

## Cartas científicas

**Diferencias entre cicloergómetro y cinta sin fin en la prueba de esfuerzo cardiopulmonar de pacientes con circulación de Fontan****Differences between cycle ergometer and treadmill in cardiopulmonary exercise testing in patients with Fontan circulation****Sr. Editor:**

La prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP) es un medio valioso para la evaluación funcional de pacientes con circulación de Fontan. Puede llevarse a cabo en cinta sin fin o en cicloergómetro, según el laboratorio. Aunque con ambas modalidades se analizan los mismos parámetros, hay poca información sobre las diferencias en los valores obtenidos con cada una en este grupo de pacientes. Se compararon en retrospectiva los resultados de las PECP de 19 pacientes con circulación de Fontan ejecutadas en secuencia en cinta y en cicloergómetro. Todos tenían 16 años de edad y estaban en situación clínica estable y sin cambios clínicos o terapéuticos entre ambas pruebas. El estudio fue aprobado por el comité ético local y los pacientes firmaron el consentimiento informado. Los protocolos empleados fueron Bruce-rampa o Bruce-rampa modificado para cinta o protocolo rampa a razón de 10-15 Wmin para cicloergómetro. Durante la prueba, los pacientes respiraron a

través de una máscara facial 7450-Series V2 (Hans-Rudolph, Estados Unidos) conectada al sistema de análisis de gases Ergostik-Cardiopart (Geratherm-AMEDTEC, Alemania). Se monitorizó la saturación periférica de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) con pulsioxímetro y la presión arterial. Se definió esfuerzo máximo cuando se alcanzó un cociente respiratorio elevado (RER)  $\geq 1,10$ . Los parámetros analizados se resumen en la [tabla 1](#). El umbral anaeróbico se determinó por el método *V-slope*. La pendiente VE/VCO<sub>2</sub> se tuvo en cuenta hasta el punto de compensación respiratoria. El cálculo del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) predicho se hizo con la fórmula de Wasserman. El cálculo de los valores predichos de la pendiente de la eficiencia del consumo de O<sub>2</sub> (OUES) se realizó con la ecuación de Buys para adultos caucásicos de 20-60 años y la ecuación de Akkerman para 16-20 años.

Se hicieron 38 pruebas en 19 pacientes (media de edad, 27,5  $\pm$  5,3 años). La media de tiempo entre la prueba de esfuerzo en cinta sin fin y la prueba en cicloergómetro fue de 7,6 (2-12) meses. Las características basales de la cohorte de estudio se exponen en la [tabla 2](#). Se hallaron diferencias entre ambas modalidades tanto en el VO<sub>2pico</sub> y parámetros relacionados como en los parámetros de eficiencia ventilatoria ([tabla 1](#)). No obstante, la correlación de los principales parámetros de la PECP entre ambas pruebas es buena, ya que miden los mismos parámetros en un mismo individuo. En cuanto al patrón respiratorio, tanto la ventilación máxima como la frecuencia respiratoria máxima fueron mayores en cinta, sin diferencias en el

**Tabla 1**

Parámetros de la prueba de esfuerzo cardiopulmonar y correlaciones

	Cinta sin fin	Cicloergómetro	Diferencia de medias	p <sup>a</sup>	Correlación (p) r <sup>b</sup>
VO <sub>2pico</sub> (ml/kg/min)	24,3 $\pm$ 4,5	19,8 $\pm$ 3,8	4,49 $\pm$ 3	< 0,001	0,76 (< 0,001)
VO <sub>2pico</sub> (% predicho)	58,5 $\pm$ 10,5	53 $\pm$ 13,5	5,38 $\pm$ 7	0,004	0,86 (< 0,001)
VO <sub>2</sub> en UA (ml/kg/min)	14,3 $\pm$ 2,5	11,4 $\pm$ 2,4	–	0,664	–
VO <sub>2</sub> en UA (% predicho)	34,8 $\pm$ 7,7	30,5 $\pm$ 7,9	–	0,440	–
OUES (absoluto)	1,83 $\pm$ 0,3	1,53 $\pm$ 0,3	0,299 $\pm$ 0,2	< 0,001	0,75 (< 0,001)
OUES (% predicho)	60,5 $\pm$ 10	50,5 $\pm$ 9,4	9,89 $\pm$ 7,6	< 0,001	0,7 (< 0,001)
FC máxima (lpm)	166 [154-178]	158 [146-169]	–	0,003	–
FC máxima (%)	86 $\pm$ 8,7	81 $\pm$ 9,8	5,23 $\pm$ 7	0,005	0,714 (< 0,001)
Índice cronotrópico	0,75 $\pm$ 0,15	0,63 $\pm$ 0,15	0,11 $\pm$ 0,1	< 0,001	0,750 (< 0,001)
Pulso de O <sub>2</sub> (ml/latido)	9,4 [8-11,2]	8,2 [7,1-10,5]	–	0,001	–
Pulso de O <sub>2</sub> (% predicho)	73,3 $\pm$ 11	64,6 $\pm$ 14	8,7 $\pm$ 11	0,004	0,622 (0,004)
RER máximo	1,16 [1,13-1,2]	1,20 [1,14-1,23]	–	0,152	–
Duración de la fase de carga (min)	15 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2	6,8 $\pm$ 2,7	< 0,001	–
Pendiente VE/VCO <sub>2</sub>	30 $\pm$ 4	27,5 $\pm$ 4,8	2,5 $\pm$ 2,5	< 0,001	0,851 (< 0,001)
VE/VCO <sub>2</sub> en UA	33 $\pm$ 2,2	30,6 $\pm$ 3,3	2,5 $\pm$ 2,3	< 0,001	0,705 (< 0,001)
PETCO <sub>2</sub> en UA	34,5 $\pm$ 4	36 $\pm$ 4	1,5 $\pm$ 4	0,128	–
VE/VO <sub>2</sub> máximo	42,4 $\pm$ 6,7	39,8 $\pm$ 6,6	2,54 $\pm$ 4,7	0,031	0,746 (< 0,001)
VE máximo (l)	72,5 $\pm$ 19	59,5 $\pm$ 14	13 $\pm$ 12	< 0,001	0,766 (< 0,001)
FR máxima (rpm)	41 [31-45]	33 [28-36]	–	< 0,001	–
SpO <sub>2</sub> reposo (%)	96 [93-97]	96 [94-97]	–	0,059	–
SpO <sub>2máx</sub> (%)	88 [84-91]	91 [86-93]	–	0,006	–
Volumen corriente max (l)	1,96 $\pm$ 0,4	1,89 $\pm$ 0,5	0,06 $\pm$ 0,2	0,291	–

FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; OUES: pendiente de la eficiencia del consumo de O<sub>2</sub>; PETCO<sub>2</sub>: presión telespiratoria de CO<sub>2</sub>; RER: cociente respiratorio (VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>); SpO<sub>2máx</sub>: saturación periférica de O<sub>2</sub> en máximo esfuerzo; UA: umbral anaeróbico; VE: ventilación; VCO<sub>2</sub>: producción de CO<sub>2</sub>; VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno.

<sup>a</sup> Valor de p: test de la t de Student para muestras relacionadas o de Wilcoxon para muestras relacionadas.

<sup>b</sup> r: coeficientes de correlación lineal de Pearson o  $\rho$  de Spearman. Los valores expresan n (%), media  $\pm$  desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico].

**Tabla 2**

Características basales

	Total (n = 19)
Edad (años)	27,5 ± 5,3
Edad a la cirugía de Fontan (años)	9 [7-11]
Tiempo Fontan-PECP (años)	17,4 ± 6
Estatura (m)	1,7 ± 0,06
Peso (kg)	69 ± 10,5
IMC	23 [21-25]
<b>Anatomía de base</b>	
Ventrículo izquierdo de doble entrada	7 (36,8)
Atresia tricuspídea	6 (31,6)
Ventrículo derecho de doble entrada	3 (15,8)
Atresia pulmonar	2 (10,5)
L-transposición de grandes arterias	1 (5,3)
<b>Ventrículo dominante</b>	
Ventrículo izquierdo	16 (84,2)
Ventrículo derecho	3 (15,8)
<b>Tipo de Fontan</b>	
Intracardiaco	1 (5,3)
Tubo extracardiaco	16 (84,2)
Tubo lateral intracardiaco	2 (10,5)
Fontan fenestrado	4 (21)
Banding pulmonar previo	5 (26,3)
Fístula SP previa	9 (47,4)
Toracotomía lateral previa	13 (68,4)
Cirugía de Damus-Kaye-Stansel	1 (5,3)
<b>Clase funcional de la NYHA</b>	
I	13 (68,4)
II	6 (31,6)
III-IV	0
Insuficiencia de válvula AV sistémica ≥ moderada	1 (5,3)
<b>Tratamiento médico</b>	
Bloqueador beta	2 (10,5)
IECA/ARA-II	3 (15,8)
Antialdosterónico	3 (15,8)
Diurético	3 (15,8)
iPDE5	1 (5,3)
ERA	1 (5,3)
Antiagregante plaquetario	18 (94,7)
Anticoagulante	2 (10,5)
Marcapasos	3 (15,8)

ARA-II: antagonistas del receptor de la angiotensina II; ERA: antagonista del receptor de la endotelina; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina; IMC: índice de masa corporal; iPDE5: inhibidor de la fosfodiesterasa 5; NYHA: *New York Heart Association*; PECP: prueba de esfuerzo cardiopulmonar; SP: sistémico-pulmonar.

Los valores expresan n (%), media ± desviación estándar o mediana [intervalo intercuartílico].

volumen corriente (V) en pico de esfuerzo. En el máximo esfuerzo se observó una menor SpO<sub>2</sub> en la cinta. No se encontraron diferencias en RER máximo. La fase de carga en la cinta fue una media de 6,8 min más larga que en cicloergómetro. En cuanto a la escala de Borg en el máximo esfuerzo, no se encontraron diferencias en el nivel de disnea; sin embargo, en cicloergómetro se alcanzaron grados más altos de fatiga de las extremidades inferiores.

En nuestra cohorte, tanto el VO<sub>2pico</sub> como el pulso de O<sub>2</sub> y el OUES han resultado ser mayores en la cinta, ya que el empleo de mayor masa muscular requiere una mayor demanda metabólica. Los pacientes con circulación de Fontan tienen una importante

limitación cardiovascular para el ejercicio, con dificultad para aumentar el volumen latido y la precarga<sup>1</sup>; también una gran limitación periférica asociada con menor masa muscular y debilidad de la musculatura periférica. La diferencia en el VO<sub>2pico</sub> entre ambas modalidades en la circulación de Fontan (23,8%) fue mayor que la descrita en población sana (5-10%)<sup>2</sup> y similar a la encontrada en insuficiencia cardiaca con fracción de eyección reducida (16-23%)<sup>3</sup>. Así, como ocurre en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y la insuficiencia cardiaca crónica<sup>4,5</sup>, es posible que en los pacientes con circulación de Fontan la debilidad del cuádriceps sea mayor, por lo que hay mayor dificultad para mantener el esfuerzo en cicloergómetro por fatiga muscular y se acentúa la diferencia en el VO<sub>2pico</sub> observado entre ambas modalidades en comparación con la población sana. Esto explica también que la duración de la fase de carga en la cinta fuese más prolongada, y se alcanzara un nivel de la escala de Borg de fatiga en las extremidades inferiores más elevado en cicloergómetro.

Nuestros datos también revelan una mayor respuesta ventilatoria y una menor eficiencia ventilatoria en cinta. En la circulación de Fontan hay una mala distribución del flujo pulmonar que, junto con la incapacidad de reclutar alvéolos con el ejercicio, puede manifestarse más en la cinta que en el cicloergómetro por la diferencia postural. En la cinta (bipedestación), por efecto de la gravedad, la llegada de flujo desde la vena cava inferior a las ramas pulmonares podría verse más comprometida que en el cicloergómetro (sedestación), lo que acentúa el desequilibrio ventilación-perfusión y justifica la peor eficiencia ventilatoria observada en la cinta. Además, la musculatura de los brazos está activa durante el ejercicio en la cinta, pero no en el cicloergómetro, lo cual podría ser una fuente adicional de impulsos reflejos a los centros respiratorios. Por otra parte, se observó una mayor ventilación por minuto en el esfuerzo máximo en la cinta, a expensas principalmente de una mayor frecuencia respiratoria, sin cambios en el volumen corriente. Este tipo de ventilación (respiraciones más rápidas que profundas) conlleva mayor aumento del espacio muerto que no favorece el intercambio gaseoso.

Finalmente, nuestro estudio no permite aclarar el mecanismo fisiopatológico de la mayor desaturación en la cinta. Una posible explicación es que el ejercicio en cinta sin fin acentúe la alteración V/Q y produzca un cortocircuito derecha-izquierda mayor que en el cicloergómetro. No disponer de gasometrías para calcular la relación espacio muerto/volumen corriente, el carácter retrospectivo del estudio, el pequeño tamaño muestral y el tiempo transcurrido entre pruebas seriadas son las limitaciones del estudio.

En conclusión, existen diferencias relevantes entre ambas modalidades de ejercicio en los pacientes con circulación de Fontan, pues hay mayor VO<sub>2pico</sub> y peor eficiencia ventilatoria en la cinta. Un análisis correcto de estos datos es de suma importancia por su valor pronóstico. Los cambios observados entre ambas pruebas podrían deberse a las diferencias existentes entre las modalidades y no implicar un empeoramiento de la capacidad funcional. Lo ideal es hacer el seguimiento de estos pacientes siempre con la misma modalidad de ejercicio para poder comparar las pruebas adecuadamente.

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

R. Ladrón-Abia ha participado en la recopilación de datos, análisis y redacción del manuscrito. B. Manso García, P. Cejudo Ramos y P. Gallego han contribuido en el análisis crítico del trabajo

y en la redacción y revisión del manuscrito. M. Gaboli y M.J. Rodríguez Puras han contribuido en la revisión del manuscrito.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ralaab90@gmail.com (R. Ladrón-Abia).

Twitter: @CorazonHuvr @AbiaLadron @apgalgar

## CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

Raquel Ladrón-Abia<sup>a,b,\*</sup>, Begoña Manso García<sup>b,c</sup>,  
Pilar Cejudo Ramos<sup>b,d</sup>, Mirella Gaboli<sup>b,e</sup>,  
María José Rodríguez Puras<sup>a,b</sup> y Pastora Gallego<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Cardiopatías Congénitas del Adulto, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Instituto de BioMedicina de Sevilla (IBIS), Sevilla, España

<sup>b</sup>Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

<sup>c</sup>Unidad de Cardiología Pediátrica, Hospital Infantil Virgen del Rocío, Instituto de BioMedicina de Sevilla (IBIS) y CIBERCV, Sevilla, España

<sup>d</sup>UGC Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Instituto de BioMedicina de Sevilla (IBIS), Sevilla, España

<sup>e</sup>Unidad de Neumología Pediátrica, Hospital Infantil Virgen del Rocío, Instituto de BioMedicina de Sevilla (IBIS) y CIBERCV, Sevilla, España

On-line el 1 de abril de 2023

## BIBLIOGRAFÍA

- Gewillig M, Brown SC. The Fontan circulation after 45 years: Update in physiology. *Heart*. 2016;102:1081–1086.
- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Clinical Exercise Testing. In: *En: Principles of Exercise Testing and Interpretation. Including Pathophysiology and Clinical Applications*. 5.ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012:129–153.
- Mazaheri R, Sadeghian M, Nazarieh M, Niederseer D, Schmied C. Performance of heart failure patients with severely reduced ejection fraction during cardiopulmonary exercise testing on treadmill and cycle ergometer; similarities and differences. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:12958.
- Hopkinson NS, Dayer MJ, Antoine-Jonville S, et al. Central and peripheral quadriceps fatigue in congestive heart failure. *Int J Cardiol*. 2013;167:2594–2599.
- Seymour JM, Spruit MA, Hopkinson NS, et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *Eur Respir J*. 2010;36:81–88.

<https://doi.org/10.1016/j.recresp.2023.03.023>

0300-8932/© 2023 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Alta precoz tras procedimientos ambulatorios de electrofisiología cardiaca sin el apoyo del hospital de día



### Early hospital discharge after cardiac electrophysiology procedures without outpatient clinic support

#### Sr. Editor:

La pandemia de la enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19) ha obligado a realizar cambios en los circuitos y la organización e intervenciones médicas, como los relacionados

con cardiología y electrofisiología. En 2020, se publicaron pautas para aumentar al máximo la seguridad del personal sanitario y los pacientes en las intervenciones de electrofisiología cardiaca durante la pandemia<sup>1</sup>. El artículo hace hincapié en el uso del entorno ambulatorio para algunas intervenciones. Desde principios de 2022, ha habido un aumento de la carga asistencial hospitalaria, lo que ha reducido la disponibilidad de camas hospitalarias para pacientes sometidos a intervenciones ambulatorias. En este contexto, muchos hospitales se han adaptado a esta nueva realidad y han comprobado que el alta precoz es factible y segura. Anteriormente, Marijon et al.<sup>2</sup> demostraron que

**Tabla 1**

Características de los pacientes y resultados

	2022	2018-2019	
<b>Número de intervenciones ambulatorias</b>	230	221	
	PAMP	PE	p
Número	185 (80,4)	189 (85,5)	NE
Edad (años)	63 [50,5-76]	64 [52-75]	NE
Mujeres	62 (33,5)	81 (42,8)	< 0,001
Horas hasta el alta	3,5 [2,5-4,13]	24 [22,8-25,5]	< 0,001
Número de punciones	2 [1-2]	2 [2-3]	NE
<b>Electrofisiología</b>			
Número	89	106	
Edad (años)	56 [44-68]	54 [43-65,5]	NE
Mujeres	40 (44,9)	50 (47,1)	NE
Horas hasta el alta	3,75 [3-4,25]	23,5 [22,3-25]	< 0,001
Número de punciones	2 [2-3]	2 [2-3]	NE
Solo diagnóstico	19 (21,3)	6 (5,6)	0,046
Terapéutico	70 (78,7)	100 (94,4)	0,046
Ablación de TRIN	27 (30,3)	36 (34)	NE
Ablación de vía accesoria	9 (10,1)	16 (15,1)	
Ablación de TA	1 (1,1)	2 (1,9)	
Ablación del nódulo AV	4 (4,5)	2 (1,9)	