *Journal of Breast Cancer*, 28(3), 171–179. <https://doi.org/10.4048/JBC.2024.0285>
- Lee, S. O., & Kim, I. K. (2024). Molecular pathophysiology of secondary lymphedema. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 12, 1363811. <https://doi.org/10.3389/FCCELL.2024.1363811/XML>
- Li, H., Sang, D., Gong, L., Wang, B., Wang, Y., Jia, X., Yu, J., Kong, Z., Liu, H., & Zhang, Y. (2024). Improving physical and mental health in women with breast cancer undergoing anthracycline-based chemotherapy through wearable device-based aerobic exercise: a randomized controlled trial. *Frontiers in Public Health*, 12, 1451101. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2024.1451101/BIBTEX>
- Li, T., & Li, C. (2025). Emerging trends in robotic breast surgery in the era of artificial intelligence. *Plast Aesthet Res*. 2025;12:5., 12(0), N/A-N/A. <https://doi.org/10.20517/2347-9264.2024.143>
- Lim, S. M., Han, Y., Kim, S. Il, & Park, H. S. (2019). Utilization of bioelectrical impedance analysis for detection of lymphedema in breast Cancer survivors: A prospective cross sectional study. *BMC Cancer*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/S12885-019-5840-9/FIGURES/2>
- Lima, S. M., Kehm, R. D., & Terry, M. B. (2021). Global breast cancer incidence and mortality trends by region, age-groups, and fertility patterns. *EClinicalMedicine*, 38, 100985. <https://doi.org/10.1016/J.ECLINM.2021.100985>
- Linfedema Asociado al Cáncer de Mama: Factores de Riesgo, Diagnóstico y Tratamiento Quirúrgico, 71 Revista de cirugía 79 (2019). <https://doi.org/10.4067/S2452-45492019000100079>
- Lite, R. S., & Mejia, S. (2010). Resistance training for breast cancer survivors. *Strength and Conditioning Journal*, 32(5), 60–62. <https://doi.org/10.1519/SSC.0B013E3181D80C00>
- Liu, Q., Qiu, J., Lu, Q., Ma, Y., Fang, S., Bu, B., & Song, L. (2022). Comparison of endocrine therapy and chemotherapy as different systemic treatment modes for metastatic luminal HER2-negative breast cancer patients —A retrospective study. *Frontiers in Oncology*, 12, 873570. <https://doi.org/10.3389/FONC.2022.873570/BIBTEX>

- Lomeli, L. D., Makin, V., Bartholomew, J. R., & Burguera, B. (2024). Lymphedema vs lipedema: Similar but different. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, *91*(7), 425–436. <https://doi.org/10.3949/CCJM.91A.23084>
- López-Bueno, R., Andersen, L. L., Koyanagi, A., Núñez-Cortés, R., Calatayud, J., Casaña, J., & del Pozo Cruz, B. (2022). Thresholds of handgrip strength for all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A systematic review with dose-response meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, *82*, 101778. <https://doi.org/10.1016/J.ARR.2022.101778>
- Lynch, J. A., Venne, V., & Berse, B. (2015). Genetic tests to identify risk for breast cancer. *Seminars in Oncology Nursing*, *31*(2), 100. <https://doi.org/10.1016/J.SONCN.2015.02.007>
- Mahjabeen, F., Habbani, S. F., & Mohammed, S. I. (2025). Molecular Mechanisms of Lymphatic Metastasis in Breast Cancer: An Updated Review. *Cancers* 2025, Vol. 17, Page 2134, *17*(13), 2134. <https://doi.org/10.3390/CANCERS17132134>
- Mallard, J., Hucteau, E., Hureau, T. J., & Pagano, A. F. (2021). Skeletal Muscle Deconditioning in Breast Cancer Patients Undergoing Chemotherapy: Current Knowledge and Insights From Other Cancers. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, *9*, 719643. <https://doi.org/10.3389/FCCELL.2021.719643/XML>
- Mathur, R., Jha, N. K., Saini, G., Jha, S. K., Shukla, S. P., Filipejová, Z., Kesari, K. K., Iqbal, D., Nand, P., Upadhye, V. J., Jha, A. K., Roychoudhury, S., & Slama, P. (2022). Epigenetic factors in breast cancer therapy. *Frontiers in Genetics*, *13*, 886487. <https://doi.org/10.3389/FGENE.2022.886487/XML>
- Maurya, A. K., Aggarwal, L. M., & Choudhary, S. (2024). Body Composition Analysis Techniques and Its Application in Oncology: A Review. *Nutrition and Cancer*, *76*(8), 666–675. <https://doi.org/10.1080/01635581.2024.2353942>
- Mayrovitz, H. N. (2022). Breast Cancer [Internet]. *Breast Cancer*, 1–234. <https://doi.org/10.36255/EXON-PUBLICATIONS-BREAST-CANCER>
- McClain, K. M., Friedenreich, C. M., Matthews, C. E., Sampson, J. N., Check, D. P., Brenner, D. R., Courneya, K. S., Murphy, R. A., & Moore, S. C. (2022). *Body Composition and Metabolomics in the Alberta Physical Activity and Breast Cancer Prevention Trial*. *152*(2), 419–428. <https://doi.org/10.1093/JN/NXAB388>
- McTiernan, A. (2024). Diet Matters in Breast Cancer Prognosis: Clinical Trial Evidence and Questions. *Clinical Cancer Research*, *30*(5), 931–933. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-23-3195>
- Medline Plus. National Library of Medicine. (2024, July 23). *Lymphatics and the breast - Health Video: MedlinePlus Medical Encyclopedia*. Lymphatics and the Breast. <https://medlineplus.gov/ency/anatomyvideos/000084.htm>
- Mehralivand, S., Van Der Poel, H., Winter, A., Choyke, P. L., Pinto, P. A., & Turkbey, B. (2018). Sentinel lymph node imaging in urologic oncology. *Translational Andrology and Urology*, *7*(5), 887. <https://doi.org/10.21037/TAU.2018.08.23>
- Mennati, M., Moeinafshar, A., & Rezaei, N. (2025). Enhancing breast cancer surgery outcomes: A comprehensive review of oncoplastic techniques, surgical planning, and aesthetic considerations. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, *206*, 104578. <https://doi.org/10.1016/J.CRITREVONC.2024.104578>

- Mialich, M. S., da Silva, B. R., Amstalden, B. T., Elias, J., & Jordao, A. A. (2025). Association of skeletal muscle quantity and quality with mortality in women with nonmetastatic breast cancer. *Discover Oncology*, 16(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/S12672-025-01999-1/TABLES/4>
- Moffatt, C., Keeley, V., & Quere, I. (2019). The Concept of Chronic Edema—A Neglected Public Health Issue and an International Response: The LIMPRINT Study. <https://Home.Liebertpub.Com/Lrb>, 17(2), 121–126. <https://doi.org/10.1089/LRB.2018.0085>
- Mok, J., Brown, M. J., Akam, E. C., & Morris, M. A. (2022). The lasting effects of resistance and endurance exercise interventions on breast cancer patient mental wellbeing and physical fitness. *Scientific Reports* 2022 12:1, 12(1), 1–20. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07446-3>
- Morrow, M. (2021). Quality of Life and Breast Cancer Surgery. *JAMA Surgery*, 156(10), e213759–e213759. <https://doi.org/10.1001/JAMASURG.2021.3759>
- Movahed, F., Dehbozorgi, M., Goodarzi, S., Abianeh, F. E., Bahri, R. A., & Shafiee, A. (2025). Effect of breast cancer surgery on levels of depression and anxiety: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer*, 25(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S12885-025-14277-8/FIGURES/7>
- Munn, J., Herbert, R. D., & Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: A meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1861–1866. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00541.2003/ASSET/IMAGES/LARGE/ZDG0050430490002.JPEG>
- Natale, G., Stouthandel, M. E. J., Van Hoof, T., & Bocci, G. (2021). The Lymphatic System in Breast Cancer: Anatomical and Molecular Approaches. *Medicina*, 57(11), 1272. <https://doi.org/10.3390/MEDICINA57111272>
- National Breast Cancer Foundation. (2024). *Other Breast Cancer Genes*. Other Breast Cancer Genes . <https://www.nationalbreastcancer.org/other-breast-cancer-genes/>
- National Cancer Institute. (2024, July 19). *BRCA Gene Changes: Cancer Risk and Genetic Testing Fact Sheet* . <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/genetics/brca-fact-sheet>
- National Cancer Institute. (2025, March 6). *Genetics of Breast and Gynecologic Cancers (PDQ®) - NCI. Genetics of Breast and Gynecologic Cancers (PDQ®)—Health Professional Version*. <https://www.cancer.gov/types/breast/hp/breast-ovarian-genetics-pdq>
- Newman, M. L., Brennan, M., & Passik, S. (1996). Lymphedema complicated by pain and psychological distress: A case with complex treatment needs. *Journal of Pain and Symptom Management*, 12(6), 376–379. [https://doi.org/10.1016/S0885-3924\(96\)00187-X](https://doi.org/10.1016/S0885-3924(96)00187-X)
- Niederhuber, J. E., Armitage, J. O., Doroshow, J. H., Kastan, M. B., & Tepper, J. E. (2020). *Abeloff. Oncología Clínica*. Elsevier. <https://books.google.es/books?id=C9U6EAAAQBAJ>
- Núñez-Rivas, H., Holst-Schumacher, I., Campos-Saborío, N., & López-López, E. (2022). Percentiles of body mass index and waist circumference for Costa Rican children and adolescents. *Nutricion Hospitalaria*, 39(6), 1228–1236. <https://doi.org/10.20960/NH.04130>
- Okamichi, A., Watanabe, M., & Kurosawa, K. (2024). Predictive Values of Upper Extremity Function and Body Composition Parameters for Upper Extremity Lymphedema Occurring within 12 Months after Breast Cancer Surgery. *Journal of Women's Health and Development*, 7(4). <https://doi.org/10.26502/FJWHD.2644-288400127>

- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Catalogación por la Biblioteca de la OMS Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*.
- Orrantia-Borunda, E., Anchondo-Nuñez, P., Acuña-Aguilar, L. E., Gómez-Valles, F. O., & Ramírez-Valdespino, C. A. (2022). Subtypes of Breast Cancer. *Breast Cancer*, 31–42. <https://doi.org/10.36255/EXON-PUBLICATIONS-BREAST-CANCER-SUBTYPES>
- Orsaria, P., Grasso, A., Ippolito, E., Pantano, F., Sammarra, M., Altomare, C., Cagli, B., Costa, F., Perrone, G., Soponaru, G., Caggiati, L., Vanni, G., Buonomo, O. C., & Altomare, V. (2021). Clinical Outcomes Among Major Breast Cancer Subtypes After Neoadjuvant Chemotherapy: Impact on Breast Cancer Recurrence and Survival. *Anticancer Research*, 41(5), 2697–2709. <https://doi.org/10.21873/ANTICANRES.15051>
- Pal, M., Das, D., & Pandey, M. (2024). Understanding genetic variations associated with familial breast cancer. *World Journal of Surgical Oncology* 2024 22:1, 22(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12957-024-03553-9>
- Papalexis, P., Georgakopoulou, V. E., Drossos, P. V., Thymara, E., Nonni, A., Lazaris, A. C., Zografos, G. C., Spandidos, D. A., Kavantzias, N., & Thomopoulou, G. E. (2024). Precision medicine in breast cancer (Review). *Molecular and Clinical Oncology*, 21(5), 1–8. <https://doi.org/10.3892/MCO.2024.2776/HTML>
- Paskett, E. D., Le-Rademacher, J., Oliveri, J., Liu, H., Seisler, D. K., Sloan, J., Armer, J. M., Naughton, M. J., Hock, K., Schwartz, M. A., Unzeitig, G. W., Padula, G. D. A., Grubbs, S. S., Yee, L., Bailey, L., Willey, S. C., Sunnenberg, T. D., Baddi, L. L., & Fleming, G. F. (2017). Prevention of lymphedema in women with breast cancer (BC): Results of CALGB (Alliance) 70305. *Journal of Clinical Oncology*, 35(5\_suppl), 104–104. [https://doi.org/10.1200/JCO.2017.35.5\\_SUPPL.104](https://doi.org/10.1200/JCO.2017.35.5_SUPPL.104)
- Paskett, E. D., Le-Rademacher, J., Oliveri, J. M., Liu, H., Seisler, D. K., Sloan, J. A., Armer, J. M., Naughton, M. J., Hock, K., Schwartz, M., Unzeitig, G., Melnik, M., Yee, L. D., Fleming, G. F., Taylor, J. R., & Loprinzi, C. (2021). A randomized study to prevent lymphedema in women treated for breast cancer: CALGB 70305 (Alliance). *Cancer*, 127(2), 291–299. <https://doi.org/10.1002/CNCR.33183>
- Patel, A. V., Friedenreich, C. M., Moore, S. C., Hayes, S. C., Silver, J. K., Campbell, K. L., Winters-Stone, K., Gerber, L. H., George, S. M., Fulton, J. E., Denlinger, C., Morris, G. S., Hue, T., Schmitz, K. H., & Matthews, C. E. (2019). American College of Sports Medicine Roundtable Report on Physical Activity, Sedentary Behavior, and Cancer Prevention and Control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(11), 2391. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002117>
- Pedersini, R., Schivardi, G., Laganà, M., Laini, L., di Mauro, P., Zamparini, M., Amoroso, V., Bonalumi, A., Bosio, S., Zanini, B., Buizza, C., Villa, N., Ravanelli, M., Rinaudo, L., Grisanti, S., Farina, D., Berruti, A., Donato, F., & Cosentini, D. (2024). Body composition in early breast cancer patients treated with adjuvant aromatase inhibitors: Does dietary counseling matter? *Breast*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2024.103794>
- Pedersini, R., Schivardi, G., Laini, L., Zamparini, M., Bonalumi, A., di Mauro, P., Bosio, S., Amoroso, V., Villa, N., Alberti, A., Di Meo, N., Gonano, C., Zanini, B., Laganà, M., Ippolito, G., Rinaudo, L., Farina, D., Castellano, M., Cappelli, C., ... Berruti, A. (2024). Changes in body composition in early breast cancer patients treated with aromatase inhibitors. *Journal of Endocrinological Investigation*, 47(12), 3119–3128. <https://doi.org/10.1007/S40618-024-02401-7/TABLES/4>

- Pereira-Rodríguez, J. E., De Marcos-Sánchez, J. S., Viloría-Madrid, A. P., Hernández-Romero, R. J., Delgadillo-Espinosa, W. A., López-Mejía, C. A., Pereira-Rodríguez, J. E., De Marcos-Sánchez, J. S., Viloría-Madrid, A. P., Hernández-Romero, R. J., Delgadillo-Espinosa, W. A., & López-Mejía, C. A. (2021). Efectividad del ejercicio físico como tratamiento para el linfedema en pacientes con cáncer. *Revista Virtual de La Sociedad Paraguaya de Medicina Interna*, *8*(2), 89–113. <https://doi.org/10.18004/RVSPMI/2312-3893/2021.08.02.89>
- Qin, B., Babel, R. A., Plascak, J. J., Lin, Y., Stroup, A. M., Goldman, N., Ambrosone, C. B., Demissie, K., Hong, C. C., Bandera, E. V., & Llanos, A. A. M. (2021). Neighborhood social environmental factors and breast cancer subtypes among black women. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, *30*(2), 344–350. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-20-1055/71033/AM/NEIGHBORHOOD-SOCIAL-ENVIRONMENTAL-FACTORS-AND>
- Rahman, M., & Mohammed, S. (2015). Breast cancer metastasis and the lymphatic system (Review). *Oncology Letters*, *10*(3), 1233–1239. <https://doi.org/10.3892/OL.2015.3486/DOWNLOAD>
- Rakha, E. A., Reis-Filho, J. S., Baehner, F., Dabbs, D. J., Decker, T., Eusebi, V., Fox, S. B., Ichihara, S., Jacquemier, J., Lakhani, S. R., Palacios, J., Richardson, A. L., Schnitt, S. J., Schmitt, F. C., Tan, P. H., Tse, G. M., Badve, S., & Ellis, I. O. (2010). Breast cancer prognostic classification in the molecular era: The role of histological grade. *Breast Cancer Research*, *12*(4), 1–12. <https://doi.org/10.1186/BCR2607/TABLES/2>
- Rakha, E. A., Tse, G. M., & Quinn, C. M. (2022). An update on the pathological classification of breast cancer. *Histopathology*, *82*(1), 5. <https://doi.org/10.1111/HIS.14786>
- Ramírez-Parada, K., Lopez-Garzon, M., Sanchez-Rojel, C., Petric-Guajardo, M., Alfaro-Barra, M., Fernández-Verdejo, R., Reyes-Ponce, A., Merino-Pereira, G., & Cantarero-Villanueva, I. (2022). Effect of Supervised Resistance Training on Arm Volume, Quality of Life and Physical Performance Among Women at High Risk for Breast Cancer-Related Lymphedema: A Study Protocol for a Randomized Controlled Trial (STRONG-B). *Frontiers in Oncology*, *12*, 850564. <https://doi.org/10.3389/FONC.2022.850564/BIBTEX>
- Rebbeck, T. R., Friebel, T., Lynch, H. T., Neuhausen, S. L., Van't Veer, L., Garber, J. E., Evans, G. R., Narod, S. A., Isaacs, C., Matloff, E., Daly, M. B., Olopade, O. I., & Weber, B. L. (2004). Bilateral prophylactic mastectomy reduces breast cancer risk in BRCA1 and BRCA2 mutation carriers: the PROSE Study Group. *Journal of Clinical Oncology: Official Journal of the American Society of Clinical Oncology*, *22*(6), 1055–1062. <https://doi.org/10.1200/JCO.2004.04.188>
- Ridner, S. H. (2005). Quality of life and a symptom cluster associated with breast cancer treatment-related lymphedema. *Supportive Care in Cancer: Official Journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer*, *13*(11), 904–911. <https://doi.org/10.1007/S00520-005-0810-Y>
- Rizzolo, P., Silvestri, V., Falchetti, M., & Ottini, L. (2011). Inherited and acquired alterations in development of breast cancer. *The Application of Clinical Genetics*, *4*, 145. <https://doi.org/10.2147/TACG.S13226>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(2), 333–341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

- Rock, C. L., Thomson, C. A., Sullivan, K. R., Howe, C. L., Kushi, L. H., Caan, B. J., Neuhouser, M. L., Bandera, E. V., Wang, Y., Robien, K., Basen-Engquist, K. M., Brown, J. C., Courneya, K. S., Crane, T. E., Garcia, D. O., Grant, B. L., Hamilton, K. K., Hartman, S. J., Kenfield, S. A., ... McCullough, M. L. (2022). American Cancer Society nutrition and physical activity guideline for cancer survivors. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 72(3), 230–262. <https://doi.org/10.3322/CAAC.21719>
- Rogers, B. H., Brown, J. C., Gater, D. R., & Schmitz, K. H. (2017). Association Between Maximal Bench Press Strength and Isometric Handgrip Strength Among Breast Cancer Survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(2), 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.07.017>
- Rolle, L. S. D., & Crane, T. E. (2025). Exercising Through Breast Cancer: A Case Study on Strength Training During Active Treatment. *Lifestyle Medicine*, 6(3), e70034. <https://doi.org/10.1002/LIM2.70034>
- Røren Nordén, K., Grete Semb, A., Dagfinrud, H., Hisdal, J., Sexton, J., Fongen, C., Bakke, E., Ødegård, S., Skandsen, J., Blanck, T., Metsios, G. S., & Therese Tveter, A. (2024). Effect of high-intensity interval training in physiotherapy primary care for patients with inflammatory arthritis: the ExeHeart randomised controlled trial. *Open*, 10, 3440. <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2023-003440>
- Ross, J. S., Linette, G. P., Stec, J., Clark, E., Ayers, M., Leschly, N., Symmans, W. F., Hortobagyi, G. N., & Puztai, L. (2003). Breast cancer biomarkers and molecular medicine. *Expert Review of Molecular Diagnostics*, 3(5), 573–585. <https://doi.org/10.1586/14737159.3.5.573>
- Runowicz, C. D., Leach, C. R., Henry, N. L., Henry, K. S., Mackey, H. T., Cowens-Alvarado, R. L., Cannady, R. S., Pratt-Chapman, M. L., Edge, S. B., Jacobs, L. A., Hurria, A., Marks, L. B., LaMonte, S. J., Warner, E., Lyman, G. H., & Ganz, P. A. (2016). American cancer society/American society of clinical oncology breast cancer survivorship care guideline. *Journal of Clinical Oncology*, 34(6), 611–635. [https://doi.org/10.1200/JCO.2015.64.3809/SUPPL\\_FILE/DS\\_JCO.2015.64.3809.PDF](https://doi.org/10.1200/JCO.2015.64.3809/SUPPL_FILE/DS_JCO.2015.64.3809.PDF)
- Ryu, J. M., Mok, C. W., Toesca, A., Lai, H.-W., Kuo, W.-L., Cheng, F. T.-F., Song, S. Y., Johnson, J., Shin, H., & Park, H. S. (2025). Consensus Statement on Robotic Nipple Sparing Mastectomy Expert Panel. *Journal of Breast Cancer*, 28(3), 180–192. <https://doi.org/10.4048/JBC.2025.0030>
- Sagen, Å., Kåresen, R., & Risberg, M. A. (2009). Physical activity for the affected limb and arm lymphedema after breast cancer surgery. A prospective, randomized controlled trial with two years follow-up. *Acta Oncologica*, 48(8), 1102–1110. <https://doi.org/10.3109/02841860903061683>
- San Felipe, M. J. R., Martínez, A. A., & Manuel-y-Keenoy, B. (2013). Influencia del peso corporal en el pronóstico de las supervivientes de cáncer de mama: abordaje nutricional tras el diagnóstico. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 1829–1841. <https://doi.org/10.3305/NH.2013.28.6.6981>
- Schlesinger, S., Siegert, S., Koch, M., Walter, J., Heits, N., Hinz, S., Jacobs, G., Hampe, J., Schafmayer, C., & Nöthlings, U. (2014). Postdiagnosis body mass index and risk of mortality in colorectal cancer survivors: a prospective study and meta-analysis. *Cancer Causes and Control*, 25(10), 1407–1418. <https://doi.org/10.1007/S10552-014-0435-X/METRICS>
- Schmitz, K. H., Ahmed, R. L., Troxel, A., Cheville, A., Smith, R., Lewis-Grant, L., Bryan, C. J., Williams-Smith, C. T., & Greene, Q. P. (2009). Weight lifting in women with breast-cancer-related

- lymphedema. *The New England Journal of Medicine*, 361(7), 664–673. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA0810118>
- Schutz, S., Aidar, F. J., Souza, R. L. M., dos Santos, J. L., Voltarelli, F. A., Vieira Junior, R. C., Soares, N. M. M., & Marçal, A. C. (2021). Different Methods of Physical Training Applied to Women Breast Cancer Survivors: A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 12, 639406. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2021.639406/BIBTEX>
- Sedeta, E. T., Jobre, B., & Avezbakiyev, B. (2023). Breast cancer: Global patterns of incidence, mortality, and trends. *Journal of Clinical Oncology*, 41(16\_suppl), 10528–10528. [https://doi.org/10.1200/JCO.2023.41.16\\_SUPPL.10528](https://doi.org/10.1200/JCO.2023.41.16_SUPPL.10528)
- Sellers, T. A. (1997). Genetic factors in the pathogenesis of breast cancer: their role and relative importance. *The Journal of Nutrition*, 127(5 Suppl). <https://doi.org/10.1093/JN/127.5.929S>
- Shan, R., Dai, L. J., Shao, Z. M., & Jiang, Y. Z. (2024). Evolving molecular subtyping of breast cancer advances precision treatment. *Cancer Biology & Medicine*, 21(9), 731–739. <https://doi.org/10.20892/J.ISSN.2095-3941.2024.0222>
- Shannon Byler, Sarah Goldgar, Sarah Heerboth, Meghan Leary, Genevieve Housman, & Kimberly Moulton Sibaji Sarkar. (2014). Genetic and Epigenetic Aspects of Breast Cancer Progression and Therapy | Anticancer Research. *Anticancer Research*, 34(3), 1071–1077. <https://ar.iijournals.org/content/34/3/1071>
- Shiovitz, S., & Korde, L. A. (2015). Genetics of breast cancer: a topic in evolution. *Annals of Oncology*, 26(7), 1291. <https://doi.org/10.1093/ANNONC/MDV022>
- Singh, B., DiSipio, T., Peake, J., & Hayes, S. C. (2016). Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Exercise for Those With Cancer-Related Lymphedema. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(2), 302-315.e13. <https://doi.org/10.1016/J.APMR.2015.09.012>
- Sparano, J. A., Gray, R. J., Makower, D. F., Pritchard, K. I., Albain, K. S., Hayes, D. F., Geyer, C. E., Dees, E. C., Goetz, M. P., Olson, J. A., Lively, T., Badve, S. S., Saphner, T. J., Wagner, L. I., Whelan, T. J., Ellis, M. J., Paik, S., Wood, W. C., Ravdin, P. M., ... Sledge, G. W. (2018). Adjuvant Chemotherapy Guided by a 21-Gene Expression Assay in Breast Cancer. *The New England Journal of Medicine*, 379(2), 111–121. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA1804710>
- Suami, H., & Scaglioni, M. F. (2018). Anatomy of the Lymphatic System and the Lymphosome Concept with Reference to Lymphedema. *Seminars in Plastic Surgery*, 32(1), 5–11. <https://doi.org/10.1055/S-0038-1635118/ID/JR01146-15/BIB>
- TANITA SC-331S SERIE MANUAL DE INSTRUCCIONES Descargar en PDF | ManualsLib. (n.d.). Retrieved July 27, 2025, from <https://www.manualslib.es/manual/70506/Tanita-Sc-331S-Serie.html>
- Tendero-Ruiz, L., Palomo-Carrión, R., Megía-García-Carpintero, Á., Pérez-Nombela, S., López-Muñoz, P., & Bravo-Esteban, E. (2023). The effect of therapeutic exercise in the prevention of lymphoedema secondary to breast cancer: a systematic review. *Archives of Medical Science*, 19(6), 1684–1692. <https://doi.org/10.5114/AOMS.2020.101435>
- Togawa, K., Ma, H., Sullivan-Halley, J., Neuhouser, M. L., Imayama, I., Baumgartner, K. B., Smith, A. W., Alfano, C. M., McTiernan, A., Ballard-Barbash, R., & Bernstein, L. (2014). Risk factors for self-reported arm lymphedema among female breast cancer survivors: A prospective cohort study. *Breast Cancer Research*, 16(4), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S13058-014-0414-X/TABLES/3>

- Torgbenu, E., Lockett, T., Buhagiar, M. A., Chang, S., & Phillips, J. L. (2020). Prevalence and incidence of cancer related lymphedema in low and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *BMC Cancer*, *20*(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S12885-020-07079-7/TABLES/4>
- Torgbenu, E., Lockett, T., Buhagiar, M., Requena, C. M., & Phillips, J. L. (2022). Improving care for cancer-related and other forms of lymphoedema in low- and middle-income countries: a qualitative study. *BMC Health Services Research*, *22*(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S12913-022-07840-7/TABLES/2>
- Tuğral, A., Bakar, Y., & Akyol, M. (2025). Predictors of Upper Extremity Function in Breast Cancer Survivors. *Physiotherapy Research International*, *30*(3), e70082. <https://doi.org/10.1002/PRI.70082>
- Vani, M. F., Marashi, M., O’Loughlin, E. K., Smith-Turchyn, J., & Sabiston, C. M. (2024). Resistance Training in Women Diagnosed with Breast Cancer: A Pilot Single Arm Pre–Post Intervention. *Cancers*, *16*(16), 2829. <https://doi.org/10.3390/CANCERS16162829/S1>
- Vieira, V. M., Vopham, T., Bertrand, K. A., James, P., Dupré, N., Tamimi, R. M., Laden, F., & Hart, J. E. (2019). Contribution of socioeconomic and environmental factors to geographic disparities in breast cancer risk in the Nurses’ Health Study II. *Environmental Epidemiology*, *4*(1). <https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000080>
- Wanchai, A., & Armer, J. M. (2018). Effects of weight-lifting or resistance exercise on breast cancer-related lymphedema: A systematic review. *International Journal of Nursing Sciences*, *6*(1), 92–98. <https://doi.org/10.1016/J.IJNSS.2018.12.006>
- Wang, J., Kang, D.-X., Zhang, A.-J., & Li, B.-R. (2024). Effects of psychological intervention on negative emotions and psychological resilience in breast cancer patients after radical mastectomy. <Http://Www.Wjgnet.Com/>, *14*(1), 8–14. <https://doi.org/10.5498/WJP.V14.I1.8>
- Wang, L., Huang, Q., Cai, T., Ding, Y., & Yuan, C. (2025). Effects of different types of exercise intervention for alleviating breast cancer-related lymphedema: a systematic review protocol and network meta-analysis. *BMJ Open*, *15*(5), e098064. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2024-098064>
- Wang, L., Liu, Y., Zhang, W., Wang, Y., Zhai, Z., Cheng, H., & Yao, N. (2025). Effects of resistance training on breast cancer-related arm lymphedema: a systematic review and dose–response meta-analysis. *Supportive Care in Cancer*, *33*(5), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S00520-025-09448-Z/METRICS>
- Wang, L., Shi, Y. X., Wang, T. T., Chen, K. X., & Shang, S. M. (2023). Breast cancer-related lymphoedema and resistance exercise: An evidence-based review of guidelines, consensus statements and systematic reviews. *Journal of Clinical Nursing*, *32*(9–10), 2208–2227. <https://doi.org/10.1111/JOCN.16437>
- Wang, Y., & Minden, A. (2022). Current Molecular Combination Therapies Used for the Treatment of Breast Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(19), 11046. <https://doi.org/10.3390/IJMS231911046>
- Wheeler, S. B., Reeder-Hayes, K. E., & Carey, L. A. (2013). Disparities in Breast Cancer Treatment and Outcomes: Biological, Social, and Health System Determinants and Opportunities for Research. *The Oncologist*, *18*(9), 986. <https://doi.org/10.1634/THEONCOLOGIST.2013-0243>

- Wignarajah, P., Malata, C. M., & Benson, J. R. (2023). Oncoplastic and reconstructive breast surgery. *Frontiers in Oncology*, *13*, 1176915. <https://doi.org/10.3389/FONC.2023.1176915/XML>
- Winters-Stone, K. M., Wood, L. J., Stoyles, S., & Dieckmann, N. F. (2018). The effects of resistance exercise on biomarkers of breast cancer prognosis: A pooled analysis of three randomized trials. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, *27*(2), 146–153. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-17-0766/69984/AM/THE-EFFECTS-OF-RESISTANCE-EXERCISE-ON-BIOMARKERS>
- Wirtz, P., & Baumann, F. T. (2018). Physical Activity, Exercise and Breast Cancer - What Is the Evidence for Rehabilitation, Aftercare, and Survival? A Review. *Breast Care (Basel, Switzerland)*, *13*(2), 93–101. <https://doi.org/10.1159/000488717>
- Wu, T., Long, Q., Zeng, L., Zhu, J., Gao, H., Deng, Y., Han, Y., Qu, L., & Yi, W. (2025). Axillary lymph node metastasis in breast cancer: from historical axillary surgery to updated advances in the preoperative diagnosis and axillary management. *BMC Surgery* *2025* *25:1*, *25*(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S12893-025-02802-2>
- Xu, J., Jiao, X., & Bayat, R. (2024). Outcomes of physical exercises on initiation, progression, and treatment of breast cancer. *Cell Communication and Signaling* *2024* *22:1*, *22*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S12964-024-01634-6>
- Yamani, N., Ahmed, A., Khan, M., Wilson, Z., Shakoor, M., Qadri, S. F., Unzek, S., Silver, M., & Mookadam, F. (2024). Effectiveness of exercise modalities on breast cancer patient outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Cardio-Oncology*, *10*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S40959-024-00235-Z/FIGURES/7>
- Ye, F., Dewanjee, S., Li, Y., Jha, N. K., Chen, Z. S., Kumar, A., Vishakha, Behl, T., Jha, S. K., & Tang, H. (2023). Advancements in clinical aspects of targeted therapy and immunotherapy in breast cancer. *Molecular Cancer* *2023* *22:1*, *22*(1), 1–40. <https://doi.org/10.1186/S12943-023-01805-Y>
- Yu, S., Gao, C., Yi, C., Hei, J., Yu, L., Sun, Z., & Feng, L. (2025). Effects of exercise interventions on bone health and body composition in postmenopausal women with breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oncology*, *15*, 1593165. <https://doi.org/10.3389/FONC.2025.1593165>
- Zhang, L., Zhang, H., Liu, X., Zhong, Q., Luo, Q., Zhang, Y., Gong, N., Qin, H., & Yang, A. (2020). Monitoring the Changes of Upper Limb Water in Breast Cancer Patients by Segmental Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, *26*, e927804-1. <https://doi.org/10.12659/MSM.927804>







## 9 *ANEXOS*

---



## **Study: "Strength Work in Breast Cancer Survivors"**

Name: .....

(Full name of study participant)

- I have read the information sheet that has been given to me.
- I have been able to ask questions about the study.
- I have received satisfactory answers to my questions.
- I have received enough information about the study.

I have spoken with.....

(Name of researcher-collaborator)

And I agree to participate in the NO / YES study (mark)

I consent that the results obtained may be used for a possible scientific publication, or other future research, keeping strict confidentiality about my identity: NO / YES (mark)

In....., on (date)

Participant's signature

Researcher's signature

According to Law 15/1999 of 13 December, consent for the processing of your personal data and for its transfer is revocable. You can exercise your right of access, rectification and cancellation by contacting the researcher, who Will inform the relevant party.











***10 ARTÍCULO  
ORIGINAL  
PUBLICADO***

---



## Article

# Effect of Strength Training on Body Composition, Volumetrics and Strength in Female Breast Cancer Survivors

Rocío Pardo-Hernández <sup>1</sup>, Jessica Fernández-Solana <sup>1,\*</sup>, Jerónimo J. González-Bernal <sup>1</sup>,  
Ena Monserrat Romero-Pérez <sup>2</sup>, Mario Alberto Horta-Gim <sup>2</sup>, Luis Enrique Riojas Pesqueira <sup>2</sup>,  
María Nieves Muñoz-Alcaraz <sup>3,4</sup>, Josefa González-Santos <sup>1</sup> and Mirian Santamaría-Peláez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Health Sciences, University of Burgos, 09001 Burgos, Spain; rph1001@alu.ubu.es (R.P.-H.); jejavier@ubu.es (J.J.G.-B.); mjgonzalez@ubu.es (J.G.-S.); mspelaiez@ubu.es (M.S.-P.)

<sup>2</sup> Division of Biological Sciences and Health, University of Sonora, Hermosillo 83000, Mexico; ena.romero@unison.mx (E.M.R.-P.); mario.horta@unison.mx (M.A.H.-G.); enrique.riojas@unison.mx (L.E.R.P.)

<sup>3</sup> Córdoba and Guadalquivir Health District, Andalusia Health Service, 14011 Córdoba, Spain; marian.munoz.sspa@juntadeandalucia.es

<sup>4</sup> Maimónides Biomedical Research Institute of Córdoba (IMIBIC), Reina Sofía University Hospital, University of Córdoba, 14004 Córdoba, Spain

\* Correspondence: jfsolana@ubu.es

**Abstract:** Background/Aims: This cross-sectional study investigates body composition and strength in female breast cancer survivors, focusing on the effects of radical mastectomy and the presence of upper extremity lymphoedema. The main objective was to understand body composition, volumetry, and strength, as well as response to strength training in female breast cancer survivors. Methods: Twenty-three women (aged 42–74 years old) with radical mastectomy in the last five years were assessed by measuring body composition (weight, water percentage, fat, muscle, and lean mass), maximal strength, perimeters, and brachial volumes. Participants completed a 10-week strength training program of moderate intensity with 20 training sessions. No significant differences were found between the affected/healthy hemispheres in terms of composition, perimeters, and volumetrics. However, 11 women were found to have lymphoedema (47.8%). No statistically significant differences were found between hemibodies after the intervention, although improvements were obtained in pectoral strength and manual grip, as well as in muscle mass and lean mass [ $p = 0.002$  each]. Cases with lymphoedema were reduced to 5 (21.73%). Conclusions: While strength training is shown to benefit body composition, strength, and the incidence of lymphoedema in mastectomized women, further scientific evidence is needed with larger controlled trials and follow-up studies to validate these findings, as well as the impact on the quality of life of these survivors.

**Keywords:** breast cancer; radical mastectomy; lymphoedema; body composition; muscle strength; survivorship



Academic Editor: Joaquim Carreras

Received: 2 December 2024

Revised: 19 December 2024

Accepted: 26 December 2024

Published: 27 December 2024

**Citation:** Pardo-Hernández, R.; Fernández-Solana, J.; González-Bernal, J.J.; Romero-Pérez, E.M.; Horta-Gim, M.A.; Riojas Pesqueira, L.E.; Muñoz-Alcaraz, M.N.; González-Santos, J.; Santamaría-Peláez, M. Effect of Strength Training on Body Composition, Volumetrics and Strength in Female Breast Cancer Survivors. *Healthcare* **2025**, *13*, 29. <https://doi.org/10.3390/healthcare13010029>

**Copyright:** © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Breast cancer is one of the most common malignancies and a leading cause of morbidity and mortality worldwide. According to the World Health Organization (WHO), 9.6 million cancer-related deaths were recorded in 2018, underscoring the substantial global burden of this disease and the need for effective preventive and therapeutic strategies. In Spain, the National Institute of Statistics (INE) identifies cancer as the second leading cause of death, accounting for approximately 26.4% of all deaths [1]. Within the Spanish context, data from the Global Cancer Observatory (GCO) indicate that in 2021, 285,530 new cases of cancer

were diagnosed, including 34,333 cases of breast cancer, the most common malignancy among women [2,3]. It is estimated that one in eight women in Spain will develop breast cancer, particularly between the ages of 46 and 65, and this tumor type is responsible for about 5.8% of annual cancer deaths in women. Although the five-year relative survival rate approaches 89.2%, about 30% of women diagnosed at early stages will suffer relapse with distant metastasis [4–6]. These statistics highlight the complex clinical landscape faced by survivors, who must contend not only with the threat of recurrence but also with ongoing treatment-related complications

Although it has increased in recent years, it accounts for only 1% of all breast cancer cases and is responsible for 0.1% of cancer deaths in men [7,8]. In Europe, the incidence of male breast cancer is 1 case per 100,000 population, affecting mostly men in their 70s and 80s, with a peak incidence at age 71 [9–11].

Among these complications, lymphedema stands out as one of the most frequent and debilitating sequelae, primarily affecting the upper limb on the side of surgical intervention, such as mastectomy. Lymphoedema can cause swelling, pain, and decreased arm functionality, directly impacting patients' daily activities, autonomy, and overall quality of life [12–14]. This condition, estimated to affect about 20–30% of women treated for breast cancer, is chronic and difficult to reverse, underscoring the urgency of effective prevention and management strategies [15,16]. In this context, there is growing interest in identifying modifiable risk factors and rehabilitation approaches that can mitigate the severity and progression of lymphedema.

Body composition has emerged as a potentially critical factor in this regard. Recent research suggests that body mass index (BMI), fat mass, and muscle mass may influence both the predisposition to develop lymphoedema and its overall severity [17,18]. A higher percentage of fat mass has been associated with increased complications, whereas adequate muscle mass may act as a protective factor. Understanding this relationship is essential to identify high-risk patients and guide more precise interventions. However, current evidence remains limited and predominantly focused on BMI without thoroughly examining lean and muscle mass as potentially decisive elements in the onset and progression of lymphedema [19,20]. This gap in the literature hinders the development of targeted interventions designed to optimize body composition and reduce lymphedema risk.

Systematic measurement of muscle strength and body composition in breast cancer survivors can provide valuable insights into their functional status, informing more personalized rehabilitation programs. These measurements not only help monitor patient progress and the effectiveness of interventions but also facilitate adjustments to exercise regimens [21,22]. In addition, it has been shown that strength training, when introduced in a controlled and progressive manner, can offer multifaceted benefits: improving lymphatic circulation, strengthening muscle mass, and potentially reducing fluid accumulation, all of which may lessen lymphedema-related symptoms and promote a more complete functional recovery [23–25]. Such exercise-based interventions also hold promise for enhancing cardiorespiratory capacity, alleviating fatigue and depressive symptoms, and ultimately improving survivors' quality of life.

A recent systematic review has clarified strength-training parameters suitable for breast cancer survivors: moderate-to-high intensity (60–80% of one-repetition maximum), 2 to 3 sets of each exercise, and sessions of about 20–60 min. Implementing these guidelines can improve muscular strength, quality of life, and mental well-being while reducing fatigue and depression. Importantly, these training protocols may also help in controlling lymphedema. All this improves strength and quality of life and reduces fatigue and depression levels. It also improves cardiorespiratory capacity and reduces lymphedema.

However, the review did not report in detail how strength training affects body composition, leaving a critical area of investigation unexplored [26].

Therefore, this study aims to analyze body composition, limb volumetry, and muscular strength in female breast cancer survivors, as well as their response to a ten-week strength training program. Additionally, it seeks to determine whether such training can enhance physical condition and reduce the incidence or severity of lymphedema, thereby providing a stronger scientific basis for individualized exercise interventions in clinical practice. The hypotheses proposed are that this training program will improve participants' body composition, increase their strength, and yield volumetric benefits that reduce the incidence and impact of lymphedema.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Participants

To understand the physical characteristics of breast cancer survivors and their response to strength training, we conducted a longitudinal study with a total of 23 women who underwent radical mastectomy. This surgical procedure was first described in the late 19th century by Halsted, whose current protocol was established in 1972 by Madden [27], according to which the surgery involves ablation of the entire breast as well as the axillary lymphatic tissue [28].

The study design was longitudinal, consisting of pre-test assessment, intervention, and post-test assessment. No control group was recruited; however, comparisons were made between affected and healthy hemi bodies. The sampling was non-probabilistic and non-random methods, being selected for convenience through an open invitation to breast cancer survivors' associations in Sonora, Mexico, who had to meet eligibility criteria.

Inclusion criteria were having been diagnosed with breast cancer, having undergone radical mastectomy, having less than five years since their last surgery, and having voluntarily completed the informed consent form. Exclusion criteria included failure to perform mastectomy, current upper extremity infection, presence of lymphangitis, and failure to comply with informed consent.

### 2.2. Procedure

The variables assessed were height, weight, percentage of fat mass, fat mass in kilograms, muscle mass, lean mass, percentage of water, manual grip strength of the affected and healthy sides, maximum strength in chest press, maximum strength of bilateral pectoral contraction, maximum strength of unilateral pectoral contraction of the healthy and affected sides, as well as perimeters and volumetrics of both arms.

Body composition analysis included measurements of weight, height, percentage of fat mass, kilograms of fat mass, lean mass, muscle mass, and percentage of water. This analysis was carried out using a professional scale model, TANITA SC331S, used in different populations [29,30], scrupulously following the user manual. Grip strength was measured using a dynamometer, taking three measurements and determining the arithmetic mean.

The evaluation of the maximum force (1RM) of unilateral, bilateral chest contraction and chest press was carried out using the protocol described by Tanori et al. [31] on a multi-station machine (EXM2500Sv Body-Solid). For the determination of the maximum force in unilateral pectoral contraction, we started with an initial load equivalent to 10% of the body weight of each participant, making increments of 5% until the maximum load that each participant was able to mobilize on a single occasion was individually established. For the determination of maximum strength in chest press and bilateral pectoral contraction, we started with an initial load of 20% of body weight. After each successful attempt, a 10% increase in load was applied.

These increments were applied as a function of perceived exertion using the OMNI-RES scale [31], with two minutes of recovery between each attempt. If load shifting was achieved twice, the load increase was continued; if not, the weight was decreased by 5% to achieve greater accuracy.

On the other hand, the assessment of arm circumferences was performed using the procedure employed by Tánori et al., 2020 [32]. Accordingly, measurements were performed while seated, with the shoulder in flexion and abduction of approximately 30°, extending the arm in a relaxed manner on a table, with the elbow in extension, and the forearm in a supinated posture. Depending on the length of each participant's arms, 10 to 12 points were marked on the skin, spaced every 4 cm starting from the distal wrist crease to the region near the axilla. Circumference measurements were taken perpendicular to the main axis of the limb, with a retractable tape and without pressing on the skin.

Taking the perimeter measurements of the participants' limbs as a reference, the volumetrics of the segments of each arm were found, allowing the calculation of the total volume of the limbs. To do this, starting from each of the perimeters, the brachial radius of each measurement point was calculated using the equation:

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

The height of each segment was then determined by taking the four centimeters between measuring points as the generatrix. Finally, using the calculated data, the volume of each segment of the arms was found using the mathematical formula for the truncated cone [33].

$$h = \sqrt{g^2 + (r_2 - r_1)^2}$$

$$Volume = \frac{h\pi}{3} (r_1 + r_2 + r_1r_2)$$

Once the volumetric data for all upper limb segments were available, the output variables were calculated by summation: forearm volume, upper arm volume, and total upper limb volume. The measurement of perimeters and subsequent calculation of volumetrics has proven to be a highly appropriate and reliable practice [34,35].

The diagnostic criteria for lymphoedema were followed, indicating the presence of lymphoedema if there is a volumetric difference between the two upper limbs of at least 200 milliliters [36].

### 2.3. Intervention

The strength training program began the week after the initial evaluations. The intervention was carried out over 10 weeks, with two weekly sessions separated by at least 48 h. All training days had the following structure: initially, an aerobic warm-up was carried out, followed by strength training, with a 5-min break after the warm-up and between each of the exercises.

The warm-up consisted of 30 min of aerobic exercise on a static bike (except in the first two weeks, in which 20 and 25 min were performed, respectively, to promote adaptation). Resistance was chosen by the participants since it is not the objective of the study.

After the 5 min of rest, strength training was carried out. For this, the same machines with which they were evaluated were used. The exercises, separated by 5-min breaks, were performed in the following order: pectoral press, bilateral chest contractor, and unilateral pectoral contractor. As in the evaluation, the exercises were executed as follows:

The pectoral press was executed in a seated position, with the back and head on the back of the machine, the shoulders in the abduction of approximately 80°, and elbows

in flexion of 90°. The load is propelled in a ventral direction up to the full extension of the elbows.

The bilateral contraction begins in a sitting position, with the back and head resting on the machine, shoulders in 90° abduction, and elbows in 90° flexion. The forearm in pronation is placed on the padding of the machine, and the movement is executed in frontal adduction until the arms are joined in the sagittal plane.

Three sets of each exercise were performed and separated by one minute of recovery. The sets consisted of 12-10-12 repetitions during one week and 16-13-16 repetitions the following week maintaining the load. Every two weeks, the load was progressively increased. The initial load was 50% of the 1RM in the chest press exercise and 40% in the chest contractor. The progression of loads to every two weeks was 5% of 1RM, concluding the program with a load of 75% and 65% of 1RM, respectively, which implies a moderate intensity. This progression of loads was determined following the recommendations of the American College of Sports Medicine (ACSM) [36], which have been used in studies with this population.

#### 2.4. Statistical Analysis

All statistical analyses were performed using SPSS version 25 (IBM Inc., Chicago, IL, USA). Firstly, socio-demographic and body composition characteristics were analyzed using descriptive analyses. Qualitative variables were shown by frequencies and percentages; quantitative variables were studied through means and Standard Deviations (*SD*). Before proceeding to inferential analyses, a Shapiro–Wilk normality analysis was performed. Those variables with a normal distribution were tested using parametric tests (Student's *t*-test for related and independent samples), while variables with a non-normal distribution were compared using non-parametric analyses (Mann Whitney U and Wilcoxon signed-rank test). All the analyses carried out took 95% as a confidence index, with a statistical power of 0.05.

This study is subject to current biomedical research legislation and the principles of the Declaration of Helsinki. Written informed consent was collected from all participants prior to the start of the study. Approval was obtained from the ethics committee of the University of Sonora (DMCS/CBIDMCS/D-50).

### 3. Results

The sample comprising the present study consisted only of women ( $n = 23$ ), with a mean age of 55.70 years and a mean BMI of 27.72 (Table 1). Most of the participants (56.5%) were diagnosed and mastectomized on the right side of the body, with one participant undergoing a double-radical mastectomy. The presence of lymphoedema was identified in 11 participants, representing 47.8% of the sample (Table 2).

**Table 1.** Description of the body characteristics of the sample.

	<i>M</i>	<i>SD</i>
Age	55.70	9.508
Height	159.78	6.557
BMI	27.72	3.64
Weight	71.14	12.17
Fat mass (percentage)	37.23	8.01
Fat mass (kg)	27.29	9.04
Muscle mass	41.617	3.93
Lean mass	43.85	4.12
Water percentage	43.81	4.90

Mean (*M*), Standard Deviation (*SD*).

**Table 2.** Clinical data of the sample.

	N	%
Operated side		
Right	13	56.5
Left	9	39.1
Both	1	4.3
IMC		
Normal weight	5	21.7
Overweight	12	52.2
Obesity	6	26.1
Lymphedema		
Yes	11	47.8
No	11	47.8

The differences in perimeter measurements of both upper limbs were not statistically significant in any of the cases, as can be seen in Tables 3 and 4.

**Table 3.** T-test independent samples. Perimeter measurement differences.

	Affected Hemibody		Healthy Hemibody		t-Student Independent Samples		
	M	SD	M	SD	T	p	Effect Size
Perimeter 1	15.791	1.006	15.681	0.853	0.397	0.693	0.109
Perimeter 2	17.066	1.442	17.004	1.328	0.152	0.880	0.062
Perimeter 3	19.725	1.868	19.763	1.887	−0.070	0.945	0.038
Perimeter 5	24.591	1.827	24.572	1.987	0.034	0.973	0.189
Perimeter 6	25.775	2.128	25.427	2.289	0.534	0.576	0.347
Perimeter 7	26.612	2.626	26.500	2.893	0.137	0.892	0.112
Perimeter 8	28.375	3.282	28.313	3.567	0.061	0.952	0.613
Perimeter 9	30.275	3.731	30.118	3.977	0.138	0.891	0.156
Perimeter 10	32.412	4.117	32.131	3.911	0.237	0.814	0.280
Perimeter 11	33.916	4.025	34.418	4.734	−0.274	0.786	0.501

Mean (M), Standard Deviation (SD).

**Table 4.** Mann-Whitney U. Perimeter measurement differences.

	Affected Hemibody		Healthy Hemibody		Mann-Whitney U
	N	Mid-Range	N	Mid-Range	p
Perimeter 4	24	22.96	22	24.09	0.775
Perimeter 12	2	2.50	2	2.50	0.999

With regard to upper limb volumes, no significant differences were found in this sample, neither in the forearm [ $t(44) = 0.511, p = 0.612$ ], in the upper arm, nor in the whole upper limb. The comparison of unilateral pectoral strength and manual grip also showed no significant differences (Table 5).

Similarly, after the intervention, no significant differences were found in the forearm [ $t(44) = 0.035, p = 0.972$ ], arm, or full upper limb volumes, as well as in unilateral pectoralis or manual grip strength.

**Table 5.** Mann-Whitney U. Pretest and post-test intergroup differences.

	Affected Hemibody		Healthy Hemibody		Mann-Whitney U
	N	Mid-Range	N	Mid-Range	<i>p</i>
1RM unilateral pretest	24	22.94	22	24.11	0.763
Pre-test manual grip strength	24	22.44	22	24.66	0.571
Arm volume pre-test	24	24.25	22	22.68	0.692
Pre-test upper limb volume	24	24.33	22	22.59	0.660
1RM unilateral post	24	22.08	22	25.05	0.451
Post-test unilateral grip strength	24	22.65	22	22.33	0.934
Arm volume unilateral post-test	24	24.83	22	22.05	0.482
Unilateral upper limb volume post-test	24	24.46	22	22.45	0.613

In addition, intergroup comparisons were established to determine the existence of differences in the characteristics of body composition and maximum strength in chest press and bilateral chest contraction with respect to the presence or absence of lymphoedema (Tables 6 and 7). In this case, no significant differences were found in any of the variables, so it could be concluded that the presence of lymphoedema does not imply differences in body composition or bilateral maximum strength measurements.

**Table 6.** Mann-Whitney U. Intergroup differences.

	Not Lymphedema		Lymphedema		Mann-Whitney U
	N	Mid-Range	N	Mid-Range	<i>p</i>
Fat mass percentage	11	11.27	11	11.73	0.898
Water percentage	11	11.36	11	11.64	0.849

**Table 7.** T-test independent samples. Intergroup differences.

	Not Lymphedema		Lymphedema		T Student Independent Test	
	N	Mid-Range	N	Mid-Range	<i>p</i>	Effect Size
BMI	11	28.263	11	27.027	0.450	1.236
Weight	11	73.400	11	68.245	0.340	5.154
Fat mass kg	11	28.691	11	25.682	0.459	3.009
Muscle mass	11	42.436	11	40.391	0.227	2.045
Lean mass	11	44.709	11	42.564	0.227	2.145
Chest fly press	11	25.978	11	26.391	0.854	0.412
Bilateral contraction chest	11	26.391	11	23.504	0.424	2.886

The number of people affected by lymphoedema was calculated, with a total of 5 people maintaining lymphoedema after the intervention (21.73%). Intra-group comparisons showed significant differences in unilateral pectoral strength of affected and healthy limbs, as well as in the grip of both arms. Differences in volume were not significant in the forearm, upper arm, or whole upper limb. Differences in muscle mass and lean mass were significant, as were differences in fat mass and body water.

Finally, the differential scores of the variables with significant responses to treatment were analyzed with respect to the affected or healthy hemibody. No significant differences were found in unilateral pectoral strength [ $U = 0.440$ ,  $p = 0.660$ ], grip strength [ $U = -0.158$ ,  $p = 0.875$ ], muscle mass [ $t(44) = 0.205$ ,  $p = 0.838$ ], or lean mass [ $t(44) = 0.206$ ,  $p = 0.838$ ] (Tables 8 and 9).

**Table 8.** T-test-related samples. Intragroup comparison.

	Pre-Test		Post-Test		Student-Related Samples Test	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i>	Effect Size
Affected pectoral strength	25.514	8.060	27.310	7.813	0.009	8.371
Healthy forearm volume	663.198	110.935	691.917	97.116	0.092	68.241
Affected forearm volume	679.59	106.44	692.953	104.357	0.347	76.377
Muscle mass	41.617	3.932	40.217	4.316	0.002	1.868
Lean mass	43.852	4.129	42.378	4.543	0.002	1.966
Weight	71.143	12.170	71.178	12.159	0.861	0.938

Mean (*M*), Standard Deviation (*SD*).

**Table 9.** Wilcoxon test. Intragroup comparison.

	Wilcoxon
	<i>p</i>
Healthy pectoral strength	0.003
Grip affect side	0.047
Grip healthy side	0.032
Affected arm volume	0.092
Healthy arm volume	0.115
Affected upper limb volume	0.209
Healthy upper limb volume	0.077
Water percentage	0.291
Fat mass percentage	0.267
Fat mass kg	0.322

#### 4. Discussion

The present cross-sectional study aimed to analyze the body composition, volume, and strength of 23 female breast cancer survivors, as well as their response to a ten-week strength training program. In our results, the comparison of perimeters showed no significant differences between hemispheres. The same was true for the forearm, upper arm, and whole upper limb volume.

Likewise, following the diagnostic criteria, the analyses performed showed the presence of lymphoedema in 47.8% of the sample; however, this condition did not imply differences in terms of body composition or maximum strength in chest press or bilateral pectoral contraction.

The mean BMI of the participants was 27.72 kg/m<sup>2</sup>, with 12 of them being overweight. This is consistent with the findings of San Felipe et al. [37], who noted the high frequency of overweight and obesity in women breast cancer survivors, especially those undergoing chemotherapy. This factor, they note, worsens the prognosis of breast cancer, increasing the mortality rate. Albuquerque et al. [38] have also confirmed the high rate of obesity and overweight, as well as the correlation between this variable and the increase in pain experienced.

In contrast, other authors, such as Schlesinger et al. [39], showed the obesity paradox, according to which a certain degree of overweight acts as a protector against mortality, although without going into the origin of the overweight, which could be due in these cases to a high muscle mass, with the lack of skeletal muscle being the cause of the complications. This is the assumption demonstrated by Caan et al. [40] in their trial. In our study, the mean muscle mass showed slight differences between people with lymphoedema and those without lymphoedema, although these differences were not significant.

Similarly, McClain et al. [41] corroborated how comprehensive analysis of body composition is critical in breast cancer, having found associations that fat mass and lean mass are associated to a greater degree than BMI with the metabolites under study. However, in our study, lean mass and fat mass did not differ significantly between those with lymphoedema and those without.

After intervention, differences were found in muscle mass and lean mass, as opposed to fat mass and water percentage. Improvements were also found in the strength of both pectoral muscles, as well as in the grip of both hemibodies. Improvements were modest, possibly due to the brevity of the intervention, and were being performed with whole-body composition measurements, which may not be affected by partial training limited to specific muscle groups. However, those affected by lymphoedema were reduced from 11 (47.8%) to 5 (21.73), reflecting the remarkable effect of this training.

This is consistent with the findings of Fonnegra et al. [42], although aerobic endurance was not assessed in our study, according to which strength and endurance intervention for at least six months generate positive effects on strength and body composition in breast cancer survivors. These interventions also lead to improvements in cardiorespiratory fitness and other physiological variables, which in turn lead to improved physical and psychological fitness in these individuals.

This study was limited by the small sample size, and further expansion of the trial is recommended. In addition, intensity and endurance were not assessed using rigorous criteria. Although comparisons were made between both hemibodies, it would be advisable to expand this field of research in the future with control groups since body composition variables could not be controlled in the present study. Furthermore, it would be advisable to expand the available evidence on the influence of body composition on the development of lymphoedema and other specific complications since the literature consulted is limited, on most occasions, to participants' weight and BMI, but not much evidence has been found regarding muscle, lean and fat mass, as well as other variables of interest, such as bone density. Consequently, future research should consider the study of strength interventions in breast cancer survivors with large, controlled groups and include variables such as bone density, cardiorespiratory capacity, and psychological and functional variables since they determine, in turn, another of the fundamental variables to be taken into account: the quality of life of these people.

## 5. Conclusions

Individuals with lymphoedema accounted for half of the sample, corroborating the high incidence of this complication. Intergroup analyses showed no conclusive differences between people with and without lymphoedema in terms of weight, BMI, lean, muscle and fat mass, and maximal pectoral strength in different measurements. However, after strength training, improvements in lean and muscle mass, as well as in pectoral and grip strength of both hemispheres, were observed.

However, it is necessary to go deeper into this field, developing research with a larger sample size and control group to ensure whether or not there are associations that can help us identify and treat these cases in order to provide survivors with a better quality of life.

**Author Contributions:** Conceptualization, R.P.-H. and E.M.R.-P.; methodology, J.F.-S.; software, M.S.-P.; validation, J.G.-S. and M.S.-P.; formal analysis, M.S.-P.; investigation, E.M.R.-P., M.N.M.-A. and M.A.H.-G.; resources, R.P.-H.; data curation, J.J.G.-B.; writing—original draft preparation, J.F.-S., R.P.-H. and L.E.R.P.; writing—review and editing, J.F.-S. and J.G.-S.; visualization, L.E.R.P. and J.J.G.-B.; supervision, M.A.H.-G., M.N.M.-A. and J.F.-S.; project administration, E.M.R.-P. and J.J.G.-B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of the University of Sonora (DMCS/CBIDMCS/D-50) on 9 September 2014.

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Data for this research are available upon request from the corresponding author.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.

## References

1. Instituto Nacional de Estadística. Estadística de Defunciones según la Causa de Muerte. Año 2023. Datos Provisionales. n.d. Available online: <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/pEDCM2023.htm> (accessed on 11 November 2024).
2. Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM). El Cáncer en Cifras n.d. Available online: <https://seom.org/prensa/el-cancer-en-cifras> (accessed on 11 November 2024).
3. Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM). Cancer de Mama n.d. Available online: <https://seom.org/info-sobre-el-cancer/cancer-de-mama> (accessed on 11 November 2024).
4. Barzaman, K.; Karami, J.; Zarei, Z.; Hosseinzadeh, A.; Kazemi, M.H.; Moradi-Kalbolandi, S.; Safari, E.; Farahmand, L. Breast cancer: Biology, biomarkers, and treatments. *Int. Immunopharmacol.* **2020**, *84*, 106535. [CrossRef] [PubMed]
5. Gómez-Raposo, C.; Zambrana Tévar, F.; Sereno Moyano, M.; López Gómez, M.; Casado, E. Male breast cancer. *Cancer Treat. Rev.* **2010**, *36*, 451–457. [CrossRef] [PubMed]
6. Álvarez-Pardo, S.; De Paz, J.A.; Montserrat Romero-Pérez, E.; Portilla-Cueto, K.M.; Horta-Gim, M.A.; González-Bernal, J.J.; Fernández-Solana, J.; Mielgo-Ayuso, J.; García-Valverde, A.; González-Santos, J. Factors Associated with Body Image and Self-Esteem in Mastectomized Breast Cancer Survivors. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 5154. [CrossRef] [PubMed]
7. Zhang, Y.N.; Xia, K.R.; Li, C.Y.; Wei, B.L.; Zhang, B. Review of Breast Cancer Pathological Image Processing. *BioMed Res. Int.* **2021**, *2021*, 1994764. [CrossRef]
8. Katsura, C.; Ogunmwonyi, I.; Kankam, H.K.N.; Saha, S. Breast cancer: Presentation, investigation and management. *Br. J. Hosp. Med.* **2022**, *83*, 1–7. [CrossRef] [PubMed]
9. Halbach, S.M.; Midding, E.; Ernstmann, N.; Würstlein, R.; Weber, R.; Christmann, S.; Kowalski, C. Male Breast Cancer Patients' Perspectives on Their Health Care Situation: A Mixed-Methods Study. *Breast Care* **2020**, *15*, 22–29. [CrossRef]
10. Mancino, A.T. Diseases of the Breast. *Ann. Surg.* **2001**, *233*, 594. [CrossRef]
11. Fentiman, I.S. Male breast cancer: A review. *Ecanermedicalscience* **2009**, *3*, 140. [CrossRef]
12. Bernas, M.; Thiadens, S.R.J.; Stewart, P.; Granzow, J. Secondary lymphedema from cancer therapy. *Clin. Exp. Metastasis* **2022**, *39*, 239–247. [CrossRef] [PubMed]
13. Grada, A.A.; Phillips, T.J. Lymphedema: Pathophysiology and clinical manifestations. *J. Am. Acad. Dermatol.* **2017**, *77*, 1009–1020. [CrossRef] [PubMed]
14. Alvarez-Pardo, S.; Romero-Pérez, E.M.; Camberos-Castañeda, N.; de Paz, J.A.; Horta-Gim, M.A.; González-Bernal, J.J.; Mielgo-Ayuso, J.; Simón-Vicente, L.; Fernández-Solana, J.; González-Santos, J. Quality of Life in Breast Cancer Survivors in Relation to Age, Type of Surgery and Length of Time since First Treatment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 16229. [CrossRef]
15. Gutiérrez Pérez, E.E.; Avalos Nuño, J.; Salas González, E.; Montes Velázquez, L.; Guzman Pantoja, J.E.; Pánuco Ayala, P.G. Prevalencia de linfedema en extremidades superiores secundario a mastectomía por cáncer. *Cir. Gen.* **2014**, *36*, 145–149.
16. García-Valdés, N.; Casado-Méndez, P.R.; Ricardo-Martínez, D.; Santos-Fonseca, R.S.; Gonsalves-Monteiro, A.; Sambu, Z. Prevalencia de complicaciones en pacientes mastectomizadas por cáncer de mama. *Rev. Med. Electron.* **2023**, *45*, 250–261.
17. Tuğral, A.; Akyol, M.; Çolakoğlu, Ö.; Bakar, Y. Risk Profiling of Breast Cancer-Related Lymphedema (BCRL) in Patients with Breast Cancer via Using Body Composition and Tissue Dielectric Constant (TDC) Method: A Cross-Sectional Study. *Clin. Breast Cancer* **2024**, *24*, 691–698. [CrossRef] [PubMed]
18. Gomes, P.R.L.; Freitas Junior, I.F.; Da Silva, C.B.; Gomes, I.C.; Rocha, A.P.R.; Salgado, A.S.I.; Do Carmo, E.M. Short-term changes in handgrip strength, body composition, and lymphedema induced by breast cancer surgery. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.* **2014**, *36*, 244–250. [CrossRef]
19. Gjørup, C.A.; Zerahn, B.; Juul, S.; Hendel, H.W.; Christensen, K.B.; Hölmich, L.R. Repeatability of Volume and Regional Body Composition Measurements of the Lower Limb Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *J. Clin. Densitom.* **2017**, *20*, 82–96. [CrossRef]

20. Bennett, J.P.; Liu, Y.E.; Quon, B.K.; Kelly, N.N.; Wong, M.C.; Kennedy, S.F.; Chow, D.C.; Garber, A.K.; Weiss, E.J.; Heymsfield, S.B.; et al. Assessment of clinical measures of total and regional body composition from a commercial 3-dimensional optical body scanner. *Clin. Nutr.* **2022**, *41*, 211–218. [[CrossRef](#)]
21. Mur-Gimeno, E.; Postigo-Martin, P.; Cantarero-Villanueva, I.; Sebio-Garcia, R. Systematic review of the effect of aquatic therapeutic exercise in breast cancer survivors. *Eur. J. Cancer Care* **2022**, *31*, e13535. [[CrossRef](#)]
22. Galiano-Castillo, N.; Ariza-García, A.; Cantarero-Villanueva, I.; Fernández-Lao, C.; Díaz-Rodríguez, L.; Legerén-Alvarez, M.; Sánchez-Salado, C.; Del-Moral-Avila, R.; Arroyo-Morales, M. Telehealth system (e-CUIDATE) to improve quality of life in breast cancer survivors: Rationale and study protocol for a randomized clinical trial. *Trials* **2013**, *14*, 187. [[CrossRef](#)]
23. Buchan, J.; Janda, M.; Box, R.; Schmitz, K.; Hayes, S. A Randomized Trial on the Effect of Exercise Mode on Breast Cancer-Related Lymphedema. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, *48*, 1866–1874. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Hayes, S.C.; Reul-Hirche, H.; Turner, J. Exercise and secondary lymphedema: Safety, potential benefits, and research issues. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 483–489. [[CrossRef](#)]
25. Naczka, A.; Huzarski, T.; Doś, J.; Górska-Doś, M.; Gramza, P.; Gajewska, E.; Naczka, M. Impact of Inertial Training on Muscle Strength and Quality of Life in Breast Cancer Survivors. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 3278. [[CrossRef](#)]
26. Tauda, M.; Bravo, E.C.; Sanchez, Y.R.; Rojas, F.S.; Arredondo, R.A. Parámetros de dosificación del entrenamiento de fuerza en la rehabilitación de pacientes y supervivientes de cáncer de mama: Revisión sistemática (Dosage parameters of strength training in rehabilitation of breast cancer patients and survivors: Systematic review). *Retos* **2024**, *61*, 319–333. [[CrossRef](#)]
27. Madden, J.L.; Kandalaf, S.; Bourque, R.A. Modified radical mastectomy. *Ann. Surg.* **1972**, *175*, 624–634. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Plesca, M.; Bordea, C.; El Houcheimi, B.; Ichim, E.; Blidaru, A. Evolution of radical mastectomy for breast cancer. *J. Med. Life* **2016**, *9*, 183. [[PubMed](#)]
29. Núñez-Rivas, H.; Holst-Schumacher, I.; Campos-Saborío, N.; López-López, E. Percentiles of body mass index and waist circumference for Costa Rican children and adolescents. *Nutr. Hosp.* **2022**, *39*, 1228–1236. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Espinoza, E.N.; Lizama, E.S.; Espinoza, E.N.; Lizama, E.S. Perception of the weight of a cargo according to body composition in interurban bus assistants. *Cienc. Trab.* **2018**, *20*, 7–13. [[CrossRef](#)]
31. Horta-Gim, M.A.; Romero-Pérez, E.M.; Medina-Pérez, C.; Tánori-Tapia, J.M.; Núñez-Othón, G.; Novo, A.; de Paz, J.A. Test-Retest and Minimal Detectable Change in the Assessment of Muscle Strength and Muscle Power in Upper and Lower Extremity Exercises in 9- to 14-Year-Old Children. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 2204. [[CrossRef](#)]
32. Tánori-Tapia, J.M.; Romero-Pérez, E.M.; Camberos, N.A.; Horta-Gim, M.A.; Núñez-Othón, G.; Medina-Pérez, C.; de Paz, J.A. Determination of the Minimum Detectable Change in the Total and Segmental Volumes of the Upper Limb, Evaluated by Perimeter Measurements. *Healthcare* **2020**, *8*, 285. [[CrossRef](#)]
33. Tidhar, D.; Armer, J.M.; Deutscher, D.; Shyu, C.R.; Azuri, J.; Madsen, R. Measurement Issues in Anthropometric Measures of Limb Volume Change in Persons at Risk for and Living with Lymphedema: A Reliability Study. *J. Pers. Med.* **2015**, *5*, 341–353. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Taylor, R.; Jayasinghe, U.; Koelmeyer, L.; Ung, O.; Boyages, J. Reliability and validity of arm volume measurements for assessment of lymphedema. *Phys. Ther.* **2006**, *86*, 205–214. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. De Vrieze, T.; Gebruers, N.; Tjalma, W.A.A.; Nevelsteen, I.; Thomis, S.; De Groef, A.; Dams, L.; Van der Gucht, E.; Belgrado, J.P.; Vandermeeren, L.; et al. What is the best method to determine excessive arm volume in patients with breast cancer-related lymphoedema in clinical practice? Reliability, time efficiency and clinical feasibility of five different methods. *Clin. Rehabil.* **2019**, *33*, 1221–1232. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Dylke, E.S.; Schembri, G.P.; Bailey, D.L.; Bailey, E.; Ward, L.C.; Refshauge, K.; Beith, J.; Black, D.; Kilbreath, S.L. Diagnosis of upper limb lymphedema: Development of an evidence-based approach. *Acta Oncol.* **2016**, *55*, 1477–1483. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. San Felipe, M.J.R.; Martínez, A.A.; Manuel-y-Keenoy, B. Influencia del peso corporal en el pronóstico de las supervivientes de cáncer de mama: Abordaje nutricional tras el diagnóstico. *Nutr. Hosp.* **2013**, *28*, 1829–1841. [[CrossRef](#)]
38. de Albuquerque, C.B.; dos Santos, C.K.A.; Bezerra, J.C.P.; Rodrigues, M.A.S.; dos Santos, T.M.P.; Da Costa, O.J.; Dantas, E.H.M. Body composition and quality of life in women breast cancer survivors. *Cuerpo. Cult. Mov.* **2024**, *14*. [[CrossRef](#)]
39. Schlesinger, S.; Siegert, S.; Koch, M.; Walter, J.; Heits, N.; Hinz, S.; Jacobs, G.; Hampe, J.; Schafmayer, C.; Nöthlings, U. Postdiagnosis body mass index and risk of mortality in colorectal cancer survivors: A prospective study and meta-analysis. *Cancer Causes Control.* **2014**, *25*, 1407–1418. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Caan, B.J.; Cespedes Feliciano, E.M.; Prado, C.M.; Alexeeff, S.; Kroenke, C.H.; Bradshaw, P.; Quesenberry, C.P.; Weltzien, E.K.; Castillo, A.L.; Olobatuyi, T.A.; et al. Association of Muscle and Adiposity Measured by Computed Tomography with Survival in Patients with Nonmetastatic Breast Cancer. *JAMA Oncol.* **2018**, *4*, 798–804. [[CrossRef](#)]

41. McClain, K.M.; Friedenreich, C.M.; Matthews, C.E.; Sampson, J.N.; Check, D.P.; Brenner, D.R.; Courneya, K.S.; Murphy, R.A.; Moore, S.C. Body Composition and Metabolomics in the Alberta Physical Activity and Breast Cancer Prevention Trial. *J. Nutr.* **2022**, *152*, 419–428. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Fonnegra, O.E.H.; Landázuri, P.; García-Cardona, D.M.; Chamorro, N.L.; Bonilla, V.C.; Torres, M.Á.C. Efectos del ejercicio combinado (aeróbico y de fuerza) sobre la composición corporal y la condición física de pacientes y sobrevivientes de cáncer de mama. Una revisión sistemática de ensayos clínicos (Effects of combined exercise (aerobic and resistance) on body composition and physical condition in breast cancer patients and survivors: A systematic review of clinical trials). *Retos* **2024**, *56*, 1096–1110. [[CrossRef](#)]

**Disclaimer/Publisher’s Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



