


Ecocardiografía de ejercicio: Un protocolo en dos fases

Jesús Peteiro Vázquez 
Alberto Bouzas-Mosquera 

Correspondencia

Jesús Peteiro Vázquez
Jesus.Peteiro.Vazquez@sergas.es

Departamento de Cardiología. Complejo Hospitalario Universitario de La Coruña. La Coruña. España.

Recibido: 10/06/2024

Aceptado: 08/07/2024

Publicado: 31/08/2024

Citar como: Peteiro Vazquez J, Bouzas-Mosquera A. Ecocardiografía de ejercicio: un protocolo de dos fases. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2024 Ago; 7(2): 1-10. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v7n2a2>.

Cite this as: Peteiro Vazquez J, Bouzas-Mosquera A. *Exercise echocardiography: a two-phases protocol*. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2024 Aug; 7(2): 1-10. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v7n2a2>.

Palabras clave

- ▷ Ecocardiografía de ejercicio.
- ▷ Función sistólica.
- ▷ Función diastólica.
- ▷ Enfermedad arterial coronaria.

Keywords

- ▷ Exercise echocardiography.
- ▷ Systolic function.
- ▷ Diastolic function.
- ▷ Coronary artery disease.

RESUMEN

El ejercicio físico es el método de estrés recomendado en las guías de práctica clínica como primera alternativa, por ser el más fisiológico y el menos peligroso. De entre las modalidades de ejercicio, el realizado en la cinta rodante es el que produce mayor cantidad de consumo de oxígeno (O_2). Por tanto, la adquisición de imágenes en el pico del ejercicio en cinta para la medición de la isquemia es ideal, al aproximarse al máximo consumo de O_2 (fase 1). Por otra parte, el posejercicio inmediato, al ir disminuyendo la frecuencia cardíaca, es ideal para evaluar la función diastólica mediante el cociente E/e' (fase 2).

ABSTRACT

Physical exercise is the recommended method in clinical guidelines to be used as a first alternative, as it is the most physiological and safer of all stress methods. Among exercise modalities, treadmill exercise is the one that leads to maximal oxygen (O_2) consumption. Therefore, peak treadmill exercise imaging acquisition is well-fitted for ischemia detection, as it is done near maximal achieved O_2 consumption (phase 1). On the other hand, post-exercise imaging is tailored to examine diastolic function by the E/e' ratio, as heart rate goes decreasing (phase 2).

Introducción

El ejercicio es el estrés más fisiológico y, en comparación con el estrés farmacológico, la tasa de eventos adversos es mucho menor⁽¹⁻²⁾. En una serie de nuestro centro con unos 20.000 pacientes, estudiados con ecocardiografía de ejercicio (EEj) en pico de esfuerzo, la tasa de acontecimiento adversos resultó de tan solo el 0,1% (19 casos) sin ninguna muerte⁽³⁾. Estas cifras son similares a las reportadas en la literatura previa en España⁽²⁾ y en otros países⁽¹⁾.

Además, la EEj mantiene el valor diagnóstico de la angina y los cambios electrocardiográficos isquémicos inducidos por el ejercicio, así como el valor pronóstico de ciertas variables, que o bien no son evidenciables con el estrés realizado con fármacos (como la capacidad funcional⁽⁴⁾), o bien tienen un valor pronóstico mucho más marcado cuando se realizan con esfuerzo físico (dado que una respuesta hipotensiva o la aparición de arritmias ventriculares casi siempre se producen por los propios fármacos usados para el estrés no físico).

Asimismo, de entre todas las modalidades de imagen funcional, la EEj es la única prueba no invasiva ya que no necesita ni una vía venosa. Por estos motivos,

en las guías se emplea el ejercicio como la primera prueba clínicamente indicada para los pacientes que necesitan una eco de estrés⁽⁵⁻⁷⁾.

Las modalidades de ejercicio más empleadas son la cinta rodante y el cicloergómetro. La cinta rodante suele ser accesible en los centros y produce un aumento de la frecuencia cardíaca (FC), que es el mayor determinante del consumo de oxígeno. Por otra parte, el cicloergómetro permite fácilmente la obtención de imágenes en el pico del ejercicio y produce un mayor incremento de la tensión arterial (TA).

Sin embargo, el cese del ejercicio sucede con más frecuencia por dolor muscular o problemas de coordinación o adaptación (especialmente en pacientes de edad avanzada y en mujeres, en especial con el cicloergómetro supino) que por agotamiento. La **Tabla 1** resume las ventajas e inconvenientes de las distintas modalidades de EEj.

Se ha demostrado que la EEj en el pico del ejercicio es más sensible que en posejercicio tanto en cinta rodante⁽⁸⁻¹¹⁾ como en bicicleta. En un estudio de nuestro grupo, la EEj en cinta en el pico del ejercicio resultó más sensible que la EEj en bicicleta supina y que la EEj realizada en el posejercicio inmediato⁽¹¹⁾. La

Tipo de ejercicio	Facilidad para la adquisición de imágenes pico	Tensión arterial máxima	Porcentaje alcanzado de la FCMT*	Consumo de O ₂ máximo	Facilidad para el paciente
Cinta rodante	Algo difícil	++	80-100	+++	++++
Bicicleta ortostática	Fácil	++	80-100	+++	+++
Bicicleta supino	Algo más fácil	+++	70-90	++	++

*Cálculo según 220-edad
FCMT: frecuencia cardíaca máxima teórica.

Tabla 1. Diferencias en la facilidad de adquisición de imágenes en el pico del ejercicio, tensión arterial máxima, % alcanzado de la frecuencia cardíaca máxima teórica y factibilidad para realizar la prueba en el global de pacientes entre las principales modalidades de ejercicio físico.

bicicleta en sedestación también ha resultado superior en sensibilidad a la bicicleta supina, probablemente porque esta modalidad consigue aumentar más la FC que la bicicleta supina y con niveles similares a los de la cinta rodante⁽¹²⁾.

Durante la EEJ, el paciente debe estar monitorizado mediante registro de TA y electrocardiograma, igual que se hace con una prueba de esfuerzo ECG convencional. Es aconsejable el uso de protocolos personalizados, ajustados a las características del paciente, aunque el más utilizado es el de Bruce (basado en un cambio de la velocidad y de la pendiente de la cinta cada 3 minutos). En caso de dudas sobre la habilidad física de los pacientes se puede hacer que caminen fuera de la cinta antes de iniciar la prueba en la máquina para decidir el protocolo final más adecuado.

Las imágenes ecocardiográficas habituales para la EEJ son los planos apicales de 4 y 2 cámaras y los paraesternales de eje largo y eje corto a nivel de la base. En nuestro laboratorio también incluimos el plano apical de 4 cámaras + aorta y el plano paraesternal de eje corto apical.

La adquisición de imágenes se lleva a cabo en reposo y en el pico del ejercicio (ver casos clínicos al final de la revisión) y/o posejercicio inmediato. Aunque la imagen en el pico del ejercicio en la ecocardiografía de ejercicio en bicicleta es rutinaria, puede entrañar una mayor dificultad en la ecocardiografía en cinta rodante. Sin embargo, como se ha comentado, resulta más sensible que la de posejercicio para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria (EAC)⁽⁸⁻¹¹⁾. Además, la imagen pico aporta otras ventajas importantes como permitir:

1. El escaneado del paciente durante las distintas fases de la prueba o cuando existen dudas sobre la conveniencia de suspenderla; por ejemplo, si tiene síntomas o cambios eléctricos en el segmento ST. Esto conlleva más seguridad y la posibilidad de obtener en general imágenes con FC mayor y por tanto en situación de mayor consumo de O₂ miocárdico.

2. Disponer de más tiempo para la adquisición de imágenes. Para obtener las imágenes después del ejercicio hay menos de 1 minuto tras su finalización (idealmente 45 s), ya que las anomalías contráctiles pueden recuperarse rápidamente, sobre todo en sujetos jóvenes o que están en tratamiento con betabloqueantes u otras drogas cronotrópico negativas.

Para poder escanear al paciente durante el pico del ejercicio en cinta rodante (así como rápidamente en el posejercicio inmediato si fuera necesario), la cinta, el ecocardiógrafo y la camilla deben estar situados muy próximos (**Figura 1**). Además, se requiere un sistema de adquisición continua de imágenes (que permite obtener múltiples ciclos cardíacos durante varios minutos y escoger *a posteriori* las imágenes correspondientes a los distintos planos para compararlas con las obtenidas previamente en la situación basal). También se necesita un sistema de pantalla en formato *quad* para la posterior comparación de imágenes basales y de ejercicio (estándar en los aparatos modernos).

Hoy día, prácticamente todos los aparatos de gama media tienen sistemas de adquisición de imágenes continua. También se necesita una conexión directa entre el ecocardiógrafo y la consola del ergómetro para no tener que colocar cables del ECG adicionales.

La obtención de imágenes en el pico del ejercicio en cinta precisa de entrenamiento. Es aconsejable ejercer cierta presión sobre la espalda del sujeto con nuestra mano izquierda mientras adquirimos las imágenes con el transductor en la mano derecha. Es importante cambiar solo mínimamente la posición de la mano para lograr los distintos planos apicales. Así, nos ceñiremos a la zona precordial del paciente con la eminencia hipotenar de nuestra mano para seleccionar el plano de 4 cámaras con la aorta (5 cámaras); a continuación, giraremos levemente el transductor en horizontal, sin levantar la eminencia

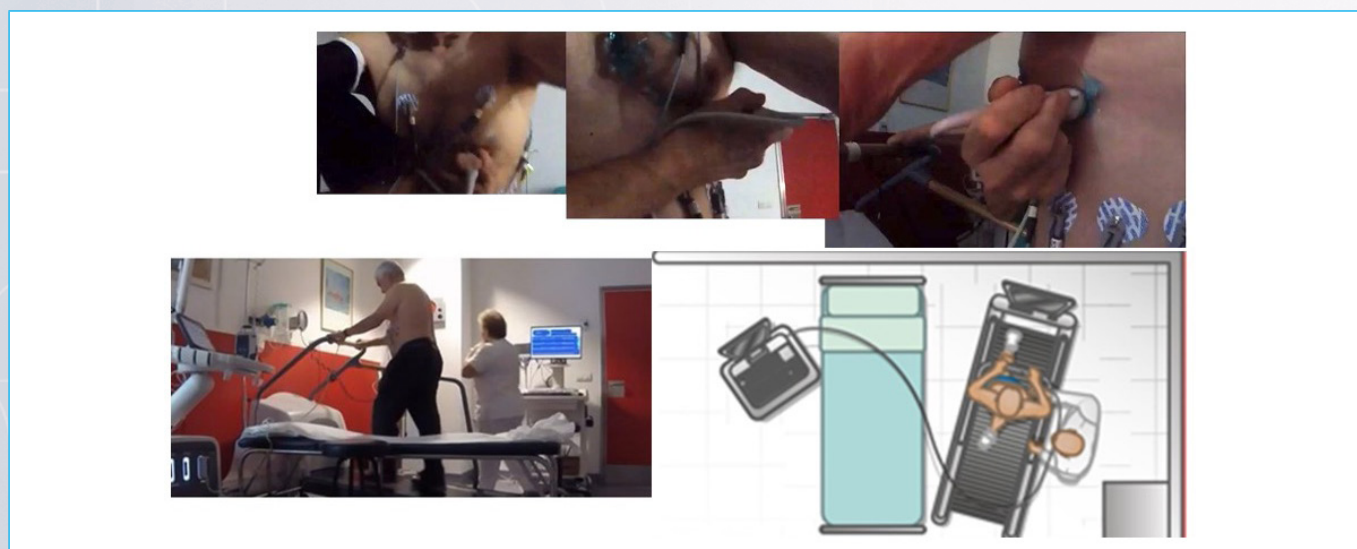


Figura 1. Disposición de un laboratorio para la realización de una ecocardiografía de ejercicio, con la opción de adquirir imágenes en pico y posejercicio.

hipotenar de nuestra mano, para obtener el plano de 4 cámaras, y, finalmente, giraremos 90 grados el transductor con los dedos desde esta posición para adquirir el plano de 2 cámaras (Figura 2).

De forma similar, para los ejes largo y corto, ceñiremos nuestra eminencia hipotenar sobre la zona de interés y, sin levantarla, podremos fotografiar el plano paraesternal largo para después, girando 90°, obtener el plano paraesternal corto en la base cardíaca.

Para lograr el plano apical corto a nivel del ápex habitualmente hay que subir entre 1 y 2 espacios intercostales desde esta posición. También, apoyándose con la eminencia hipotenar de nuestra mano, se consigue este plano al orientar el transductor en dirección a la cadera derecha del paciente.

Para los planos apicales tanto en reposo como durante el ejercicio es muy importante evitar el escorzo (el plano ecográfico no corta el ápice verdadero) ya que es una causa frecuente de sobreestimación de la función ventricular. La regla debe ser adquirir siempre las máximas dimensiones o volúmenes ventriculares en un paciente, tanto en los ejes basales del ápex como en los transversales.

Los protocolos de ejercicio en cinta que más utilizamos en la práctica clínica habitual son el de Bruce, Bruce modificado para pacientes funcionalmente limitados y Bruce modificado para deportistas y sujetos jóvenes. Este último es el que se utiliza habitualmente para pacientes < 60-65 años. En cualquier caso, los ergómetros modernos tienen más prestaciones, de tal modo que independientemente del protocolo escogido, siempre podemos reconvertirlo a un modo manual. Así, por ejemplo, podemos disminuir la velocidad y aumentar la pendiente, una medida efectiva para pacientes de edad avanzada que puede que no toleren cierta velocidad, pero que sí soportan incrementos de la pendiente de la cinta.

Con cualquier cambio de protocolo el aparato calculará efectivamente los equivalentes metabólicos (MET) estimados. En la Figura 3 se muestran las características de los protocolos más empleados en cinta rodante y bicicleta supina.

A lo largo de los años hemos ido desarrollando un protocolo de EEj en 2 fases^(13,14):

- **Fase 1** en el pico del ejercicio: centrada en la evaluación de la función sistólica global o regional para la obtención de imágenes con la máxima FC y TA en cada paciente.

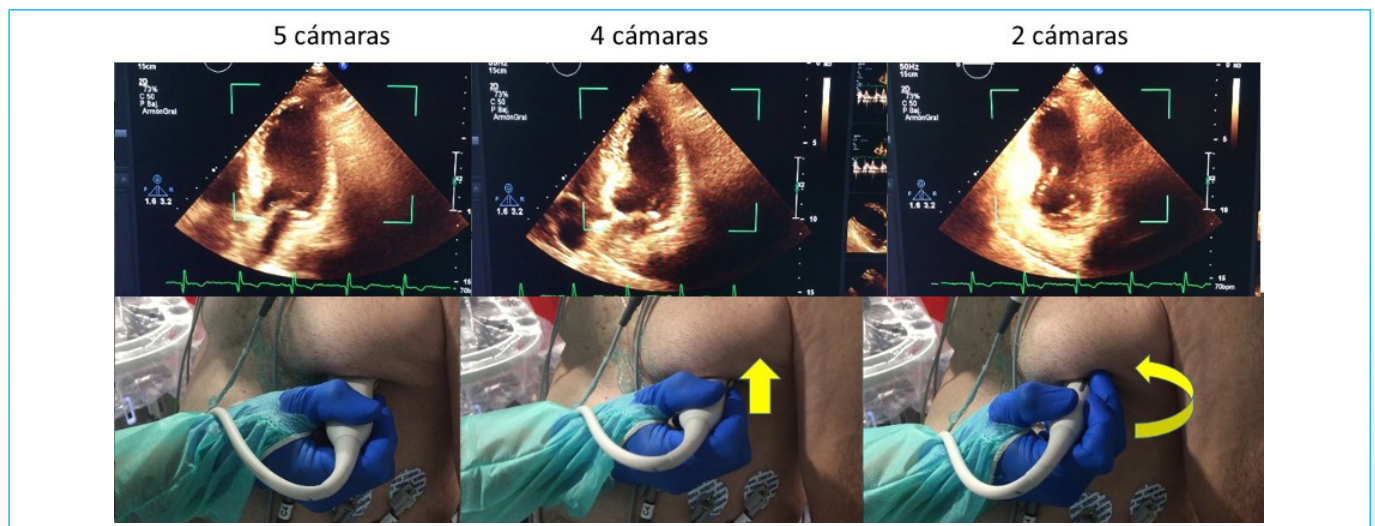


Figura 2. Adquisición de los planos apicales durante el pico del ejercicio: con la eminencia hipotenar de la mano que sostiene el transductor sobre el tórax del paciente, y, sin levantarla, se obtiene el plano apical de 3 cámaras, para después pasar del 3 al 4 simplemente colocando el transductor en horizontal (flecha) y del 4 al 2 rotándolo.

Bruce (cinta rodante)					Bruce modificado (cinta rodante)				
Etapas	Min (')	Velocidad (Km/h)	Pendiente (%)	METs	Etapas	Min (')	Velocidad (Km/h)	Pendiente (%)	METs
1	3	2.7	10	4.7	1	3	2.7	0	1.7
2	3	4.0	12	6.8	2	3	2.7	5	2.8
3	3	5.4	14	9.1	3	3	2.7	10	5.4
4	3	6.7	16	12.9	4	3	4.0	12	7
5	3	8.0	18	15	5	3	5.4	14	10
6	3	8.8	20	16.9	6	3	6.7	16	13
7	3	9.6	22	19.1	7	3	8.0	18	17

Bruce deportista (cinta rodante)					Bicicleta supina			
Etapas	Min (')	Velocidad (Km/h)	Pendiente (%)	METs	Etapas	Min (')	Watts	METs
1	2	2.7	10	4.7	1	2	25	2.4
2	2	4.0	12	6.8	2	2	50	3.7
3	2	5.4	14	9.9	3	2	75	4.9
4	2	6.6	16	13	4	2	100	6.1
5	2	8.0	18	17	5	2	125	7.3
6	2	8.8	20	16.9	6	2	150	8.6
7	2	9.6	22	19.1	7	2	175	9.8
					8	2	200	11
					9	2	225	12.2
					10	2	250	13.5

*El paciente pedalea a un ritmo constante de 60 revoluciones por minutos. La resistencia se incrementa en cada etapa

Figura 3. Velocidad, pendiente y MET o Watts alcanzados con los diferentes protocolos para cinta rodante y bicicleta supina

- **Fase 2** en posejercicio inmediato: dedicada a la medición de la insuficiencia mitral en su caso, flujo de llenado del ventrículo izquierdo (VI), onda e' con *doppler* tisular para el cálculo de la relación E/e' y el cálculo de la presión sistólica de la arteria pulmonar.

La fase 2, dado que conlleva FC menores, es la más apropiada para el cálculo de la relación E/e' (Figura 4). De hecho, a menudo hay que esperar a que disminuya la FC a 120-130 lpm para que no exista solapamiento de las ondas E y A en el flujo transmitral o de las ondas e' y a' con el *doppler* tisular, y así medir adecuadamente las ondas E y e'. Si la FC es > 130-140 lpm, el *doppler* tisular del anillo diferencia las 2 ondas (e' y a') antes de que lo haga el flujo de llenado del VI (en este caso E y A), por lo que es mejor hacer primero las mediciones del *doppler* tisular.

Esta fase 2 también es la que se prefiere en nuestro centro para evaluar otros parámetros hemodinámicos/*doppler* de interés en un paciente como: obstrucción en miocardiopatía hipertrófica (MH), gradiente de una estenosis aortica, volumen/latido, gradiente transmitral, etc.

La medición de la función sistólica como la diastólica durante la EEj tiene ventajas diagnósticas y pronósticas, sobre todo en pacientes con disnea. En estos pacientes es importante descartar una EAC, así como asegurarse de que los síntomas se correlacionan con datos de disfunción diastólica. La EEj en cinta con el protocolo en 2 fases puede dar la respuesta a ambas cuestiones⁽¹³⁻¹⁶⁾. Los **Videos 1 a 12** y las **Figuras 5 a 11** muestran 5 casos de EEj en los que se puede apreciar la utilidad práctica del protocolo de ejercicio en cinta de 2 fases.

En uno de nuestros estudios recientes con 772 pacientes a los que se les realizó un EEj en 2 fases por razones clínicas⁽¹⁴⁾ vimos cómo este protocolo ofrecía datos pronósticos importantes. Los eventos anualizados alcanzaban hasta el 43,2% cuando ambas fases eran anormales según el EEj (fase 1 + fase 2), en contraste con el 3,6% cuando ambas fases eran normales. Los pacientes con una sola fase anormal se encontraban en una posición intermedia.

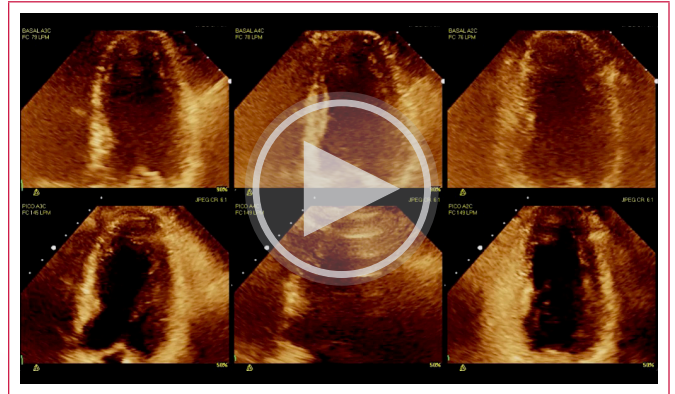
Las cifras de mortalidad global anualizada eran de 10,9% cuando ambas fases eran anormales y del 1,2% cuando ambas eran normales⁽¹⁷⁾. Además, las variables del ejercicio fueron capaces de reclasificar a los pacientes con función diastólica indeterminada según los parámetros de reposo: un tercio fue reclasificado a función diastólica anormal y otro tercio, a función diastólica normal.

A continuación, presentamos 5 casos prácticos que exponen las ventajas del protocolo que se realiza en nuestro centro.

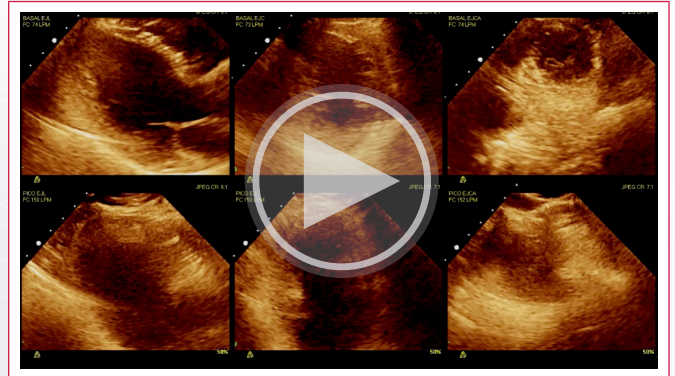
Caso 1

Se muestra un resultado normal, aunque el paciente tenía 58 años, factores de riesgo coronario y clínica compatible con una angina típica (**Videos 1 y 2**, **Figura 5**). Por tanto, el resultado de las dos fases del eco de ejercicio en este paciente es normal. La prueba fue también clínica y ECG negativa.

El objetivo del caso es familiarizarse con el protocolo expuesto en la revisión.



Vídeo 1. Fase 1 del protocolo del eco de ejercicio de 2 fases. Imágenes apicales en reposo (*arriba*) y en el pico del ejercicio (*abajo*) en la cinta rodante.



Vídeo 2. Imágenes paraesternales en reposo y en el pico.

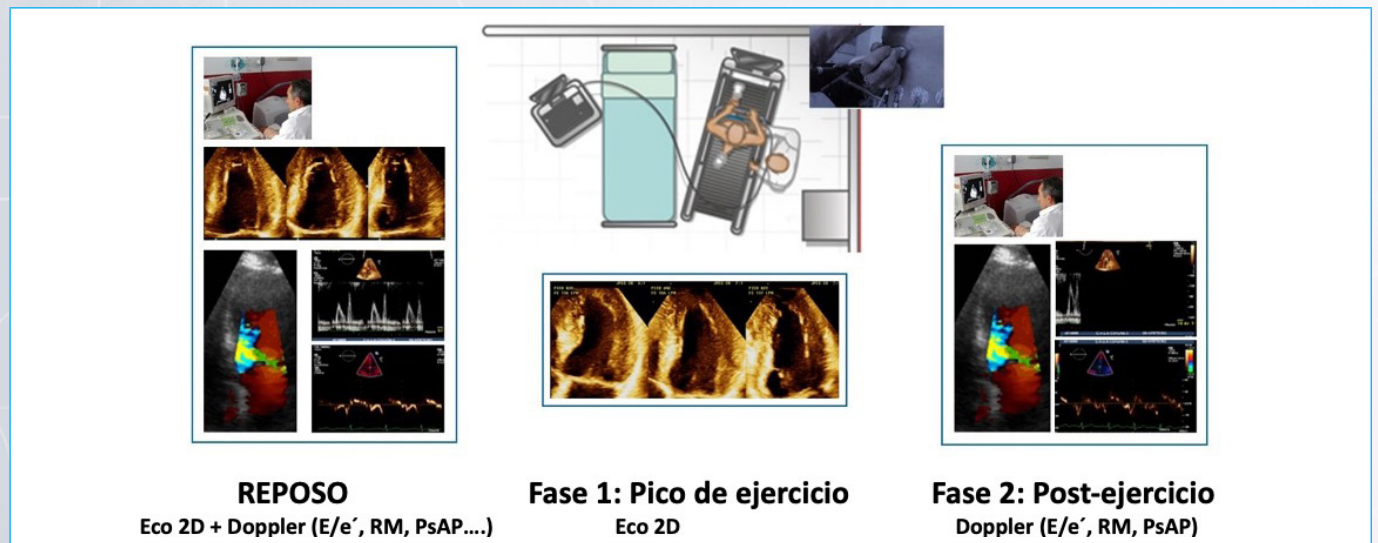


Figura 4. Protocolo de ejercicio en 2 fases usado en nuestro laboratorio. Fase 1: evaluación sistólica global y regional. Fase 2: evaluación diastólica (E/e', PsAP) e insuficiencia mitral. Modificado Peteiro⁽¹³⁾.

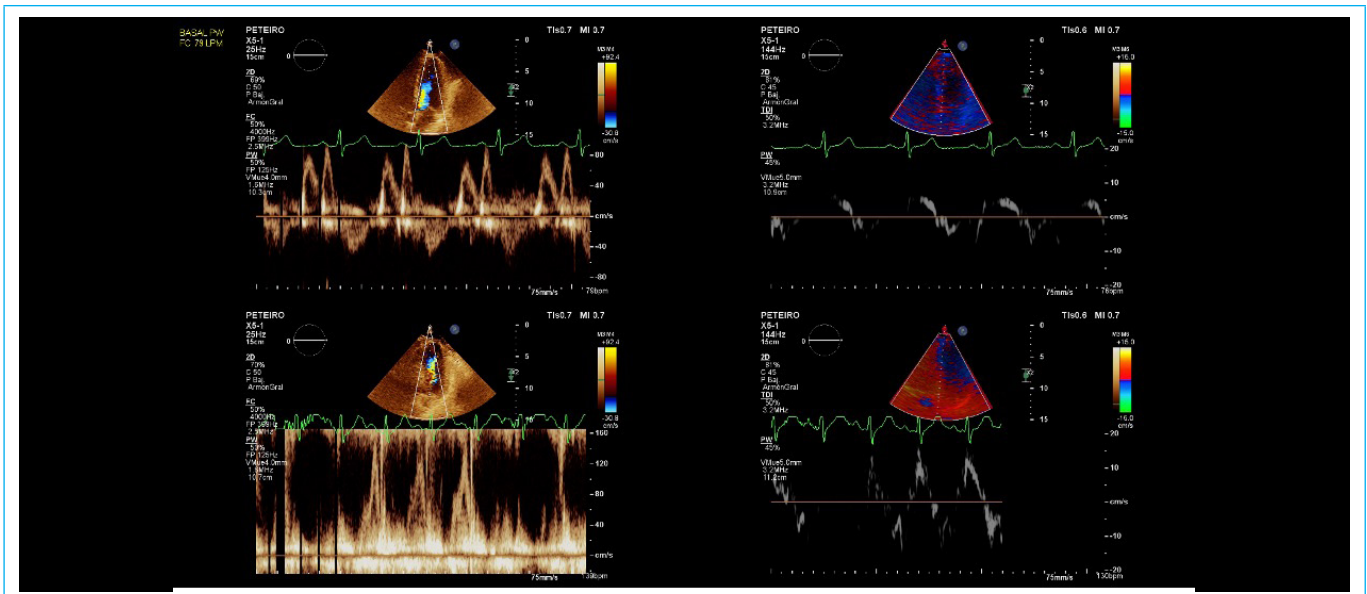


Figura 5. Fase 2 del protocolo del eco de ejercicio destinada a evaluar la función diastólica. Existe una alteración de la relajación en reposo, que se incrementa con el posejercicio; sin embargo, E/e' ha pasado de 11 a 9.

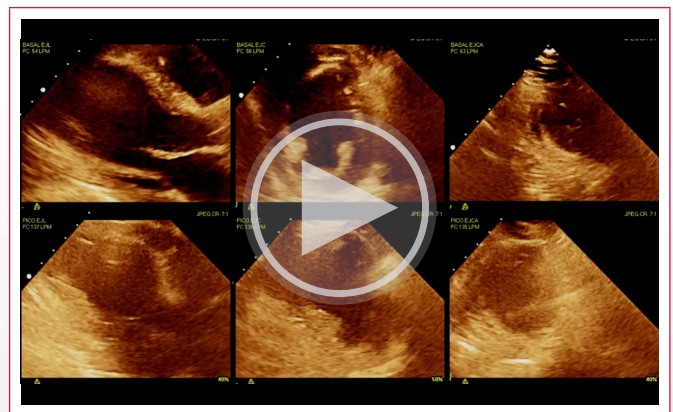
Caso 2

Se muestra un caso de isquemia miocárdica inducible: Enfermedad coronaria. Paciente de 57 años, fumador y con un síncope de esfuerzo. En el pico de ejercicio (**Vídeo 3**) se observa el signo del "8", denotando isquemia severa en el territorio de la arteria descendente anterior. Además, se evidencia el signo de la "tecla del piano" (**Vídeo 4**).

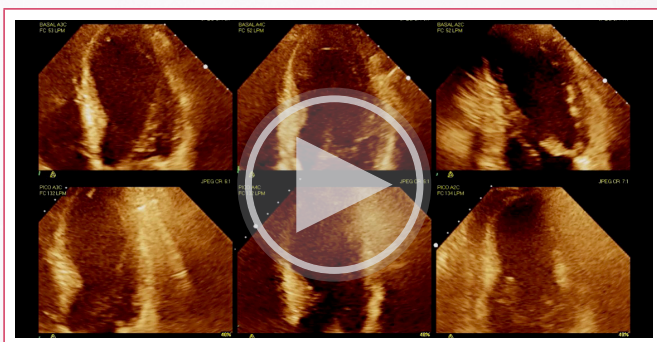
Mostramos la valoración de la insuficiencia mitral durante la prueba (**Vídeo 5**), que es moderada. Además, el paciente presentaba una alteración de la relajación en reposo y en ejercicio con E/e' incrementado en ambas situaciones (pasa de 25 a 20). Por tanto, el resultado de las 2 fases del eco de ejercicio en este paciente es anormal (**Figura 6**).

La prueba de esfuerzo fue clínica y la ECG negativa, alcanzando 11 MET.

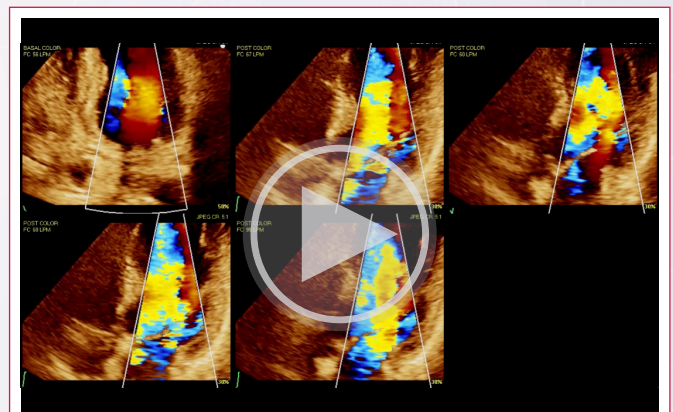
La coronariografía (**Vídeo 6**) realizada poco tiempo después mostraba obstrucciones severas en la arteria descendente anterior (DA) a nivel medio (90%) y coronaria derecha (CD) a nivel medio (100%) tratándose la primera arteria durante el procedimiento.



Vídeo 4. Imágenes paraesternales en reposo y en el pico del ejercicio. Se evidencia "signo de la tecla del piano" (el septo basal se va en sistole hacia el VI mientras que el medio apical se va hacia el VD) en el pico del ejercicio, así como giro antihorario tanto de la base como del ápex; en el primer caso es anormal pues el giro basal es horario y en el segundo caso se trata de un giro antihorario incrementado (giro antihorario cardíaco "en bloque").



Vídeo 3. Fase 1 del protocolo del eco de ejercicio de 2 fases. Imágenes apicales en reposo (*arriba*) y en el pico del ejercicio (*abajo*) en la cinta rodante. Se trata de un resultado anormal con signo del "8" en los planos en el pico del ejercicio: hipo y/o aquinesia de los segmentos apicales irrigados por la arteria descendente anterior. Con contractilidad normal o aumentada de los segmentos basales.



Vídeo 5. Fase 2 del protocolo del eco de ejercicio, destinada a evaluar la insuficiencia mitral. Existe una IM 2/4 al menos, tanto en reposo (*arriba a la izquierda*) como en posejercicio inmediato (PISA de aproximadamente 5 mm en ambas situaciones).

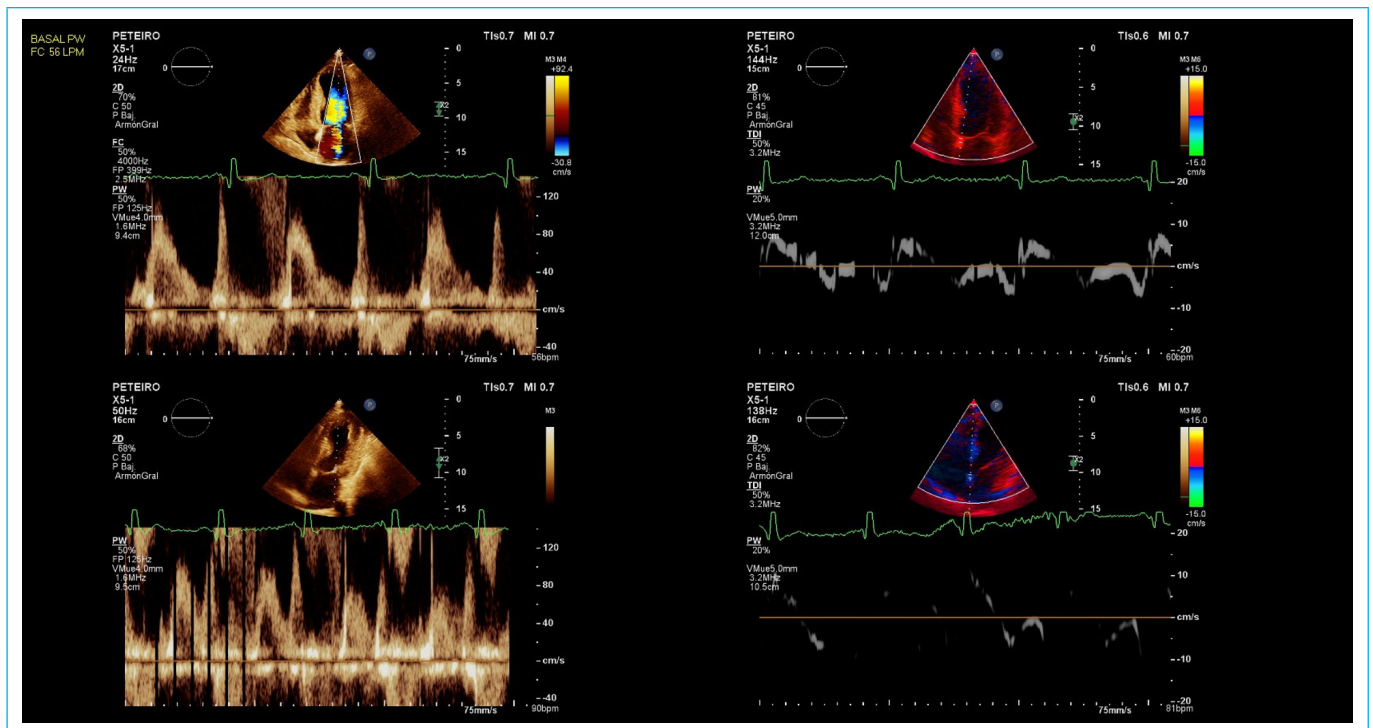
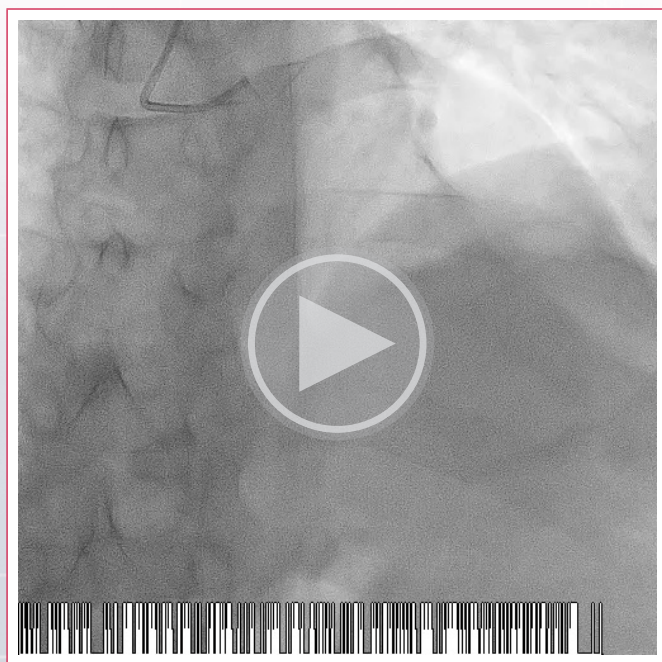


Figura 6. Fase 2 del protocolo del eco de ejercicio destinada a evaluar la función diastólica.

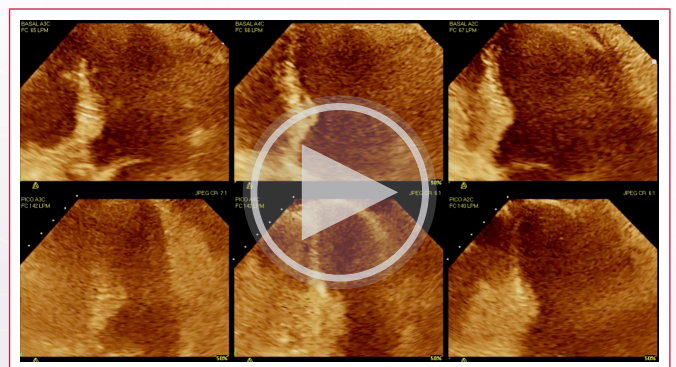


Video 6. Coronariografía. Lesiones significativas en DA y CD.

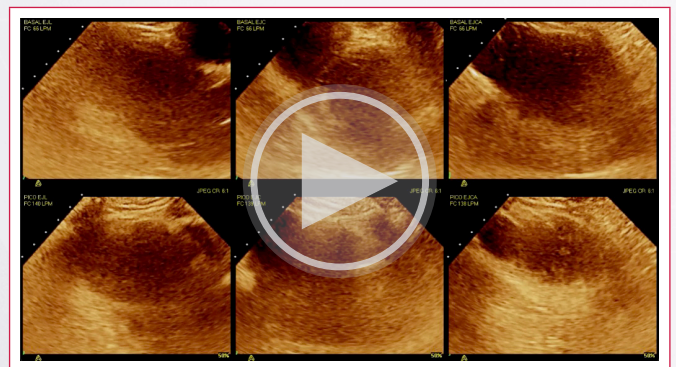
Caso 3

Exponemos un caso con disfunción diastólica durante el ejercicio como causa de dolor torácico.

Se trata de un paciente de 45 años con obesidad leve, diabetes *mellitus*, hipercolesterolemia e hipertensión, y que, además, presentaba angina típica (Video 7 y 8). No se observaron trastornos de contractilidad inducibles durante el pico de ejercicio.



Video 7. Fase 1 del protocolo del eco de ejercicio de 2 fases en imágenes apicales en reposo (*arriba*) y en el pico del ejercicio (*abajo*) en la cinta rodante. El resultado es normal con un incremento del engrosamiento y el desplazamiento parietal con el ejercicio, así como una disminución de volúmenes.



Video 8. Imágenes paraesternales en reposo y en el pico del ejercicio que muestran también un resultado normal.

Durante la fase 2 del protocolo evaluamos la función diastólica. Existe un patrón de $E > A$ que aparentemente es normal para un sujeto de 45 años, y además, el E/e es de 10. Sin embargo, este patrón persiste con ejercicio, pero ahora

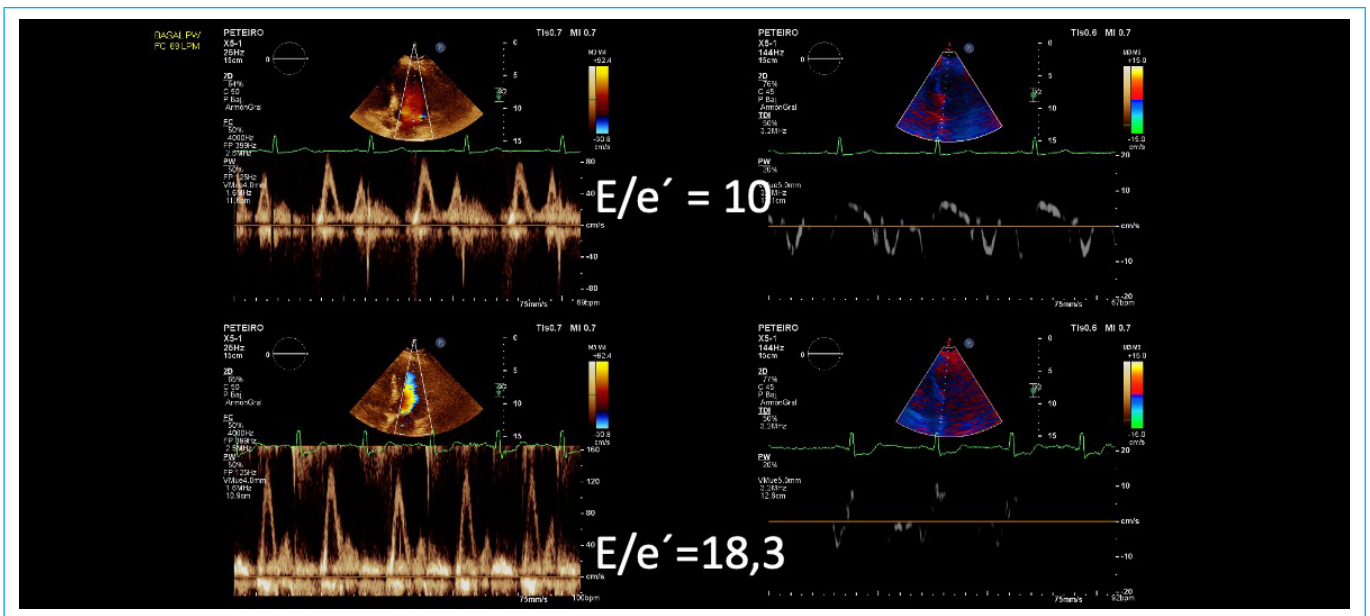


Figura 7. Fase 2 del protocolo del eco de ejercicio, evaluación de la función diastólica. Resultado patológico durante el ejercicio.

con un E/e' de 18, que es claramente anormal, indicando, por tanto, anormalidad en la función diastólica del ejercicio. **Figura 7.**

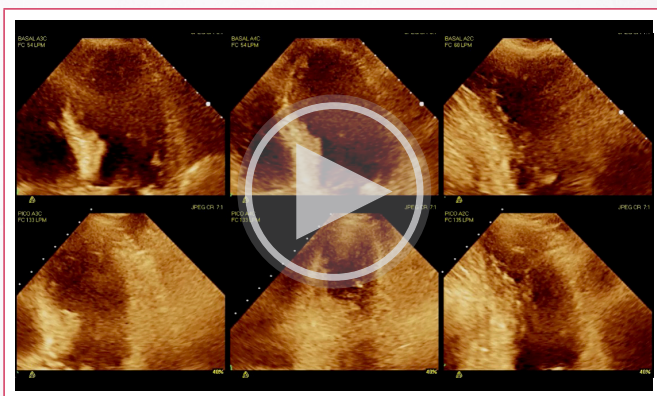
En cuanto a la prueba ergométrica se interpretó como clínica positiva por opresión precordial y ECG positiva por descenso del segmento ST. Alcanzo 10 MET.

En resumen, el resultado de la fase 1 es normal (no hay trastornos de la contractilidad segmentaria). El de la fase 2 es anormal, lo que sugiere la presencia de disfunción diastólica durante el ejercicio como causa de dolor torácico.

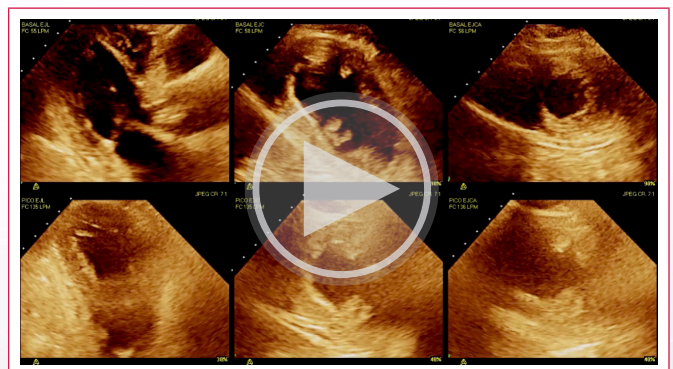
Caso 4

Exponemos un caso con valvulopatía aórtica y dolor torácico.

Paciente de 80 años con factores de riesgo cardiovasculares (FCR) (diabetes e hipertensión) y estenosis aórtica moderada que se queja de disnea y probable angina. En las imágenes apicales (pico de ejercicio) se observan el signo del "8": isquemia severa del territorio de la arteria DA (**Vídeo 9**) y el signo de la "tecla de piano" (**Vídeo 10**).



Vídeo 9. Fase 1 del eco de ejercicio de 2 fases. Imágenes apicales en reposo (arriba) y en el pico del ejercicio (abajo) en la cinta rodante. El resultado es anormal con signo del "8" en los planos de pico del ejercicio, denotando isquemia severa en el territorio de la arteria DA.



Vídeo 10. Imágenes paraesternales en reposo y pico del ejercicio. Se evidencia "signo de la tecla del piano" (el septo basal se va en sístole hacia el VI mientras que el medio apical se va hacia el VD) en el pico del ejercicio.

La fase 2 del protocolo es anormal (**Figura 8**). La dinámica de la estenosis aórtica evaluada en reposo y en posejercicio en el mismo paciente nos evidencia una estenosis aórtica moderada (AVA > 1 cm²) (**Figura 9**).

La prueba de ergometría fue clínica y la ECG negativa con capacidad funcional de 8,7 MET.

Finalmente se demostró EAC obstructiva de 2 vasos con lesiones del 100% en DA media, 70% en 1.ª diagonal y 70% en la circunfleja (Cx) media, que se trataron todas ellas percutáneamente.

Este caso nos muestra como la fase 2 se puede destinar no solo a evaluar la función diastólica sino también cualquier otro parámetro hemodinámico de interés.

Caso 5

Exponemos un caso en un hombre de 62 años con FRC (hipercolesterolemia e hipertensión) y diagnosticado de EAC (revascularización previa percutánea) y MH sin obstrucción en reposo, que presenta disnea de esfuerzo. El resultado de la fase 1 de la prueba es normal (**Videos 11 y 12**).

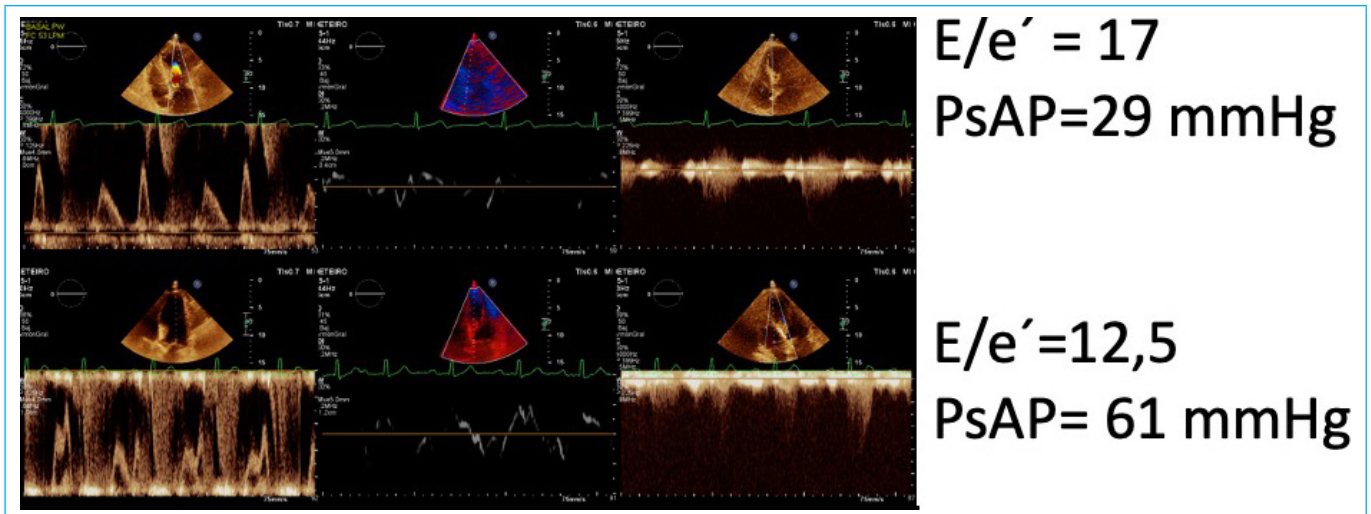


Figura 8. Fase 2 del protocolo del eco del ejercicio destinada a evaluar la función diastólica. Existe una alteración de la relajación en reposo y en ejercicio. El E/e' pasa de 17 a 12,5, aunque la presión sistólica de la arteria pulmonar se incrementa a 61 mmHg.

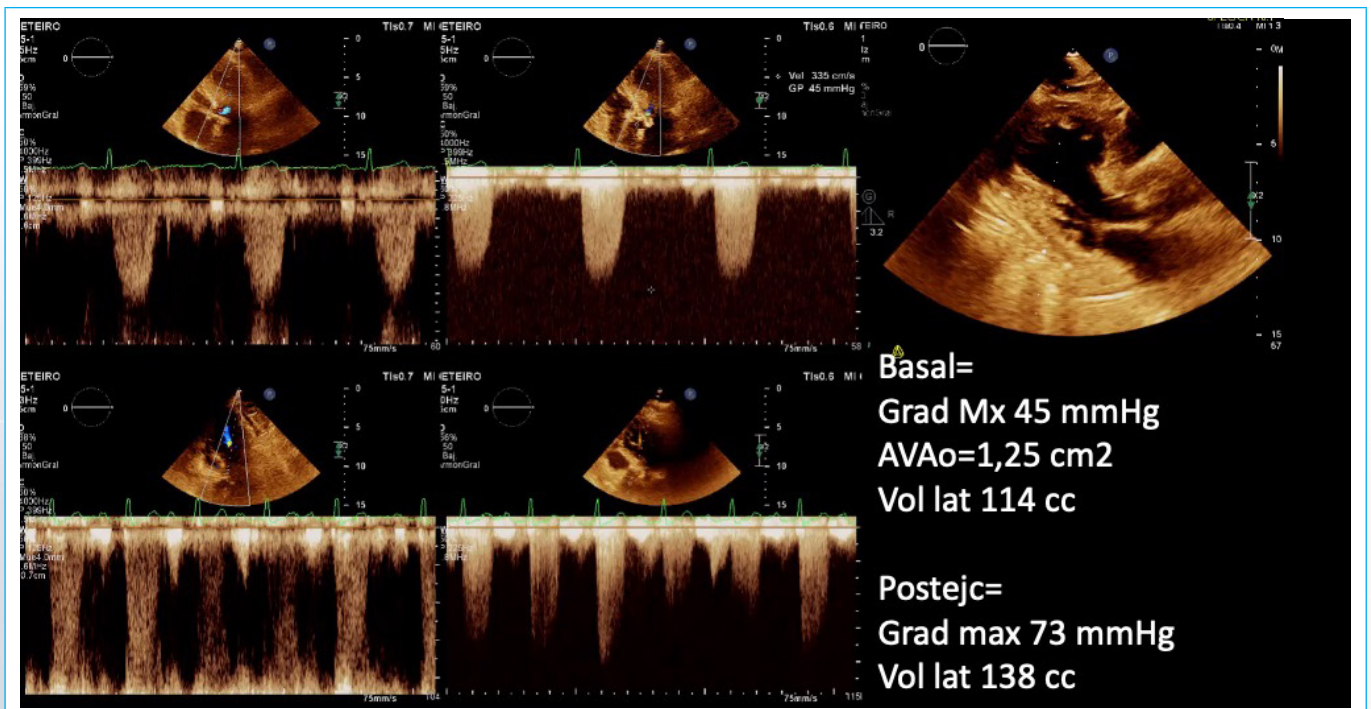
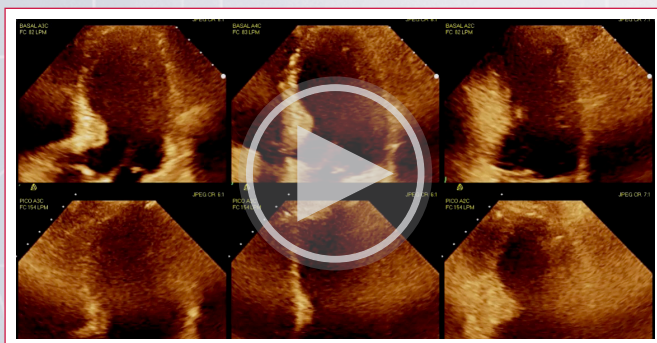
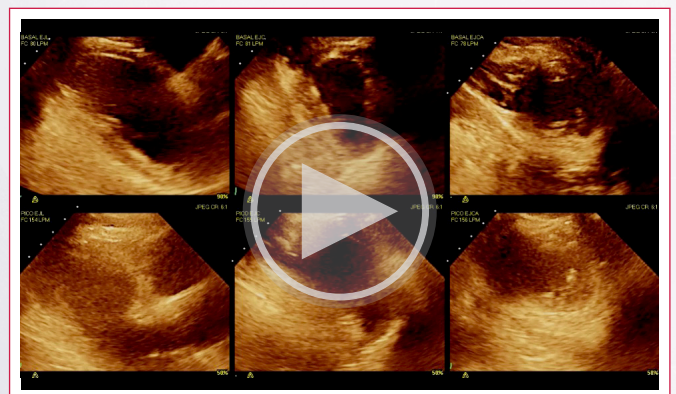


Figura 9. La dinámica de la estenosis aórtica evaluada en reposo y en posejercicio nos evidencia una estenosis aórtica moderada (AVA > 1 cm²) con gradiente máximo que se incrementa con el ejercicio, lo mismo que el volumen del latido.



Vídeo 11. Fase 1 del eco del ejercicio de 2 fases. Imágenes apicales en reposo (arriba) y pico del ejercicio (abajo) en la cinta rodante. Se trata de un resultado normal de la fase 1, con incremento de la función sistólica con el ejercicio.



Vídeo 12. Imágenes paraesternales en reposo y en pico del ejercicio. Resultado normal.

En la fase dos se observa disfunción diastólica con incremento de las presiones de llenado en reposo y en ejercicio (Figura 10).

La prueba ergométrica también fue normal clínica y en el ECG, alcanzando 8,7 MET.

En este caso ponemos de manifiesto que la fase 2 del protocolo se puede utilizar para ver la obstrucción dinámica del tracto de salida del ventrículo izquierdo en reposo y posejercicio inmediato, muestra una obstrucción dinámica con incremento del movimiento anterior sistólico (SAM) con el esfuerzo y gradientes que pasan de 16 a 63 mmHg (Figura 11).

Este caso muestra cómo podemos utilizar el protocolo para poner de manifiesto una obstrucción dinámica del flujo del tracto de salida del ventrículo izquierdo, como causa de disnea de esfuerzo en este paciente.

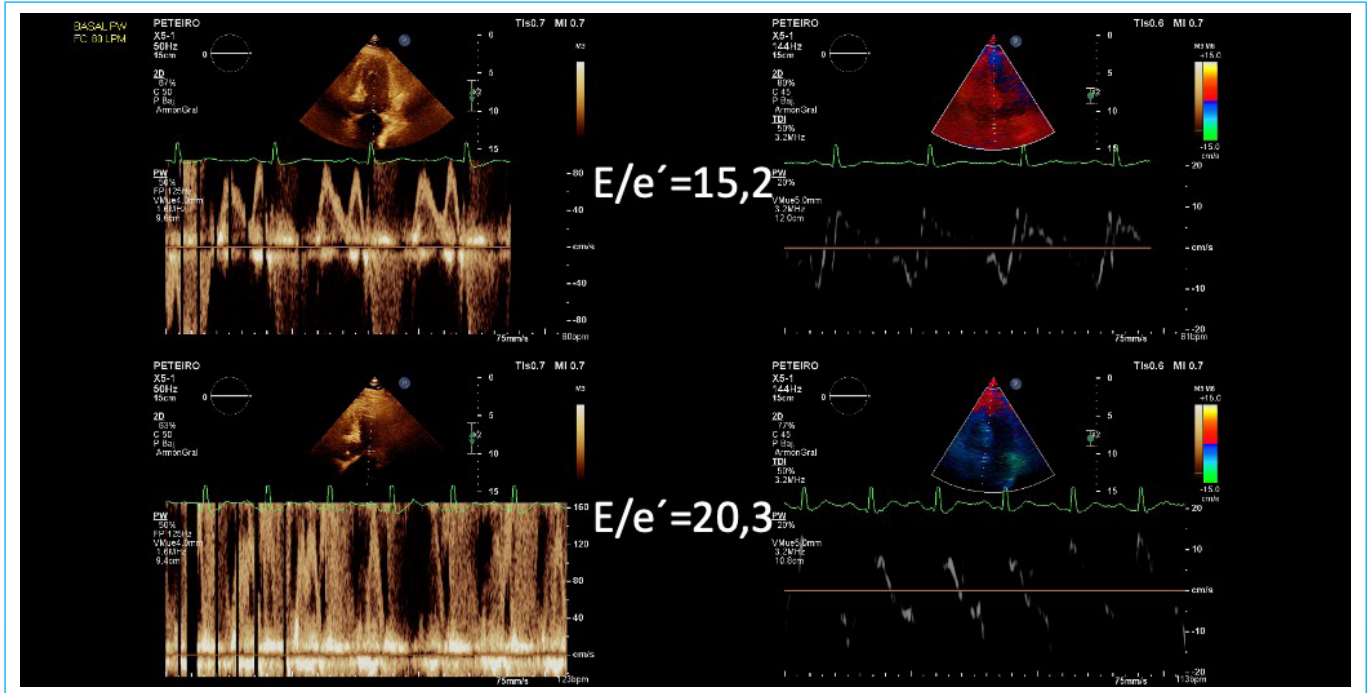


Figura 10. Fase 2 del protocolo del eco del ejercicio destinada a evaluar la función diastólica. Existe una alteración de la relajación en reposo y en el ejercicio. El E/e' pasa de 15,2 a 20,3 con el ejercicio.

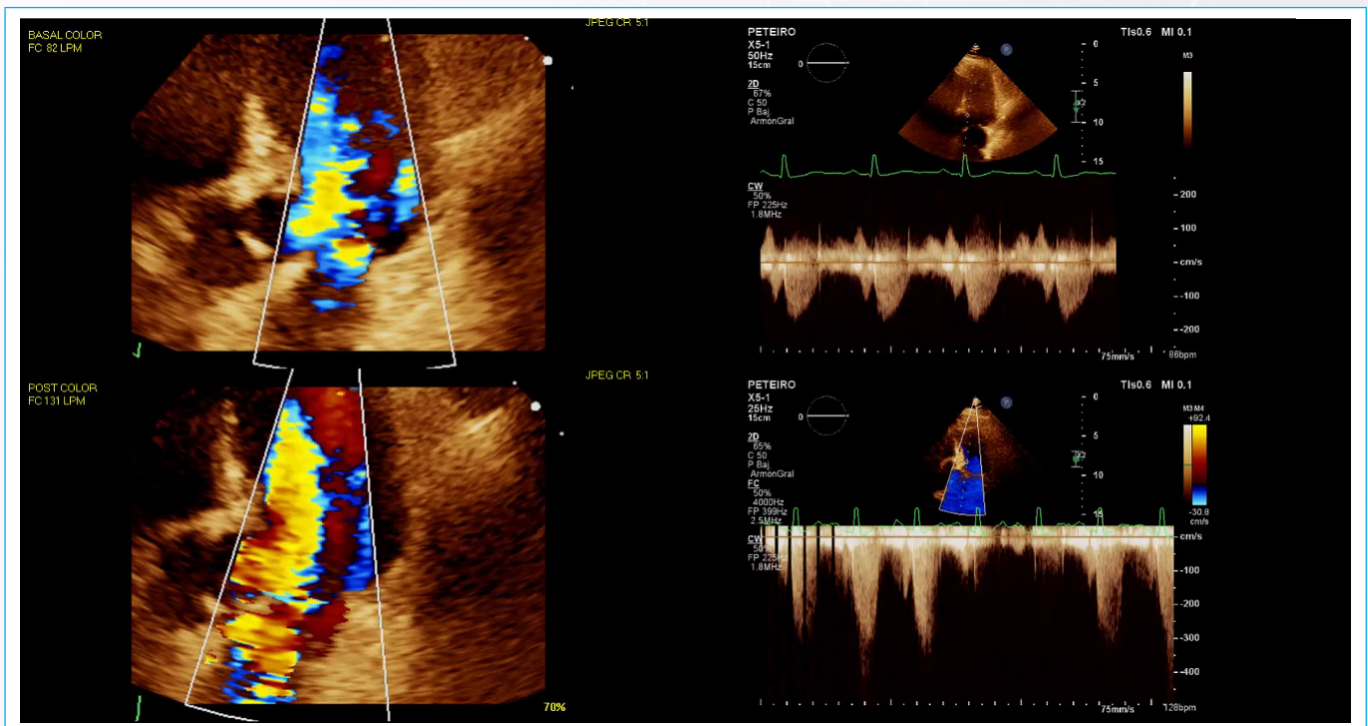


Figura 11. La dinámica de la MH evaluada en reposo y postejercicio inmediato, muestra una obstrucción dinámica con incremento del movimiento sistólico anterior (SAM) con el esfuerzo y gradientes que pasan de 16 a 63 mmHg. No hay insuficiencia mitral más allá de la mínima.

Ideas para recordar

- La ecocardiografía de ejercicio es la primera prueba clínicamente indicada cuando se quiere realizar un eco de estrés.
- El mayor consumo de O₂ se consigue con pruebas físicas que incrementen más la frecuencia cardíaca, como la cinta rodante.
- La ecocardiografía de ejercicio en cinta con el protocolo de 2 fases (fase 1 para la función sistólica y fase 2 para la función diastólica) proporciona información pronóstica y diagnóstica importantes.

Fuente de financiación

Los autores declaran que no existió ningún tipo de financiamiento.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen relaciones de interés comercial o personal dentro del marco de la investigación que condujo a la producción del artículo.

Bibliografía

- Varga A, Garcia MA, Picano E; International Stress Echo Complication Registry. Safety of stress echocardiography (from the International Stress Echo Complication Registry). *Am J Cardiol* 2006;98(4):541-3
- Rodríguez García MA, Iglesias-Garriz I, Corral Fernández F, et al. Evaluation of the safety of stress echocardiography in Spain and Portugal. *Rev Esp Cardiol* 2001; 54(8):941-8
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A. Complications of exercise echocardiography. Analysis of a cohort of 19,239 patients. *International Cardiovascular Forum Journal* 2016; 9. DOI: <https://doi.org/10.17987/icfj.v9i0.281>
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón F, et al. Value of an exercise workload ≥ 10 metabolic equivalents for predicting inducible myocardial ischemia. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013 ;6(6):899-907.
- Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, et al. 2021 AHA/ACC/AASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2021;144(22):e368-e454.
- Pellikka PA, Arruda-Olson A, Chaudhry FA, et al. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2020;33(1):1-41.e8.
- Picano E, Pierard L, Peteiro J, et al. The clinical use of stress echocardiography in chronic coronary syndromes and beyond coronary artery disease: a clinical consensus statement from the European Association of Cardiovascular Imaging of the ESC. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2024; 25(2):e65-e90.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón FJ, et al. Prognostic value of peak and post-exercise treadmill exercise echocardiography in patients with known or suspected coronary artery disease. *Eur Heart J* 2010; 31: 187-195.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Estevez R, et al. Head-to-head comparison of peak supine bicycle exercise echocardiography and treadmill exercise echocardiography at peak and at post-exercise for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25: 319-326.
- Peteiro J, Garrido I, Monserrat L, et al. Comparison of peak and post-exercise treadmill echocardiography with the use of continuous harmonic imaging acquisition. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17 (10): 1.044-1.049
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Estevez R, et al. Head-to-head comparison of peak supine bicycle exercise echocardiography and treadmill exercise echocardiography at peak and at post-exercise for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25(3):319-26.
- Caiati C, Lepera ME, Carretta D, et al. Head-to-head comparison of peak upright bicycle and post-treadmill echocardiography in detecting coronary artery disease: a randomized, single-blind crossover study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(12):1434-43.
- Peteiro J. Peak treadmill exercise echocardiography for ischemia detection. *J Clin Ultrasound*. 2022;50:1125-1133
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Barbeito-Caamaño C, et al. Additive prognostic and diagnostic value of diastolic exercise parameters in patients referred for exercise echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;24(1):108-118.
- Peteiro J, Barriales-Villa R, Larrañaga-Moreira JM, et al. Value of a comprehensive exercise echocardiography assessment for patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Cardiol*. 2021;77(5):525-531
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón J, et al. Abnormal exercise echocardiography plus abnormal E/e' ratio at exercise portends worse outcome in patients with dyspnea. *J Cardiol*. 2019;73(1):73-80
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, De Andres D, et al. Prediction of mortality by a 2-steps systolic and diastolic exercise echocardiography protocol in patients with normal left ventricular systolic function. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*, Volume 24, Issue Supplement_1, June 2023, jead119.003, <https://doi.org/10.1093/ehj-ci/jead119.003>