

Papel de la determinación del poder cardíaco como factor pronóstico en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica

ALBERTO A. FERNÁNDEZ¹, DANIEL FERRANTE, ADRIÁN HRABAR¹, ALEJANDRO MOGUILNER¹, FEDERICO BASSI¹, CARLOS ÁLVAREZ¹, JOSÉ L. BARISANI², ALEJANDRA CHRISTEN², FERNANDO KERTENIAN¹, MARCELO COHEN¹

RESUMEN

Objetivos

Evaluar el valor pronóstico de una nueva variable derivada de la prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP), el poder cardíaco máximo (PC_{\max}) en el ejercicio pico.

Material y métodos

Se evaluaron prospectivamente pacientes con insuficiencia cardíaca, en quienes se determinaron el $VO_{2\max}$, el PC_{\max} (pulso de oxígeno \times tensión arterial media) y la reserva cardíaca ($PC_{\max - \text{basal}}$). Se compararon los valores de acuerdo con la ocurrencia o no de eventos (internación por IC o muerte). Se evaluó el valor incremental a través de curvas ROC y la asociación de sus puntos de corte con eventos (*log rank test* y ajuste por confundidores por regresión de Cox). Punto final combinado: internación por IC y/o muerte.

Resultados

Población: 157 pacientes, hombres 83,4%, edad 59 ± 10 años, clase funcional III/IV 22,2%, deterioro severo del VI 56,7%, eventos: 22,9 %. Seguimiento promedio: 9 meses.

Los pacientes con eventos presentaron menores valores de: $VO_{2\max}$ (11,8 versus 14,9 ml/kg/min, $p < 0,001$), PC_{\max} (831 versus 1.079 watts, $p = 0,003$) y reserva cardíaca (465 versus 676 watts, $p = 0,002$).

Áreas ROC: ($VO_{2\max}$: 0,73; PC_{\max} 0,68; RC 0,68, $p = 0,34$ entre áreas). Riesgo de eventos: para $VO_{2\max} < 14$ ml/kg/min HR 3,93 (IC 95% 1,89-8,20), $p < 0,001$; $PC_{\max} < 780$ watts HR 2,78 (IC 95% 1,42-5,43), $p = 0,003$; y RC < 350 watts HR 2,75 (IC 95% 1,42-5,35), $p = 0,003$. La incidencia de eventos fue del 8,54% en pacientes con VO_2 y PC normales, 30,30% sólo un índice alterado: HR 3,09 (IC 95% 1,16-8,25), $p = 0,024$, y 45,24% con ambos alterados: HR 5 (IC 95% 1,81-13,75), $p = 0,002$.

Conclusiones

La determinación del PC_{\max} es otra variable para determinar en la PECP que podría aportar valor pronóstico incremental agregado a otros parámetros clásicos.

REV ARGENT CARDIOL 2005;73:271-276.

Recibido: 26/10/2004

Aceptado: 07/03/2005

Dirección para separatas:

Dr. Alberto Fernández

Servicio de Cardiología Sanatorio

Modelo Quilmes -

Av. Andrés Baranda 282, Quilmes,

Pcia. de Bs. As.

afernan@speedy.com.ar

Palabras clave

> Insuficiencia cardíaca - Prueba de ejercicio cardiopulmonar - Pronóstico - Reserva cardíaca

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca (IC) es un grave problema de salud pública, tanto a nivel mundial como en nuestro medio, determinado por incremento en la edad de la población, la mejora de la sobrevida posterior a un evento coronario y un mayor y mejor arsenal terapéutico disponible. (1-4)

Los distintos mecanismos fisiopatológicos involucrados en la génesis y perpetuación del cuadro de IC impulsaron a los investigadores a desarrollar distintos marcadores, (5-9) en busca de estratificar el riesgo de estos pacientes.

Una de las alteraciones más importantes que genera este síndrome es la disminución de la capacidad de ejercicio, la cual es una de las principales limitantes para llevar una vida normal. Es por ello que la mayoría de los estudios de investigación clínica no sólo están orientados a disminuir la mortalidad sino también a mejorar la calidad de vida, esta última en relación directa con el incremento de la capacidad de ejercicio.

Uno de los índices más arraigados y reproducibles en su determinación es el consumo de oxígeno determinado en el pico de ejercicio ($VO_{2\max}$), el cual se obtiene mediante la "prueba de ejercicio cardiopulmonar" (PECP). (8, 9)

Servicio de Cardiología, Sanatorio Modelo Quilmes - Av. Andrés Baranda 282, Quilmes, Provincia de Buenos Aires

Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Presidente Perón - Avellaneda, Provincia de Buenos Aires

¹ Para optar a Miembro Titular SAC

¹ Sanatorio Modelo Quilmes

² Hospital Presidente Perón

Numerosas publicaciones han definido los 14 ml/kg/min como el punto de corte que limita dos poblaciones con distinta evolución. (10, 11) Sin embargo, la determinación del VO_2 tiene limitantes desde muchos puntos de vista (sexo, presencia de obesidad, aspectos operativos, etc.) que hicieron necesaria su resignificación en el contexto general de los índices pronósticos de los pacientes con IC.

Desde hace años se intenta evaluar la capacidad de bomba del corazón, en base a la eficiencia contráctil, evidenciada por la presión generada en las grandes arterias y la perfusión adecuada a nivel tisular. Es así que se comenzó a medir la eficiencia cardíaca, al inicio en forma invasiva, (11-14) a través de ecocardiografía e infusión de inotrópicos, de lo que surgió un nuevo índice denominado "poder cardíaco" ($PC_{máx}$), resultante del producto del índice cardíaco por la tensión arterial sistólica. Este nuevo índice resultó ser un potente predictor de eventos tanto para el caso de la insuficiencia cardíaca crónica como para la aguda. (15, 16)

El mismo concepto se aplicó en la determinación de la eficiencia de bomba durante el ejercicio, en la que el VO_2 (obtenido a través de la PECP), como uno de los parámetros por evaluar, se utilizó como dato único o en relación con la frecuencia cardíaca (pulso de oxígeno) multiplicado por la tensión arterial sistólica, que da por resultado el poder cardíaco máximo. (17-19)

La estimación del poder cardíaco máximo a través de la PECP, con empleo de la presión arterial media en lugar de la tensión arterial sistólica, nos permitiría obtener un nuevo índice, no invasivo y con mayor asociación con la eficiencia circulatoria que los descriptos previamente. Además, de la diferencia del poder cardíaco obtenido previo al esfuerzo y el determinado en el pico de ejercicio surge la siguiente variable: la "reserva cardíaca" (RC), parámetro que nos permitiría valorar la eficacia contráctil del corazón en relación con el esfuerzo realizado.

El objetivo de nuestro estudio fue evaluar la capacidad pronóstica del "poder cardíaco" obtenido, en base al producto de la tensión arterial media y el "pulso de O_2 " (como mecanismo indirecto de valorar el volumen sistólico) y, en segundo lugar, definir el valor incremental de la asociación del " $VO_{2máx}$ " y el "poder cardíaco", como predictor de eventos en los pacientes con IC.

MATERIAL Y MÉTODOS

Criterios de selección de pacientes y lugar de inclusión

Se incluyeron en forma prospectiva pacientes con IC crónica en seguimiento ambulatorio de dos centros (Sanatorio Modelo Quilmes y Hospital Presidente Perón de Avellaneda), sin internaciones ni modificaciones del tratamiento farmacológico en los últimos 2 meses y función sistólica del VI deprimida (Fey < 40% o FAC < 25% o deterioro moderado a severo).

Se excluyeron pacientes con IC debido a: valvulopatías severas primarias, miocardiopatía hipertrófica obstructiva,

ABREVIATURAS

IC	Insuficiencia cardíaca
PC_b	Poder cardíaco basal
$PC_{máx}$	Poder cardíaco máximo
PECP	Prueba de ejercicio cardiopulmonar
RC	Reserva cardíaca
TAM	Tensión arterial media
$VO_{2máx}$	Consumo de oxígeno máximo

síndromes coronarios agudos en los últimos 30 días, claudicación intermitente, isquemia de esfuerzo e imposibilidad de realizar la PECP por falta de colaboración del paciente, trastornos osteomusculares o respiratorios.

Puntos finales

El resultado evaluado fue el punto final combinado de internaciones por IC descompensada y/o muerte por todas las causas, tanto en el seguimiento ambulatorio o durante la internación.

Evaluación de los pacientes

A todos los pacientes se les realizó una PECP (CPX Medical Graphics, Minnesota USA), en cicloergómetro, con el siguiente protocolo: período de registro basal/reposo: 2 minutos; período de ejercicio con cargas progresivas (25 watts) de 1 minuto cada una, hasta la detención por parámetros clásicos ergométricos (angina, claudicación, fatiga muscular, disnea desproporcionada, signos de IC o respuesta paradójica de la tensión arterial) o alcanzar RER (cociente metabólico) máximo > 1,1. La tensión arterial sistólica y diastólica y la frecuencia cardíaca se evaluaron en el período basal, en ejercicio (en cada etapa) y posteriormente a los tres y seis minutos de la recuperación.

Los parámetros obtenidos a través de la PECP fueron (Tabla 1):

- VO_2 basal y máximo, total y por kg de peso corporal
- Presión arterial sistólica y diastólica, basal y máxima
- Frecuencia cardíaca basal y máxima
- Umbral anaeróbico
- Capacidad funcional (relación VO_2 máximo teórico y observado, %)
- Pulso de O_2 : VO_2 máximo ml-min / FC máxima
- Poder cardíaco máximo: pulso de $O_2 \times$ TAM (en el pico de ejercicio)
- Reserva cardíaca: $PC_{máx} - PC_{basal}$

El seguimiento de los pacientes se realizó con visitas periódicas mensuales y cuando éstas no eran posibles, con llamados telefónicos. En cada visita se registró la ocurrencia de eventos.

Análisis estadístico

Para la descripción de variables categóricas se utilizaron frecuencias y proporciones y para variables numéricas medias

TABLA 1

Cálculo de índices en la prueba de ejercicio cardiopulmonar

Pulso de O_2 [PO_2]: VO_2 (ml/min) / frecuencia cardíaca
Poder cardíaco [PC]: Pulso de $O_2 \times$ TAM
Poder cardíaco máximo [$PC_{máx}$]: obtenido en el pico de ejercicio
Poder cardíaco basal [PC_b]: obtenido previo al ejercicio
Reserva cardíaca [RC]: $PC_{máx} - PC_b$

o medianas y desvío estándar o rango intercuartil según su distribución. La asociación de los índices se evaluó con la incidencia de eventos mediante comparación de la media o mediana entre pacientes con eventos y sin éstos. A través de curva ROC se establecieron puntos de corte para incorporar los índices en modelos univariados (*log rank test*) y multivariados de asociación de eventos en el seguimiento (regresión de Cox). Se comparó también la capacidad de discriminación entre el VO₂, el poder cardíaco y la reserva del poder cardíaco a través de la comparación entre sus áreas ROC. Para permitir la incorporación del VO₂ y el poder cardíaco dentro del modelo multivariado (dado que esta variable está correlacionada con el poder cardíaco) y además evaluar el valor incremental del poder cardíaco en relación con el VO₂, se establecieron las siguientes categorías: VO₂ y poder *normales*, VO₂ o poder *anormales*, VO₂ y poder *anormales*. Para poder incorporar el VO₂ y el PC_{máx} en un modelo multivariado, los pacientes se clasificaron en relación con los puntos de corte mediante la combinación de ambas variables, dado que al estar correlacionadas entre sí (r = 0,65, dado que el cálculo del poder incluye el VO₂) no es posible su incorporación simultánea en el análisis debido a multicolinealidad. Asimismo, no se incorporó la reserva cardíaca por el mismo motivo.

Se incorporaron al modelo otras variables potencialmente confundidoras como edad, función VI y capacidad funcional. Se consideró significativo para todas las pruebas un valor de p menor de 0,05.

RESULTADOS

Se incluyeron en el estudio 157 pacientes, el 60,5% con etiología coronaria; el 83,4% de los pacientes fueron hombres. La edad promedio fue de 59 años (36-82). El 22,3% de los pacientes presentaron clase funcional III-IV, mientras que el 56,7% presentó deterioro severo de la función ventricular (definida como una Fey < 25 o una FAC < 20) (Tabla 2). El tratamiento al ingreso se detalla en la Tabla 2. El seguimiento promedio fue de 9 meses (rango 1 a 19), con una incidencia acumulada de eventos del 22,9% (n = 36).

En el análisis univariado, los pacientes con eventos presentaron mayor edad, peor clase funcional y menores VO_{2 máx}, PC_{máx} y RC (Tabla 3).

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento farmacológico entre pacientes con VO₂ bajo *versus* VO₂ normal (betabloqueantes 88,9% *versus* 88,3%, p = 0,9, IECA 77,8% *versus* 77,7%, p = 0,98) y poder cardíaco bajo *versus* normal (betabloqueantes 87,0% *versus* 89,3%, p = 0,67, IECA 75,9% *versus* 78,6%, p = 0,98). Tampoco se observaron diferencias en el tratamiento entre pacientes con evento y sin éste (betabloqueantes 88,9% *versus* 86,9%, p = 0,76, IECA 77,8% *versus* 76,4%, p = 0,86).

Para establecer puntos de corte para las variables VO_{2 máx}, PC_{máx} y RC se construyeron curvas ROC y se determinaron los valores con mejor capacidad de discriminación; se estableció VO_{2 máx} bajo el menor de 14 ml/kg/min, PC_{máx} bajo el menor de 782 *watts* y RC baja la menor de 350 *watts*.

Para evaluar la capacidad de discriminación pronóstica de los índices se construyeron curvas ROC

TABLA 2
Características de la población

Característica clínica	
Edad, media (DE)	59 (10)
Sexo masculino, n (%)	133 (83,4%)
Etiología (coronaria), n (%)	95 (60,5%)
Capacidad funcional, n (%)	
I/II	122 (77,7%)
III/IV	35 (22,3%)
Deterioro severo FVI, n (%)	89 (56,7%)
Tratamiento, n (%)	
IECA/ATII	138 (87,9%)
Betabloqueantes	139 (88,5%)
Diuréticos	106 (67,5%)
Digoxina	48 (30,6%)
Espironolactona	79 (50,3%)
Seguimiento promedio, meses (rango)	9 (1 a 19)
Eventos, n (%)	36 (22,9%)

TABLA 3
Análisis univariado y multivariado (regresión de Cox)

Variabes	Sin eventos	Eventos	p	HR (IC 95%)	p
Edad (años)	64	58	0,004	1,01 (0,98-1,05)	0,32
Sexo (%)	84,6	86,1	0,62	-	-
Etiología coronaria (%)	57,0	72,0	0,1	-	-
Capacidad funcional (III-IV) (%)	18,2	36,1	0,02	2,97 (1,09-8,10)	0,033
Deterioro severo FVI (%)	54,8	63,9	0,32	1,33 (0,63-2,85)	0,44
VO ₂ (ml/kg/min)	14,9	11,8	< 0,0001	{ Ambos normales: 1 Uno alterado*: 3,09 (1,16-8,25) Ambos alterados#: 4,99 (1,81-13,75)	-
Poder cardíaco (<i>watts</i>)	1.079	831	0,003		0,024
Reserva cardíaca (<i>watts</i>)	676	465	0,002	-	-

* VO_{2 máx} y/o PC_{máx} alterados

VO_{2 máx} y PC_{máx} ambos alterados

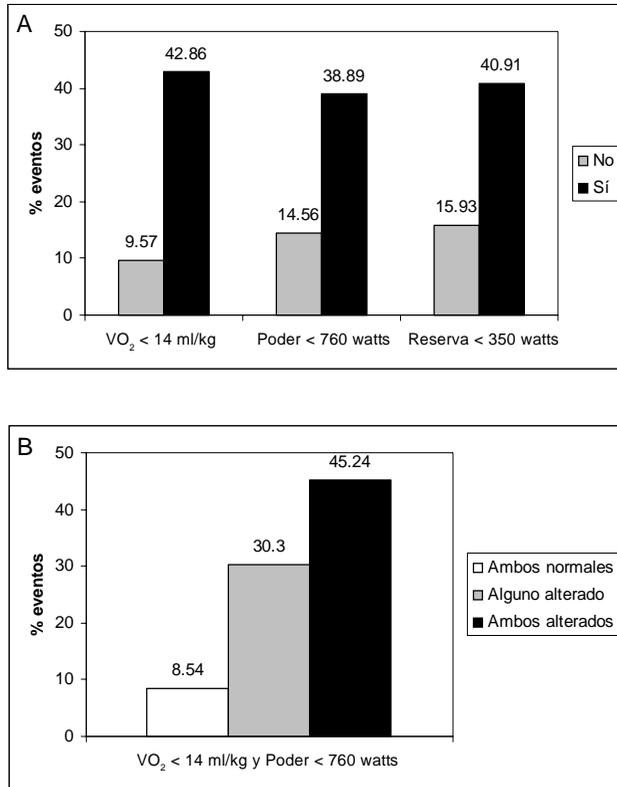


Fig. 1. Eventos acumulados. A. Puntos de corte de VO₂ (ml/kg/min), poder cardíaco y reserva cardíaca. B. Combinación índices VO₂ máximo y poder cardíaco.

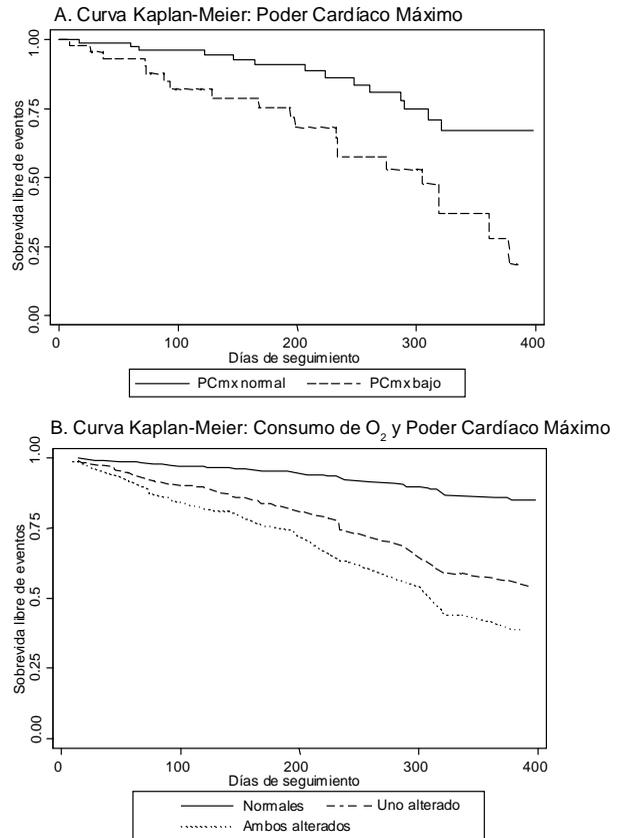


Fig. 2. Curvas de Kaplan-Meier.

y se compararon sus áreas. No se observaron diferencias entre las áreas ROC: VO_{2 máx}, área 0,73; PC_{máx} 0,68; RC 0,68, comparación entre áreas p = 0,34.

Para estos puntos de corte en el análisis univariado, la asociación con los eventos fue significativa: VO_{2 máx} < 14 ml/kg/min, HR 3,93 (IC 95% 1,89-8,20), p < 0,001; PC_{máx} < 780, HR 2,78 (IC 95% 1,42-5,43), p = 0,003; RC < 350 HR 2,75 (IC 95% 1,42-5,35), p = 0,003.

Del total de los pacientes, el 52,2% presentaba valores, tanto de VO_{2 máx} como de PC_{máx}, definidos normales, el 21,0% presentaba solamente uno de estos parámetros alterados y el 26,7% presentó ambos parámetros alterados.

La incidencia de eventos fue del 8,5% en el primer grupo, del 30,30% en el segundo, HR 3,1 (IC 95% 1,16-8,25), p = 0,024, y del 45,2% en el tercero, HR 5 (IC 95% 1,81-13,75), p = 0,002; ajustado por edad, clase funcional y función ventricular (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Los marcadores de la IC se encuentran en relación con la activación neurohormonal, las alteraciones de la microestructura cardíaca, la capacidad de esfuerzo y la función ventricular, (7) pero poco se ha investigado sobre la respuesta contráctil del corazón, aplicada en la capacidad de ejercicio del paciente, un parámetro directamente relacionado con la calidad de vida.

En el presente estudio se observó que una reducción en el poder cardíaco máximo así como en la reserva cardíaca se asoció con peor pronóstico en el seguimiento.

Asimismo resulta muy interesante la determinación del valor incremental de la asociación del PC_{máx} y el VO_{2 máx}, agregada a otras variables clínicas, como marcador pronóstico, en los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica.

El poder cardíaco es la fuerza por la cual el corazón genera energía hidráulica dentro del sistema arterial para mantener la circulación sanguínea y conceptualmente es el producto del volumen de sangre eyectado y la presión aórtica.

El mayor PC producido por el corazón representaría la máxima capacidad contráctil de ese corazón y la diferencia de ese PC_{máx} con los valores obtenidos previos al ejercicio representarían la función contráctil de su reserva, la cual sólo se modificaría por alteraciones intrínsecas de los miocitos (IAM, posrevascularización, etc.) o bien por la edad, con caída del PC_{máx}, que podría ser compensada parcialmente con el ejercicio (efecto sobre el VO₂ por mejoría del componente muscular periférico).

Los primeros estudios que demostraron el valor predictivo del PC_{máx} se realizaron en forma invasiva, con monitorización hemodinámica y estrés farmacológico. Los pacientes con menor PC_{máx} presentaban peor evolución clínica (un dato interesante fue que en

la mayoría de los pacientes fallecidos con $PC_{m\acute{a}x}$ normal la muerte súbita fue el mecanismo de muerte). En otro contexto, en pacientes críticos internados en la UTI se observó que los pacientes a quienes se les podía incrementar el $PC_{m\acute{a}x}$ mediante la infusión de dobutamina más líquidos presentaron mejor evolución. (11-14)

Cotter y colaboradores, con la aplicación del mismo concepto a los pacientes que se presentaban con insuficiencia cardíaca aguda (15) o “shock cardiogénico”, (17) demostraron que cuanto más bajo fuera el $PC_{m\acute{a}x}$, peor pronóstico (en el caso de recurrencia de la IC y mortalidad) presentaban.

Posteriormente, Roul y colaboradores (18) aplicaron el concepto de $PC_{m\acute{a}x}$ en las pruebas de ejercicio. Estos autores estudiaron 50 pacientes en CF II/III, con monitorización invasiva; evaluaron “índices de trabajo de ventrículo izquierdo”, $VO_{2\ m\acute{a}x}$ y $PC_{m\acute{a}x}$ y en el análisis multivariado hallaron que un $PC_{m\acute{a}x}$ menor de 2 *watts* permitía diferenciar el grupo de pacientes con mayor morbimortalidad.

Metra y colaboradores, (19) al igual que Williams, (20) combinaron métodos no invasivos en la determinación del $PC_{m\acute{a}x}$ (calculaban el índice cardíaco en base a una técnica descrita por Collier y posteriormente por Fick) y ejercicio en cinta y observaron resultados similares con respecto al valor predictivo del $PC_{m\acute{a}x}$.

Por último, Cohen-Solal (21) y Scharf, (22) en forma independiente y con empleo de la PECP, calcularon una aproximación al $PC_{m\acute{a}x}$ a través del producto de la tensión arterial sistólica y el $VO_{2\ m\acute{a}x}$, que denominaron “poder circulatorio” al primero y “poder cardíaco en ejercicio” al segundo, y observaron que en el análisis multivariado el $PC_{m\acute{a}x}$ persistía como única variable pronóstica (aun frente a parámetros clásicos como el VO_2). Estos mismos conceptos fueron probados por otros autores, como Cooke (23) y Armstrong. (24)

A partir de la evidencia disponible, creemos que surgen varias limitaciones. Primero, la complejidad, la incomodidad y lo poco práctico de la determinación por métodos invasivos de un índice de eficiencia cardiovascular durante el ejercicio. Segundo, la utilización de la tensión arterial sistólica, cuyos valores podrían estar modificados por otras causas, como la edad (mayor rigidez de las arterias) e hiperreactividad. La utilización de la tensión arterial media podría constituir un índice con mayor validez para reflejar el concepto de la tensión generada en el árbol arterial por el flujo de sangre eyectado por el corazón a lo largo del tiempo.

Tercero, utilizar un parámetro como el pulso de O_2 , (25-28) que en condiciones normales (sin anemia o hipoxemia severa) tiene una relación directa con el volumen sistólico, nos permitiría una aproximación más fisiológica al concepto inicial del $PC_{m\acute{a}x}$ (IC por TAM).

Quizás el concepto más novedoso, como ya mencionamos, es el valor incremental demostrado en la asociación del $VO_{2\ m\acute{a}x}$ con el “poder cardíaco”. Si bien

existe cierta dependencia matemática en la determinación del poder cardíaco con respecto al VO_2 , resulta muy interesante el hecho de que la alteración de estos dos parámetros amplifique la capacidad pronóstica que cada uno tiene por sí solo, lo cual permite jerarquizar una subpoblación de mayor riesgo a través de un mismo estudio.

Otro de los índices evaluados, la “reserva cardíaca”, tuvo significación similar al $VO_{2\ m\acute{a}x}$ y el $PC_{m\acute{a}x}$ como predictor independiente. Este hallazgo es interesante desde lo fisiopatológico, dado que, de un modo indirecto, nos permitiría valorar la eficiencia cardiovascular durante el ejercicio; en ausencia de un PC_b anormalmente elevado (p. ej., hipertensión basal severa), la caída de la RC implicaría probablemente una capacidad contráctil ineficiente del miocardio.

Todos estos nuevos índices obtenidos de la PECP clásica incrementarían su valor como herramienta útil en la estratificación de riesgo de los pacientes con IC.

El valor pronóstico a largo plazo del $PC_{m\acute{a}x}$ y la RC deberán establecerse en estudios con un número mayor de pacientes y con un seguimiento más prolongado que el del presente trabajo.

CONCLUSIONES

Nuestro estudio, así como la mayoría de los trabajos precedentes, ha demostrado el valor de determinar la eficiencia (capacidad) contráctil del corazón, tanto por métodos invasivos o indirectos, y la relación directa de estas determinaciones con la ocurrencia de eventos. Si el corazón es incapaz de mantener un volumen de sangre efectivo, la *performance* del ejercicio seguramente estará comprometida, por lo que podríamos inferir que el $PC_{m\acute{a}x}$ y por lo tanto la reserva cardíaca serían determinantes mayores de la capacidad funcional de los pacientes afectados por IC. La relevancia de estos nuevos marcadores se relaciona no sólo con su valor pronóstico sino también con la información adicional que aportan sobre mecanismos fisiopatológicos, en una entidad como la IC, que continúa presentando una morbimortalidad elevada a pesar del arsenal diagnóstico y terapéutico disponible.

SUMMARY

Pronostic Value of Cardiac Power Determination in Patients with Chronic Heart Failure

Work Objective

To evaluate the predictive value of a new variable obtained through the cardiopulmonary exercise test, the maximum cardiac power (CP_{mx}) during peak exercise.

Research Design and Methods

A group of heart failure patients were prospectively evaluated through the assessment of $VO_{2\ mx}$, CP_{mx} (oxygen pulse \times mean arterial tension) and cardiac reserve (CR) ($CP_{mx} - CP_{basal}$). The values were compared according to the presence of events (heart failure, hospitalization or death). The incremental value through ROC curves and the association

of their cut-points with events (log-rank test and Cox regression) were evaluated. Combined end point: admission for worsening HF and/or death.

Results

Sample of 157 patients, 83.4% men, aged 59 ± 10 years, functional class III/IV: 22.3%. Severe LV systolic dysfunction 56.7%, events 22.9%, average follow up: 9 months. Patients with events showed lower values of $VO_{2\text{max}}$ (11.8 vs. 14.9 ml/kg/min, $p < 0.001$), CP_{max} (831 vs. 1079 watts, $p = 0.003$) and CR (465 vs. 676 watts, $p = 0.002$); ROC areas: ($VO_{2\text{max}}$: 0.73; CP_{max} 0.68; CR 0.68, $p = 0.34$ between areas). Risk of events: for $VO_{2\text{max}} < 14$ ml/kg/min HR 3.93 (95% CI 1.89-8.20) $p < 0.001$; $CP_{\text{max}} < 780$ HR 2.78 (CI 1.42-5.43), $p = 0.003$ and CR < 350 HR 2.75 (95% CI 1.42-5.35) $p = 0.003$. The incidence of events was of 8.5% in patients with normal $VO_{2\text{max}}$ and CP, 30.3% with only one altered index: HR 3.1 (95% CI 1.16-8.25) $p = 0.024$, and 45.2% with both altered indexes HR 5 (95% CI 1.81-13.75) $p = 0.002$.

Conclusions

CP_{max} is another variable to determine in the cardiopulmonary exercise test which could give incremental predictive value, added to other classical parameters.

Key words: Congestive heart failure - Exercise test - Prognosis - Cardiac reserve

BIBLIOGRAFÍA

- Cubillos-Garzon LA, Casas JP, Morillo CA, Bautista LE. Congestive heart failure in Latin America: the next epidemic. *Am Heart J* 2004;147:412-7.
- Young JB. The global epidemiology of heart failure. *Med Clin North Am* 2004;88:1135-43, ix. Review.
- Rizzo M, Thierier J, Francesia F, Bettati MI, Pérez Terns P, Casas M, et al. Registro Nacional de Internación por Insuficiencia Cardiaca 2002-2003. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:333-40.
- Rodeheffer RJ. The new epidemiology of heart failure. *Curr Cardiol Rep* 2003;5:181-6.
- Bleumink GS, Knetsch AM, Sturkenboom MC, Straus SM, Hofman A, Deckers JW, et al. Quantifying the heart failure epidemic: prevalence, incidence rate, lifetime risk and prognosis of heart failure The Rotterdam Study. *Eur Heart J* 2004;25:1614-9.
- Kalra PR, Collier T, Cowie MR, Fox KF, Wood DA, Poole-Wilson PA, et al. Haemoglobin concentration and prognosis in new cases of heart failure. *Lancet* 2003;362:211-2.
- Mann DL. Heart Failure: A Companion to Braunwald's Heart Disease. WB Saunders; 2003.
- Perna ER, Macín SM, Cimbaro Canella JP, Augier N, García E, Tassano E y col. Troponina T cardiaca en pacientes ambulatorios con insuficiencia cardiaca: correlación con parámetros clínicos de severidad. *Rev Argent Cardiol* 2002;70:25-35.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346:793-801.
- Myers J, Gullestad L. The role of exercise testing and gas-exchange measurement in the prognostic assessment of patients with heart failure. *Curr Opin Cardiol* 1998;13:145-55.
- Davies LC, Francis DP, Piepoli M, Scott AC, Ponikowski P, Coats AJ. Chronic heart failure in the elderly: value of cardiopulmonary exercise testing in risk stratification. *Heart* 2000;83:147-51.
- Myers J, Gullestad L, Vagelos R, Do D, Bellin D, Ross H, et al. Cardiopulmonary exercise testing and prognosis in severe heart failure: 14 mL/kg/min revisited. *Am Heart J* 2000;139:78-84.
- Mancini DM, Eisen H, Kusmaul W, Mull R, Edmunds LH Jr, Wilson JR. Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation* 1991;83:778-86.
- Tan LB. Cardiac pumping capability and prognosis in heart failure. *Lancet* 1986;2:1360-3.
- Tan LB, Littler WA. Measurement of cardiac reserve in cardiogenic shock: implications for prognosis and management. *Br Heart J* 1990;64:121-8.
- Bassi F, Fernández A, Hrabar A, Moguilner A, Álvarez C, Cohen M y col. Rol de la determinación del "poder cardíaco" como factor pronóstico en los pacientes con insuficiencia cardíaca crónica. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:145 (Abstract).
- Timmins AC, Hayes M, Yau E, Watson JD, Hinds CJ. The relationship between cardiac reserve and survival in critically ill patients receiving treatment aimed at achieving supranormal oxygen delivery and consumption. *Postgrad Med J* 1992;68:S34-40.
- Cotter G, Moshkovitz Y, Milovanov O, Salah A, Blatt A, Krakover R, et al. Acute heart failure: a novel approach to its pathogenesis and treatment. *Eur J Heart Fail* 2002;4:227-34.
- Fincke R, Hochman JS, Lowe AM, Menon V, Slater JN, Webb JG, et al; SHOCK Investigators. Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:340-8.
- Roul G, Moullichon ME, Bareiss P, Gries P, Koegler A, Sacrez J, et al. Prognostic factors of chronic heart failure in NYHA class II or III: value of invasive exercise haemodynamic data. *Eur Heart J* 1995; 16:1387-98.
- Metra M, Faggiano P, D'Aloia A, Nodari S, Gualeni A, Raccagni D, et al. Use of cardiopulmonary exercise testing with hemodynamic monitoring in the prognostic assessment of ambulatory patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:943-50.
- Williams SG, Cooke GA, Wright DJ, Parsons WJ, Riley RL, Marshall P, et al. Peak exercise cardiac power output; a direct indicator of cardiac function strongly predictive of prognosis in chronic heart failure. *Eur Heart J* 2001;22:1496-503.
- Cohen-Solal A, Tabet JY, Logeart D, Bourgoin P, Tokmakova M, Dahan M. A non-invasively determined surrogate of cardiac power ("circulatory power") at peak exercise is a powerful prognostic factor in chronic heart failure. *Eur Heart J* 2002;23:806-14.
- Scharf C, Merz T, Kiowski W, Oechslin E, Schalcher C, Brunner-La Rocca HP. Noninvasive assessment of cardiac pumping capacity during exercise predicts prognosis in patients with congestive heart failure. *Chest* 2002;122:1333-9.
- Cooke GA, Marshall P, al-Timman JK, Wright DJ, Riley R, Hainsworth R, et al. Physiological cardiac reserve: development of a non-invasive method and first estimates in man. *Heart* 1998;79:289-94.
- Armstrong GP, Carlier SG, Fukamachi K, Thomas JD, Marwick TH. Estimation of cardiac reserve by peak power: validation and initial application of a simplified index. *Heart* 1999;82:357-64.
- Wasserman K. Principles of exercise testing and interpretation. 2nd ed. 1994. p. 65.
- Lavie CJ, Milani RV, Mehra MR. Peak exercise oxygen pulse and prognosis in chronic heart failure. *Am J Cardiol* 2004;93:588-93.