

Asociación entre la cirugía bariátrica y fitness cardiorrespiratorio: Estudio retrospectivo de 15 años en Chile

Andrea Herrera-Santelices^{1,2,3,a}, Alfredo Muñoz Cárdenas^{4,b}, Jaime Vásquez-Gómez^{5,c,*}.

Association between Bariatric Surgery and Cardiorespiratory Fitness: A 15-Year Retrospective Study in Chile

RESUMEN

La aptitud cardiorrespiratoria es un factor de riesgo modificable y se puede utilizar para examinar al paciente bariátrico. **Objetivo:** Evaluar la asociación entre el tipo de cirugía bariátrica y el fitness cardiorrespiratorio en pacientes con obesidad en un lapso de 15 años. **Métodos:** Se analizaron fichas clínicas con datos sociodemográficos y de salud de 594 adultos de ambos sexos candidatos a cirugía bariátrica de un hospital estatal en Chile. Por su parte, el fitness se calculó mediante ecuación antes de la cirugía. La muestra se dividió según cuartiles de IMC, y para evaluar la asociación entre cirugía bariátrica y fitness se utilizó regresión logística (odds ratio [OR]) con intervalos de confianza (IC) del 95% y modelos sin y con ajustar por variables confundentes (sociodemográficas, estilos de vida, y comorbilidades). **Resultados:** En la muestra, si el $\dot{V}O_2$ máx. aumentara en una unidad ($\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{min}$) la probabilidad de cirugía por manga gástrica disminuiría en un 4% (OR: 0,96 [IC: 0,93; 0,99], $p=0,034$), y ajustado por variables sociodemográficas disminuyó en 5% (OR: 0,95 [IC: 0,91; 0,98], $p=0,009$). En mujeres, dicha probabilidad disminuiría entre 5 y 9% ($p<0,05$) en los modelos sin y con ajuste por variables confundentes. Para el cuartil más bajo de IMC ($\leq 38,09 \text{ kg}/\text{m}^2$) si el $\dot{V}O_2$ máx. aumentara en 1 $\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{min}$ los pacientes tendrían 15,7% más probabilidades de operarse por manga gástrica al ajustar por comorbilidades (OR: 1,157 [IC: 1,004; 1,33], $p=0,044$). El estudio fue retrospectivo y transversal, esto no permite establecer relaciones causales entre $\dot{V}O_2$ máx. y tipo de cirugía. **Conclusión:** Un aumento en el $\dot{V}O_2$ máx. redujo las

¹Departamento de Ciencias Pre-Clínicas, Facultad de Medicina, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

²Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital San Juan de Dios, Curicó, Chile.

³Centro Integral de Manejo de la Obesidad de Curicó, Clínica Vesalio, Curicó, Chile.

⁴Servicio de Cirugía, Equipo de Cirugía Bariátrica, Hospital San Juan de Dios, Curicó, Chile.

⁵Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule (CIEAM), Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

^aKinesióloga.

^bMédico Cirujano.

^cProfesor de Educación Física.

*Correspondencia: Jaime Vásquez Gómez / jvasquez@ucm.cl

Universidad Católica del Maule, Campus San Miguel, Avenida San Miguel n° 3605, Talca, Chile.

Financiamiento: El trabajo no recibió financiamiento.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Recibido: 08 de abril de 2025.

Aceptado: 20 de julio de 2025.

probabilidades de operación por manga gástrica independiente de variables confundentes en el total de la muestra y en mujeres. Además, el cuartil más bajo de IMC tuvo mayores probabilidades de operación siempre que el $\dot{V}O_2$ máx. aumentara al ajustar por comorbilidades.

Palabras clave: Adultos; Aptitud cardiorrespiratoria; Cirugía bariátrica; Índice de masa corporal; Obesidad.

ABSTRACT

Cardiorespiratory fitness is a modifiable risk factor and can be used to screen the bariatric patient. **Aim:** To evaluate the association between the type of bariatric surgery and cardiorespiratory fitness in patients with obesity over a 15-year period. **Methods:** Clinical records with socio-demographic and health data of 594 adults of both genders who were candidates for bariatric surgery from a state hospital in Chile were analysed. Fitness was calculated using an equation before the surgical procedure. The sample was divided according to BMI quartiles, and logistic regression (odds ratio [OR]) with 95% confidence intervals (CI) and models without and with adjustment for confounding variables (socio-demographics, lifestyle factors, and comorbidities) were used to assess the association between bariatric surgery and fitness. **Results:** In the sample, if $\dot{V}O_2$ max increased by one unit ($\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{min}$) the probability of gastric sleeve surgery decreased by 4% (OR: 0.96 [CI: 0.93, 0.99], $p=0.034$), and adjusted for socio-demographic variables it decreased by 5% (OR: 0.95 [CI: 0.91, 0.98], $p=0.009$). In women, this probability would decrease by 5-9% ($p<0.05$) in the models without and with adjustment for confounding variables. Meanwhile, for the lowest quartile of BMI ($\leq 38.09 \text{ kg}/\text{m}^2$) if $\dot{V}O_2$ max increased by 1 $\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{min}$ patients would be 15.7% more likely to undergo gastric sleeve surgery when adjusting for comorbidities (OR: 1.157 [CI: 1.004, 1.33], $p=0.044$). The study was retrospective and cross-sectional, as it does not allow for establishing causal relationships between $\dot{V}O_2$ max and the type of surgery. **Conclusion:** An increase in $\dot{V}O_2$ max reduced the odds of gastric sleeve surgery independent of confounding variables in the total sample and in women. In addition, the lowest quartile of BMI had higher odds of operation as long as the $\dot{V}O_2$ max increased when adjusting for comorbidities.

Keywords: Adults; Bariatric Surgery; Body Mass Index; Cardiorespiratory Fitness; Obesity.

El fitness cardiorrespiratorio (FCR), también conocido como $\dot{V}O_2\text{máx.}$, es la capacidad de captar, transportar y utilizar el oxígeno sobre unidad de tiempo. Esta variable de la aptitud física pone en funcionamiento la bomba cardíaca, el sistema circulatorio y cardiorrespiratorio^{1,2,3}. El FCR se ha asociado de forma inversa con diversos tipos de cáncer⁴, enfermedades cardiometaabólicas y con la adiposidad corporal⁵, de ahí su gran relevancia en el campo ocupacional de la salud pública en adultos⁶.

Es importante destacar que el FCR es un factor de riesgo modificable y se puede utilizar para evaluar al paciente bariátrico, planificar la atención perioperatoria y optimizar el manejo del paciente utilizando la actividad física como una intervención⁷. La evidencia epidemiológica ha destacado una fuerte relación entre la aptitud cardiorrespiratoria y los resultados quirúrgicos, específicamente, los pacientes en mejor forma física poseen una mayor resiliencia para soportar la respuesta al estrés quirúrgico⁸.

La literatura indica que pacientes con bajo FCR están asociados a un mal resultado postoperatorio, probablemente explicado por la magnitud predominante del déficit de O_2 perioperatorio⁹. Un mayor nivel de aptitud física preoperatoria y una elevada sensibilidad a la insulina están vinculados a mejores resultados posteriores a la cirugía bariátrica¹⁰, mientras que una aptitud cardiorrespiratoria más baja ($\dot{V}O_2\text{máx.} < 15,8 \text{ mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$) se asocia con un tiempo operatorio más largo, mayor duración de la intubación, mayor pérdida de sangre estimada durante la cirugía y complicaciones cardiovasculares más frecuentes¹¹.

Por su parte, los métodos basados en ecuaciones que estiman el FCR son ampliamente usados en el campo investigativo de la epidemiología^{12,13}. Estas ecuaciones no requieren la realización de test de esfuerzo, ni de la determinación del nivel de actividad física o similar por medio de cuestionarios estandarizados, lo que le restaría viabilidad al presente estudio retrospectivo, tal como se establece en la mayoría de este tipo de fórmulas¹².

Una de las ecuaciones empleadas en

estudios epidemiológicos es el modelo de Baynard, et al.,¹⁴ el cual considera el IMC y variables demográficas como predictoras del $\dot{V}O_2\text{máx.}$ Curiosamente la evidencia comparada actualizada no muestra especificidad para pacientes candidatos a cirugía bariátrica, pues se ha reportado la evaluación del $\dot{V}O_2\text{peak}$ en personas con sobrepeso y obesidad ($\text{IMC: } 34,6 \pm 1,4 \text{ k/m}^2$) utilizando algoritmos que no son específicos ni están validados para esta población, es decir, ecuaciones que no incorporan ni si quiera el IMC (solo utilizan el sexo, edad, peso, estatura y cuestionario de actividad física) en un estudio prospectivo¹⁵.

Considerando el potencial impacto que puede llegar a tener el FCR sobre las condiciones preoperatorias de los mismos pacientes y la transferencia al ámbito clínico para el tratamiento pre y postoperatorio, el objetivo de la investigación fue evaluar la asociación entre el tipo de cirugía bariátrica y el FCR en pacientes con obesidad pertenecientes a la Cohorte BARCO en un lapso de 15 años.

Métodos

Se revisaron las fichas clínicas de los pacientes candidatos a cirugía bariátrica de un hospital estatal de la Región del Maule, Chile. El protocolo de revisión se encuentra detallado anteriormente¹⁶. Del total de las fichas revisadas, se excluyeron 27 registros, ya que correspondía a registros de banda gástrica ajustable, personas fallecidas, o fichas perdidas debido al terremoto del 2010 en nuestro país. En la revisión de la base de datos, se encontraron 34 datos faltantes que también fueron eliminados.

El estudio contó con la autorización del departamento de Docencia e Investigación del Hospital donde se realizó la investigación, (Resolución n° 0706.2018) y se guió por las normas éticas de la Declaración de Helsinki. Al tratarse de un estudio retrospectivo de revisión de fichas clínicas, la difusión de los resultados no implicaba trazabilidad de datos sensibles de las personas intervenidas, tal como los reportan estudios epidemiológicos retrospectivos^{17,18,19}.

Para este estudio se incluyeron los datos de

594 pacientes de ambos sexos, incluidos en el programa de cirugía bariátrica del hospital en el marco del la cohorte BARCO tras 15 años. Los pacientes presentaron control preoperatorio con equipo multidisciplinario que incluyó cirujano digestivo, enfermero, kinesiólogo, nutricionista y psicólogo. La selección de la técnica quirúrgica fue consensuada por criterios clínicos como el IMC, número de comorbilidades, presencia de reflujo gastroesofágico, disminución del 10% de su peso corporal total previo a la cirugía, y, administrativamente, los pacientes se operaban de acuerdo al tiempo de inclusión en la lista de espera del hospital en que se realizó la investigación. Por su parte, durante los años 2003 al 2018 aún los criterios eran más amplios si se comparan con los que se esgrimen al día de hoy²⁰.

De la ficha clínica se extrajeron datos socio-demográficos, y de la evaluación preoperatoria de cada profesional se seleccionaron antropometría básica, estilos de vida, comorbilidades y exámenes sanguíneos. Por su parte, el FCR ($\text{VO}_2\text{máx.}$) se estimó con la ecuación de Bynard, et al.¹⁴ que tiene como variables independientes el sexo, la edad y el IMC. Los valores de $\text{VO}_2\text{máx.}$ se expresaron en su forma relativa ($\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$). Dicho modelo de Baynard, et al. tiene una buena correlación con la medición directa en laboratorio ($r = 0,76$; $p < 0,001$) y un error de estimación aceptable ($6,89 \text{ mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$) según lo que reporta la literatura crítica, junto a esto, tuvo un proceso de validación y validación cruzada, con 4.030 y 1.000 participantes, respectivamente.

La muestra se categorizó en cuartiles de IMC con promedios y desviaciones estándar para las variables continuas, y frecuencias absolutas y porcentuales para las variables categóricas. Para la asociación entre el tipo de cirugía bariátrica (variable categórica: bypass o manga gástrica) y el $\text{VO}_2\text{máx.}$ (variable continua) se utilizó regresión logística por medio de odds ratio (OR). Dicha asociación tuvo un modelo sin ajustar y 3 modelos ajustados por variables confundentes (sociodemográficas, estilos de vida, y comorbilidades) con sus respectivos IC 95%. Se utilizó el programa SPSS v.21 ($p < 0,05$).

Resultados

Se observó que los pacientes son más jóvenes en el cuartil más bajo de IMC y que la mayoría fueron operados de manga gástrica independiente del cuartil (Tabla 1). Además, la mayoría de los pacientes reportó ser dueña de casa, estar casados y con estudios medios completados. Respecto a los estilos de vida, en su mayoría declararon no consumir alcohol, no tener hábito tabáquico y no realizar actividad física en todos los cuartiles de IMC. Por su parte, el $\text{VO}_2\text{máx.}$ fue disminuyendo a medida que los pacientes estaban en un cuartil de IMC más alto. Cuando se observó las comorbilidades, la mayoría de los pacientes declaró no tenerlas, sin embargo, presentaron elevado colesterol LDL y triglicéridos, bajo colesterol HDL, y el colesterol total fue bajo respecto de la asociación entre el FCR y la técnica quirúrgica de manga gástrica. Si el $\text{VO}_2\text{máx.}$ estimado aumentara en una unidad ($1 \text{ mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$) la probabilidad que tendrían los pacientes de someterse a cirugía bariátrica por manga gástrica disminuiría significativamente en un 4% para el total de la muestra. Al ajustar el modelo por variables sociodemográficas la probabilidad disminuiría en un 5%. Cuando se ajustó el modelo por estilos de vida y comorbilidades, las probabilidades de disminución y aumento, respectivamente, no fueron significativas (Tabla 2).

Por su parte, en las mujeres se encontró que las probabilidades de ser operadas por manga gástrica disminuyeron significativamente entre 5 y 9% si el $\text{VO}_2\text{máx.}$ incrementara en una unidad relativa en el modelo sin ajustar, y ajustados por variables demográficas, estilos de vida, y comorbilidades, respectivamente (Tabla 2, modelo 1 al 4). En los hombres no se encontró asociación.

El cuartil más bajo de IMC ($\leq 38,09 \text{ kg}/\text{m}^2$) demostró que los pacientes tuvieron 15,7% más probabilidades de ser operados por manga gástrica si su $\text{VO}_2\text{máx.}$ estimado aumentara en $1 \text{ mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$ (Tabla 3, modelo 4 ajustado por comorbilidades). Los otros cuartiles de IMC no mostraron asociación.

Tabla 1. Variables sociodemográficas, de estilos de vida, clínicas y comorbilidades de los candidatos a cirugía bariátrica según cuartiles de IMC.

	Cuartil 1 IMC ≤38,09 kg/m ²	Cuartil 2 IMC >38,09-≤41,91 kg/m ²	Cuartil 3 IMC >41,91-≤45,9 kg/m ²	Cuartil 4 IMC >45,9 kg/m ²
Sexo, n (%)				
Hombre	14 (9,3)	18 (12)	21 (14,1)	29 (19,6)
Mujer	136 (90,7)	132 (88)	128 (85,9)	119 (80,4)
Edad, años, $\bar{x}$ y DE	37,8±10,1	39,44±10,92	39,91±11,51	39,22±11,17
Candidato, n (%)				
Manga gástrica	138 (92)	131 (87,3)	127 (85,2)	118 (79,7)
Bypass gástrico	12 (8)	19 (12,7)	22 (14,8)	30 (20,3)
Ocupación, n (%)				
Estudiante	15 (10)	11 (7,3)	13 (8,7)	15 (10,1)
Profesional	47 (31,3)	30 (20)	23 (15,4)	27 (18,2)
Dueña de casa	60 (40)	73 (48,7)	72 (48,3)	72 (48,6)
Oficio	19 (12,7)	29 (19,3)	33 (22,1)	29 (19,6)
Otro	9 (6)	7 (4,7)	8 (5,4)	5 (3,4)
Estado civil, n (%)				
Casado	91 (60,7)	94 (62,7)	93 (62,4)	82 (55,4)
Soltero	46 (30,7)	37 (24,7)	37 (24,8)	52 (35,1)
Viudo	2 (1,3)	2 (1,3)	1 (0,7)	1 (0,7)
Divorciado	7 (4,7)	12 (8)	10 (6,7)	8 (5,4)
Otro	4 (2,7)	4 (2,7)	6 (4)	5 (3,4)
Nivel educativo, n (%)				
Básica incompleta	7 (4,7)	6 (4)	6 (4)	10 (6,8)
Básica completa	10 (6,7)	19 (12,7)	20 (13,4)	23 (15,5)
Media incompleta	13 (8,7)	12 (8)	9 (6)	10 (6,8)
Media completa	44 (29,3)	56 (37,3)	59 (39,6)	51 (34,5)
Universitaria	38 (25,3)	24 (16)	20 (13,4)	21 (14,2)
Técnico profesional	27 (18)	28 (18,7)	28 (18,8)	22 (14,9)
Universitaria incompleta	11 (7,3)	4 (2,7)	5 (3,4)	9 (6,1)
Estilo de vida, No: n (%)				
Consumo alcohol	100 (66,7)	108 (72)	107 (71,8)	111 (75)
Hábito de tabaco	108 (72)	104 (69,3)	118 (79,2)	115 (77,7)
Actividad física	131 (87,3)	126 (84)	129 (86,6)	120 (81,1)
VO ₂ máx. mlO ₂ /kg/min, x y DE	24,06±4,39	19,43±5,07	16,10±4,95	10,42±5,39
Comorbilidades, No: n (%)				
Hipertensión	102 (68)	97 (64,7)	84 (56,4)	80 (54,1)
Diabetes	114 (76)	108 (72)	114 (76,5)	112 (75,7)
Dislipidemia	140 (93,3)	132 (88)	136 (91,3)	135 (91,2)
Hipertiroidismo	131 (87,3)	131 (87,3)	116 (77,9)	105 (70,9)
Resistencia insulina	121 (80,7)	112 (74,7)	121 (81,2)	126 (85,1)

...continuación tabla 1.

	Cuartil 1 IMC ≤38,09 kg/m ²	Cuartil 2 IMC >38,09-≤41,91 kg/m ²	Cuartil 3 IMC >41,91-≤45,9 kg/m ²	Cuartil 4 IMC >45,9 kg/m ²
Hematológicas, $\bar{x}$ y DE				
Eritrocitos, cél/mcL	4,66±0,46	4,72±0,39	14,54±67,54	4,81±0,36
Hemoglobina, g/dL	14,33±4,71	13,64±1,22	13,74±1,08	13,76±1,26
Hematocrito, %	39,81±4,92	39,77±5,99	40,85±4,65	41,16±4,38
Leucocitos, cél/mcL	8,01±2,06	8,34±2,45	8,77±2,31	9,08±6,27
Plaquetas, cél/mcL	292,32±69,06	282,11±66,96	293,38±72,48	279,82±69,74
Tiroxina, mmol/L	7,67±1,95	7,74±2,20	8,08±2,09	8,09±2,38
Triyodotironina, mmol/L	43,46±60,55	24,33±48,23	27,04±51,55	22,58±44,63
THS, μ U/mL	2,54±1,67	2,75±1,67	3,41±4,03	5,62±20,22
Glicemia, mg/dL	111,31±42,59	107,62±43,75	110,26±37,30	110,20±36,76
Insulina, mg/dL	16,09±5,47	26,20±0,01	12,10±0,01	61,40±53,38
HDL, mg/dL	52,39±24,41	49,46±14,91	46,82±10,74	46,88±12,03
LDL, mg/dL	116,40±63,70	105,97±34,03	105,80±1,83	106,30±34,10
Colesterol total, mg/dL	193,50±38,04	187,17±38,22	184,67±36,01	179,80±37,20
Triglicéridos, mg/dL	159,53±86,25	176,47±172,00	148,06±71,74	151,87±156,13

DE: desviación estándar; LDL: lipoproteínas de baja densidad; HDL: lipoproteínas de alta densidad; THS: hormona estimulante de la tiroides; $\bar{x}$: promedio.

Tabla 2. Asociación entre cirugía bariátrica de manga gástrica y VO₂máx. estimado, por sexo, en el total de la muestra.

Manga gástrica	Hombres			Mujeres			Total		
	OR VO ₂ máx. (95% IC)	n	p	OR VO ₂ máx. (95% IC)	n	p	OR VO ₂ máx. (95% IC)	n	p
Modelo 1	1,013 (0,93; 1,09)	82	0,752	0,945 (0,91; 0,98)	515	0,005	0,964 (0,93; 0,99)	597	0,034
Modelo 2	1,025 (0,91; 1,13)	82	0,632	0,919 (0,87; 0,96)	512	<0,001	0,952 (0,91; 0,98)	594	0,009
Modelo 3	1,007 (0,92; 1,09)	81	0,876	0,945 (0,91; 0,98)	509	0,007	0,966 (0,93; 1,00)	590	0,051
Modelo 4	1,026 (0,93; 1,12)	81	0,599	0,954 (0,91; 0,99)	508	0,042	0,973 (0,93; 1,01)	589	0,149

IC: intervalo de confianza; OR: odds ratio (regresión logística). Modelo 1: sin ajustar; modelo 2 ajustado por variables sociodemográficas (ocupación, estado civil, nivel educacional); modelo 3: ajustado por estilos de vida (consumo de alcohol, hábito tabáquico, actividad física); modelo 4 ajustado por comorbilidades (hipertensión, diabetes, dislipidemia, hipotiroidismo, resistencia a la insulina).

Tabla 3. Asociación entre cirugía bariátrica de manga gástrica y VO₂máx. estimado, según cuartiles de IMC.

Manga gástrica	Cuartil 1 IMC ≤38,09 kg/m ² OR (95% IC)	Cuartil 2 IMC >38,09-≤41,91 kg/m ² OR (95% IC)	Cuartil 3 IMC >41,91-≤45,9 kg/m ² OR (95% IC)	Cuartil 4 IMC >45,9 kg/m ² OR (95% IC)
Modelo 1	1,069 (0,93; 1,22); p= 0,325 (n= 150)	1,037 (0,94; 1,13); p= 0,432 (n= 150)	1,004 (0,91; 1,10); p= 0,932 (n= 149)	0,957 (0,88; 1,03); p= 0,276 (n= 148)
Modelo 2	1,054 (0,91; 1,21); p= 0,47 (n= 150)	0,935 (0,81; 1,06); p= 0,327 (n= 149)	0,985 (0,86; 1,12); p= 0,816 (n= 147)	0,953 (0,86; 1,05); p= 0,342 (n= 148)
Modelo 3	1,04 (0,91; 1,19); p= 0,583 (n= 149)	1,001 (0,91; 1,10); p= 0,978 (n= 147)	1,008 (0,91; 1,11); p= 0,87 (n= 148)	0,973 (0,89; 1,05); p= 0,518 (n=146)
Modelo 4	1,157 (1,004; 1,33); p= 0,044 (n= 149)	1,025 (0,93; 1,12); p= 0,618 (n= 147)	1,002 (0,90; 1,11); p= 0,973 (n= 148)	0,97 (0,88; 1,06); p= 0,502 (n= 145)

IC: intervalo de confianza; OR: odds ratio (regresión logística). Modelo 1: sin ajustar; modelo 2 ajustado por variables sociodemográficas (ocupación, estado civil, nivel educacional); modelo 3: ajustado por estilos de vida (consumo de alcohol, hábito tabáquico, actividad física); modelo 4 ajustado por comorbilidades (hipertensión, diabetes, dislipidemia, hipotiroidismo, resistencia a la insulina).

Discusión

Un estudio piloto que investigó a candidatos a cirugía bariátrica operados de manga gástrica o bypass gástrico en Y de Roux, informó que la prescripción de ejercicio aeróbico en la etapa preoperatoria, además de la atención médica estándar, induce mejoras significativas en los resultados postoperatorios de la cirugía bariátrica en comparación con la sola atención médica estándar. Según los autores, estas mejoras pueden estar mediadas por adaptaciones relacionadas con la aptitud física, reducción de las hormonas derivadas del tejido adiposo, preservación de la masa magra y una mayor flexibilidad metabólica¹¹.

La evidencia sugiere la idoneidad de la práctica de actividad física (AF) previo a cirugía bariátrica por manga gástrica, es así que se ha reportado

una mejora en el FCR luego de 4 semanas de entrenamiento aeróbico, especialmente aumentos significativos en el nivel de AF y reducciones en el IMC²¹. También se ha reportado que un programa de AF de 6 meses, que combinó entrenamiento aeróbico y de fuerza, tuvo mejoras significativas en el FCR de pacientes que esperaban cirugía bariátrica²². Estos hallazgos van en línea con los resultados de nuestro estudio, donde se encontró que entre el 81,1 y el 87,7% de los participantes no realizaban AF antes de la cirugía, y que el VO₂máx. disminuyó a medida que el cuartil de IMC aumentó, por lo tanto, eventualmente los pacientes podrían reducir las probabilidades de operación, y podrían afrontar con un mejor estado de salud y de fitness la cirugía con las repercusiones positivas que ello conlleva para

el período postoperatorio. Es así que el FCR en el preoperatorio es de relevancia ya que una revisión sistemática con meta-análisis lo dejó en evidencia al demostrar que en 7 estudios el FCR fue significativamente menor en el preoperatorio respecto al encontrado post cirugía bariátrica, y que 5 investigaciones reportaron que el FCR fue significativamente mayor entre los 3 y 18 meses postoperatorio²³.

Por su parte, otra revisión sistemática con meta-análisis indicó que existió un efecto significativo de mejora en el FCR en comparación a controles, esto gracias a la aplicación de programas de AF de 12 semanas en el período preoperatorio por cirugía bariátrica (diferencia media: 0,73 [IC: 0,61; 0,86], $p \leq 0,001$)²⁴. Coincidentemente, los análisis del presente estudio demostraron que ante un incremento del FCR previo a la cirugía se reducirían las probabilidades de ser operados por manga gástrica (OR: 0,964 [IC: 0,93; 0,99], $p = 0,034$ [modelo sin ajustar]). Así también al ajustar el modelo por variables sociodemográficas. Sin embargo, es necesario mencionar que en otra revisión sistemática con meta-análisis no se encontró aumentos significativos en el FCR entre grupos de intervención y controles durante el período preoperatorio²⁵.

Somos enfáticos en que un buen FCR antes de la cirugía bariátrica se asocia con menos complicaciones postoperatorias, como son las infecciones, hemorragias o los problemas respiratorios²⁶. Es así que el FCR es un predictor preoperatorio de riesgo quirúrgico, un nivel bajo del mismo, indica una menor capacidad del organismo para responder al estrés quirúrgico, aumentando el riesgo de complicaciones postoperatorias y mortalidad²⁷.

Respecto a la transferencia al campo ocupacional que tiene el presente estudio, es crucial para los equipos quirúrgicos el tener acceso a la evaluación del FCR, ya que puede aportar para la toma de decisión en términos de qué cirugía se podría aplicar en el paciente, debido a que el FCR orienta a la respuesta que tiene el organismo al requerimiento físico y metabólico que conlleva una cirugía⁸. Se sabe que el consumo de oxígeno disminuye en el intraoperatorio entre un 25% y 50% comparado con los niveles preoperatorios

en pacientes que reciben anestesia general, por lo que un determinante importante del resultado a largo plazo post quirúrgico, parece ser la respuesta del paciente en el período postoperatorio inmediato y su reserva fisiológica para responder a las demandas metabólicas en respuesta a la inflamación propia posterior a una cirugía, por lo que un mayor FCR se asocia con mayor capacidad/resiliencia para resistir complicaciones y tasa de recuperación más rápida⁸.

Otra implicancia del FCR es su utilización durante el seguimiento post operatorio, como marcador clínico de progresión y éxito, más allá de la pérdida de peso. Existe asociación positiva entre el FCR y la calidad de vida, composición corporal y parámetros cardiometabólicos post cirugía^{28,29,30}. Así, el tener acceso al parámetro basal, podría orientar en la práctica clínica para el seguimiento, y, por ejemplo, poder optar por estrategias que colaboren con la mantención o mejora del parámetro durante dicho seguimiento.

Este trabajo de investigación no está exento de limitaciones. Una de ellas es que al tratarse de un estudio de cohorte transversal las asociaciones entre la variable de respuesta (cirugía bariátrica) y la variable exploratoria (FCR) no tienen una relación causa-efecto. Para soslayar esto, se debería proyectar metodológicamente una serie de medias repetidas, a modo test-retest y al menos con 3 hitos de medición, a lo largo del tiempo, con un diseño de tipo observacional, de tipo longitudinal y de panel (haciendo seguimiento a los mismos participantes), para evaluar la consistencia de las asociaciones.

También, que la ecuación de Baynard, et al., tiene limitaciones debido al posible sesgo en la utilización del algoritmo para estimar el $VO_{2\text{máx.}}$, al tratarse de un método indirecto ya que se validó desde un test de criterio, o "gold estándar", que no requiere la realización de una prueba de esfuerzo de laboratorio ni de campo, y solo utiliza las variables independientes de IMC, sexo y edad, pese a que ya se expresó su validez en la sección de métodos. Con todo, este tipo de fórmulas tienen buena asociación con la medición directa del $VO_{2\text{máx.}}$ ^{13,31}.

Por su parte, que algunas variables (sociode-

mográficas, estilos de vida, comorbilidades) fueron reportadas por medio de cuestionarios por lo que los participantes pudieron haber subestimado o sobrestimado sus respuestas. A su vez, una de las fortalezas de la presente investigación fue la gran cantidad de participantes pertenecientes a un banco de datos de 15 años, por lo que son una población de cuidado para la salud pública, y, por lo mismo, es un estudio pionero en la Región del Maule.

Conclusión

Se concluye que, previo a la cirugía, un aumento en el FCR de los pacientes redujo las probabilidades de operación por manga gástrica independiente de variables confundentes en el total de la muestra y en mujeres. También, que el cuartil más bajo de IMC tuvo mayores probabilidades de operación por manga gástrica siempre que el FCR aumentara en el modelo ajustado por comorbilidades.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen al proyecto BARCO por liberar los datos para realizar la presente investigación.

Referencias

- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(7): 1334-1359.
- Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS, Dale M, Leblanc AG, Belanger K, et al. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *Br J Sports Med.* 2017; 51(21): 1545-1554.
- Machado N, Wingfield M, Kramer S, Olver J, Williams G, Johnson L. Maintenance of cardiorespiratory fitness in people with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2022; 103(7): 1410-1421.
- Moore SC, Lee IM, Weiderpass E, Campbell PT, Sampson JN, Kitahara CM, et al. Association of leisure-time physical activity with risk of 26 types of cancer in 1.44 million adults. *JAMA Intern Med.* 2016; 176(6): 816-825.
- Hingorjo MR, Zehra S, Hasan Z, Qureshi MA. Cardiorespiratory fitness and its association with adiposity indices in young adults. *Pak J Med Sci.* 2017; 33(3): 659-664.
- Sloan R, Visentini-Scarzanella M, Sawada S, Sui X, Myers J. Estimating cardiorespiratory fitness without exercise testing or physical activity status in healthy adults: Regression model development and validation. *JMIR Public Health Surveill.* 2022; 8(7): e34717.
- Rose GA, Davies RG, Appadurai IR, Williams IM, Bashir M, Berg RMG, et al. "Fit for surgery": the relationship between cardiorespiratory fitness and postoperative outcomes. *Exp Physiol.* 2022; 107(8): 787-799.
- Roxburgh BH, Cotter JD, Campbell HA, Reymann U, Wilson LC, Gwynne-Jones D, et al. Physiological relationship between cardiorespiratory fitness and fitness for surgery: a narrative review. *Br J Anaesth.* 2023; 130(2): 122-132.
- Tew GA, Ayyash R, Durrand J, Danjoux GR. Clinical guideline and recommendations on pre-operative exercise training in patients awaiting major non-cardiac surgery. *Anaesthesia.* 2018; 73(6): 750-768.
- Gilbertson NM, Paisley AS, Kranz S, Weltman A, Kirby JL, Hollowell PT, et al. Bariatric surgery resistance: Using preoperative lifestyle medicine and/or pharmacology for metabolic responsiveness. *Obes Surg.* 2017; 27(12): 3281-3291.
- Gilbertson NM, Gaitán JM, Osinski V, Rexrode EA, Carmey JC, Mehaffey JH, et al. Pre-operative aerobic exercise on metabolic health and surgical outcomes in patients receiving bariatric surgery: A pilot trial. *PLoS One.* 2020; 15(10): e0239130.
- Peterman J, Harber M, Imboden M, Whaley M, Fleenor B, Myers J, et al. accuracy of nonexercise prediction equations for assessing longitudinal changes to cardiorespiratory fitness in apparently healthy adults: BALL ST cohort. *J Am Heart Assoc.* 2020; 9(11): e015117.
- Wang Y, Chen S, Lavie CJ, Zhang J, Sui X. An overview of non-exercise estimated cardiorespiratory fitness: Estimation equations, cross-validation and application. *J Sci Sport Exerc.* 2019; 1(1): 38-53.
- Baynard T, Arena RA, Myers J, Kaminsky LA. The role of body habitus in predicting cardiorespiratory fitness: The FRIEND registry. *Int J Sports Med.* 2016; 37(11): 863-869.
- Hansen MT, Husted K, Modvig JL, Lange KK, Weinreich CM, Tranberg C, et al. VO2peak estimation in people with overweight and obesity before and after a 14-week lifestyle intervention. *Int J Obes.* 2025; 49(5): 1-8.
- Santelices AH, Jara SC, Reyes FZ, Montoya SB, Florencio GA, Santelices AH, et al. The baseline of the patients cohort undergoing bariatric surgery in Chile. *Biomed J Sci Tech Res.* 2022; 41(1): 32402-32409.
- Mukhtar A, Rady A, Hasanin A, Lotfy A, El Adawy A, Hussein A, et al. Admission SpO2 and ROX index predict outcome in patients with COVID-19. *Am J Emerg Med.* 2021; 50: 106-110.
- Vogel DJ, Formenti F, Retter AJ, Vasques F, Camporota L. A left shift in the oxyhaemoglobin dissociation curve in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Br J Haematol.* 2020; 191(3): 390-393.
- Vásquez-Gómez J, Cutierrez-Cutierrez L, Miranda-Cuevas P, Ríos-Florez L, Casas-Condori L, Gumiel M, et al. O2

- Saturation predicted the ICU stay of COVID-19 patients in a hospital at altitude: a low-cost tool for post-pandemic. *Medicina*. 2024; 60(4): 641.
20. Salminen P, Kow L, Aminian A, Kaplan LM, Nimeri A, Prager G, et al. IFSO consensus on definitions and clinical practice guidelines for obesity management—an international delphi study. *Obes Surg*. 2024; 34(1): 30-42.
 21. Enríquez-Schmidt J, Mautner Molina C, Kalazich Rosales M, Muñoz M, Ruiz-Urbe M, Fuentes Leal F, et al. Moderate-intensity constant or high-intensity interval training? Metabolic effects on candidates to undergo bariatric surgery. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2024; 34(7): 1681-1691.
 22. Picó-Sirvent I, Aracil-Marco A, Pastor D, Moya-Ramón M. Effects of a combined high-intensity interval training and resistance training program in patients awaiting bariatric surgery: A pilot study. *Sports*. 2019; 7(3): 72.
 23. Ibacache-Saavedra P, Jerez-Mayorga D, Carretero-Ruiz A, Miranda-Fuentes C, Cano-Cappellacci M, Artero EG. Effects of bariatric surgery on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2022; 23(3): e13408.
 24. Durey BJ, Fritche D, Martin DS, Best LMJ. The effect of pre-operative exercise intervention on patient outcomes following bariatric surgery: A systematic review and meta-analysis. *Obes Surg*. 2022; 32(1): 160-169.
 25. Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of exercise training before and after bariatric surgery: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2021; 22(Suppl 4): e13296.
 26. McCullough PA, Gallagher MJ, DeJong AT, Sandberg KR, Trivax JE, Alexander D, et al. Cardiorespiratory fitness and short-term complications after bariatric surgery. *Chest*. 2006; 130(2): 517-525.
 27. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després JP, Franklin BA, et al. Importance of Assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the american heart association. *Circulation*. 2016; 134(24): e653-699.
 28. Kolotkin RL, LaMonte MJ, Litwin S, Crosby RD, Gress RE, Yanowitz FG, et al. Cardiorespiratory fitness and health-related quality of life in bariatric surgery patients. *Obes Surg*. 2011; 21(4): 457-464.
 29. Tetters OM, Aronson T, Wolf RJ, Nuijten MAH, Hopman MTE, Janssen IMC. Increase in physical activity after bariatric surgery demonstrates improvement in weight loss and cardiorespiratory fitness. *Obes Surg*. 2018; 28(12): 3950-3957.
 30. Brissman M, Ekblom K, Hagman E, Mårild S, Gronowitz E, Flodmark CE, et al. Physical fitness and body composition two years after roux-en-y gastric bypass in adolescents. *Obes Surg*. 2017; 27(2): 330-337.
 31. Qiu S, Cai X, Sun Z, Wu T, Schumann U. Is estimated cardiorespiratory fitness an effective predictor for cardiovascular and all-cause mortality? A meta-analysis. *Atherosclerosis*. 2021; 330: 22-28.