

# Injuria miocárdica transitoria inducida por el esfuerzo ergométrico en un paciente evaluado en la Unidad de Dolor Torácico

Melisa Teixeira<sup>1</sup>, Federico Ferrando<sup>1</sup>, Soledad Murguía<sup>1</sup>, Federico Acquistapace<sup>1</sup>, Pablo Marichal<sup>1</sup>

## Resumen

La prueba ergométrica graduada es una técnica de bajo costo que se utiliza desde hace décadas en la evaluación diagnóstica y pronóstica de la enfermedad arterial coronaria. Los signos de isquemia subepicárdica e injuria transmural inducidos por el esfuerzo, en pacientes sin historia de infarto son hallazgos que suelen indicar una enfermedad arterial coronaria significativa. Se presenta el caso de un hombre de 61 años con historia de ángor progresivo, quien durante la realización de una prueba ergométrica graduada en protocolo de Unidad de Dolor Torácico evidenció un aumento súbito del voltaje de la onda T y supradesnivel del segmento ST en las derivaciones precordiales V2 a V4. La angiografía coronaria reveló estenosis crítica de la arteria descendente anterior que requirió intervencionismo percutáneo con implante de un stent liberador de everolimus. A propósito del caso, se revisa la literatura disponible acerca de estos hallazgos inusuales en la prueba de esfuerzo, se discute su significancia diagnóstica y sus implicancias pronósticas en pacientes evaluados en la Unidad de Dolor Torácico.

**Palabras clave** PRUEBA DE ESFUERZO  
ISQUEMIA TRANSMURAL  
ELECTROCARDIOGRAFÍA

## Transient myocardial injury induced by exercise stress testing in a patient evaluated in the Chest Pain Unit

### Summary

The graded exercise test is a low-cost technique that has been used for decades in the diagnostic and prognostic evaluation of coronary artery disease. Signs of subepicardial ischemia and transmural injury induced by exercise, in patients without a history of myocardial infarction, are findings that often indicate significant coronary artery disease. We present the case of a 61-year-old man with a history of progressive angina who, during a graded exercise test performed under a Chest Pain Unit protocol, exhibited a sudden increase in T-wave voltage and ST-segment elevation in precordial leads V2 to V4. Coronary angiography revealed critical stenosis of the left anterior descending artery, requiring percutaneous intervention with the implantation of an everolimus-eluting stent. Based on this case, we review the available literature on these unusual findings during exercise testing, discussing their diagnostic significance and prognostic implications in patients evaluated in the Chest Pain Unit.

**Key words** EXERCISE TEST  
TRANSMURAL ISCHEMIA  
ELECTROCARDIOGRAPHY

---

1. Centro Cardiovascular Universitario, Hospital de Clínicas. Facultad de Medicina, Universidad de la República. Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Correspondencia: Dra. Melisa Teixeira. Correo electrónico: melisa.teixeirar@gmail.com

Recibido: May 25, 2024; aceptado: Ago 12, 2024.

## Lesão miocárdica transitória induzida pelo esforço ergométrico em um paciente avaliado na Unidade de Dor Torácica

### Resumo

O teste ergométrico graduado é uma técnica de baixo custo que vem sendo utilizada há décadas na avaliação diagnóstica e prognóstica da doença arterial coronariana. Os sinais de isquemia subepicárdica e lesão transmural induzidos pelo esforço, em pacientes sem histórico de infarto do miocárdio, são achados que frequentemente indicam uma doença arterial coronariana significativa. Apresentamos o caso de um homem de 61 anos com história de angina progressiva que, durante a realização de um teste ergométrico graduado sob protocolo da Unidade de Dor Torácica, apresentou aumento súbito na voltagem da onda T e elevação do segmento ST nas derivações precordiais V2 a V4. A angiografia coronariana revelou estenose crítica da artéria descendente anterior, exigindo intervenção percutânea com implante de stent farmacológico liberador de everolimus. A partir deste caso, revisamos a literatura disponível sobre esses achados incomuns durante o teste ergométrico, discutimos seu significado diagnóstico e suas implicações prognósticas em pacientes avaliados na Unidade de Dor Torácica.

**Palavras-chave** PROVA DE ESFORÇO  
ISQUEMIA TRANSMURAL  
ELETROCARDIOGRAMA

### Introducción

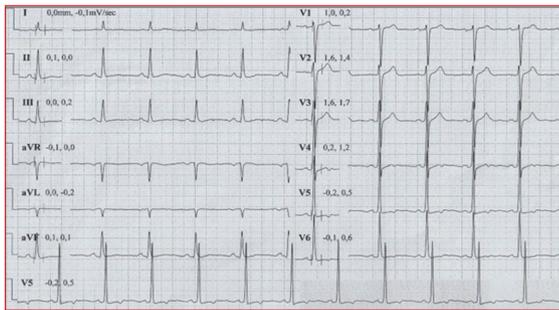
La prueba ergométrica graduada (PEG) es una herramienta ampliamente utilizada en la evaluación de la enfermedad arterial coronaria (EAC). Su rendimiento diagnóstico, en general, depende de la prevalencia de la enfermedad y de los criterios de positividad empleados<sup>(1)</sup>. Aunque su efectividad es inferior a las pruebas de imagen no invasivas, la PEG sigue siendo extensamente utilizada en las Unidades de Dolor Torácico (UDT) debido a su alta disponibilidad y bajo costo. Estas unidades se han diseñado para estratificar el riesgo en pacientes que acuden a los servicios de urgencias por dolor torácico.

Las UDT cuentan con protocolos donde aquellos pacientes en los que se plantea un síndrome coronario agudo (SCA) son sometidos a un abordaje clínico rápido y dirigido, electrocardiogramas (ECG) seriados, biomarcadores cardíacos y radiografía de tórax. Cuando se detecta un infarto agudo de miocardio (IAM) con o sin elevación del ST o angina inestable de alto riesgo, estos pacientes son remitidos rápidamente a una cineangiocoronariografía (CACG), mientras que el resto continúa la estratificación de riesgo aplicando pruebas no invasivas de detección de isquemia. Estos protocolos logran identificar pacientes que pueden ser dados de alta en forma segura con un riesgo bajo de eventos, así, se reduce el número de ingresos innecesarios y altas inapropiadas<sup>(2)</sup>. Presentamos el caso de un hombre derivado a PEG en protocolo de UDT que presentó signos de injuria miocárdica transmural reversibles asociados a afectación severa de la arteria descendente anterior (ADA).

### Caso clínico

Hombre de 61 años, tabaquista. Consulta en emergencia por ángor a mínimos esfuerzos de reciente comienzo (último episodio hace 6 horas). Al examen se destaca: lúcido, buen estado general, normocoloreado, bien hidratado y perfundido. CV: presión arterial (PA) de 170/100 mmHg, ritmo regular de 75 cpm, ruidos normofonéticos, sin soplos. Sin elementos de falla cardíaca. Pulsos arteriales periféricos presentes y simétricos.

El ECG mostraba un ritmo sinusal de 75 cpm, QRS estrecho con signos de hipertrofia ventricular izquierda y trastornos inespecíficos de la repolarización. Se realizó dosificación de biomarcadores cardíacos de alta sensibilidad (troponinas) al ingreso, a las 3 y a las 8 horas, que fueron negativos, y la analítica sanguínea básica no presentaba alteraciones. Con estos resultados se planteó el diagnóstico de ángor inestable de bajo riesgo. Continuando con el protocolo de UDT se derivó a una PEG en cinta sinfín (protocolo de Bruce), debido a la indisponibilidad de pruebas de imagen con estrés al ingreso. La probabilidad pretest de EAC fue de 94% según la clasificación de Diamond y Forrester y se encontraba en rangos de probabilidad intermedia según los nuevos algoritmos recomendados para la evaluación de pacientes con síntomas coronarios crónicos. En el gabinete de ergometría, el ECG basal no presentó cambios respecto a los trazados en emergencia (Figura 1). Al tercer minuto de la prueba, se registró aumento en amplitud de la onda T en V2-V4 (máxima en V3 de 8 mm), seguido de ángor limitante y elevación del segmento ST en V2-V3 (de casi 6 mm) con in-



**Figura 1.** Trazado de ECG basal en el gabinete de ergometría. Se observa ritmo sinusal, signos de hipertrofia del VI por voltajes y alteraciones ST-T inespecíficas que predominan en cara inferior y lateral.

fradesnivel-ST de 1 mm en cara inferior (Figura 2, panel A), que obligan a detener el esfuerzo. La máxima amplitud de la onda T (10-11 mm en V2) se registró al minuto de la recuperación (Figura 2, panel B). Presentó extrasistolía monomorfa en el posesfuerzo precoz, con morfología de BCRI y criterios de Sgarbossa (asterisco rojo Figura 2, panel B). El ángor cedió espontáneamente a los 2 minutos de la recuperación, con renivelación del segmento ST a los 6 minutos. El score de Duke marcó un riesgo intermedio, sabiendo que dicho score no tiene en cuenta los hallazgos ECG sugestivos de injuria transitoria. La probabilidad posttest para EAC fue de 99%.

El paciente fue referido de inmediato a una CACG, que evidenció una lesión crítica (90%) en el tercio medio de la ADA, en bifurcación con el segundo ramo diagonal (Figura 3). Se realizó angioplastia con implante de un stent liberador de everolimus en ADA media con apertura de sus struts hacia el ostium del segundo ramo diagonal mediante balón. Se obtuvo un buen resultado angiográfico, con flujo TIMI III, sin estenosis residuales. El ecocardiograma transtorácico evidenció un ventrículo izquierdo de dimensiones normales con espesor parietal normal, aquinesia apical e hipokinésia septal en todos sus segmentos; FEVI conservada. El paciente fue dado de alta a las 24 horas bajo doble antiagregación y terapia de prevención secundaria. No contamos con datos de la evolución ultrasonográfica en las semanas que siguieron al intervencionismo percutáneo.

## Discusión

La interpretación de los cambios ECG durante la PEG suele centrarse en el descenso del segmento ST, incluyendo su morfología, magnitud, momento de aparición, extensión (número de derivaciones) y tiempo de normalización de estos, entre otras. En efecto, el infradesnivel-ST es el hallazgo más frecuentemente encontrado en las pruebas positivas y está ampliamente descrito en la literatura.

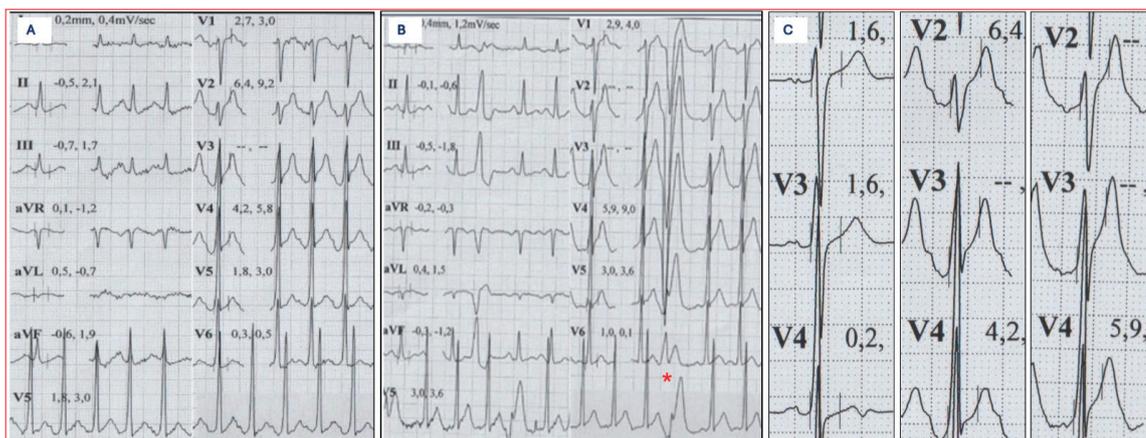
Traduce la presencia de isquemia subendocárdica inducida por aumento del consumo miocárdico de oxígeno.

Cuando existe estenosis crítica de una o más arterias coronarias, el aumento de la demanda de oxígeno inducido por el ejercicio puede resultar en injuria o lesión miocárdica, como es el caso de nuestro paciente. La elevación del segmento ST en derivaciones sin ondas Q (a excepción de AVR y V1) es la principal manifestación de injuria, hecho extremadamente infrecuente en pruebas de esfuerzo y poco estudiado. Siguiendo la secuencia de cascada isquémica, existe una reducción de la contractilidad regional del miocardio, después aparecen las alteraciones del segmento ST. El dolor precordial suele ser el último acontecimiento, pero una vez que se restablece la perfusión coronaria, esta secuencia se invierte y el dolor desaparece primero, persistiendo los cambios eléctricos de la repolarización ventricular. La contracción regional continúa deprimida durante horas o días en forma de “aturdimiento miocárdico postisquémico”, como se objetiva en el ETT realizado horas tras la angioplastia<sup>(3)</sup>.

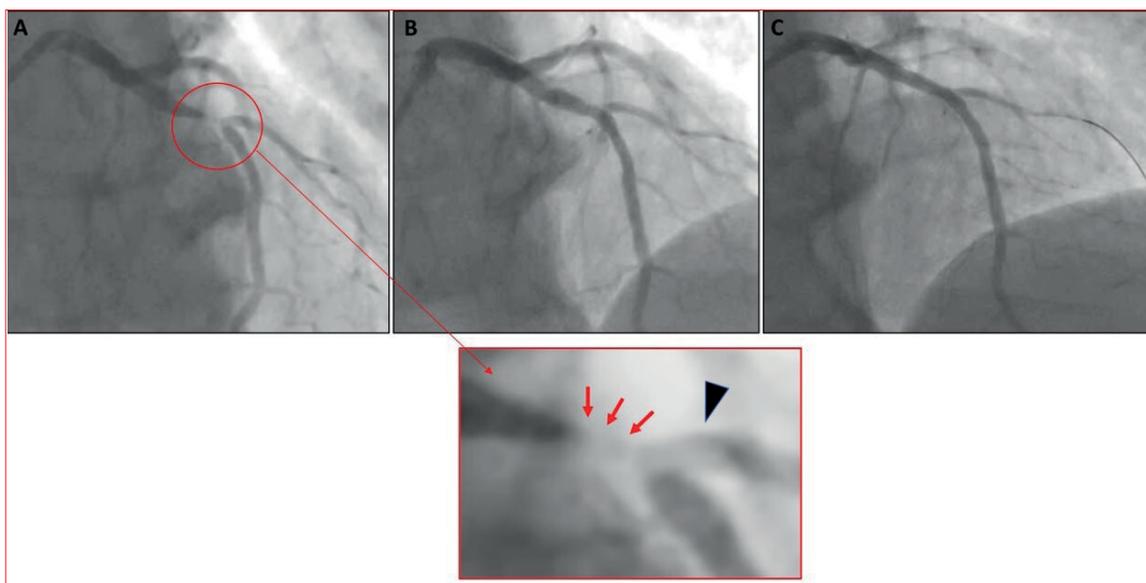
En nuestro paciente se observó un aumento marcado de la amplitud de las ondas T en derivaciones precordiales (onda T “hiperaguda”), antes de aparecer el ángor. Tanto el aumento de la amplitud de las ondas T de más de 2,5 mm en derivaciones derechas (V1 a V4) como el supradesnivel-ST de más de 1 mm son cambios eléctricos infrecuentes en pruebas de esfuerzo que, cuando están presentes, traducen isquemia grave y obligan a la confirmación angiográfica y eventual revascularización. Dado que no se evidenció elevación enzimática ni hallazgos de alto riesgo en la evaluación inicial (protocolo UDT), consideramos que los cambios clínicos y electrocardiográficos observados durante el ejercicio reflejan una caída brusca y crítica del flujo coronario por una placa de ateroma estable, la cual ya generaba un compromiso luminal significativo en condiciones de reposo. No planteamos otros mecanismos como el espasmo inducido por el ejercicio ni otras etiologías no ateroscleróticas en este contexto clínico. Los hallazgos angiográficos posteriores también descartan un mecanismo de oclusión trombótica aguda al esfuerzo con recanalización espontánea.

Tras la aplicación de un algoritmo de Diamond y Forrester para estimar la probabilidad pretest de EAC, se podría haber justificado la derivación directa a la CACG. Si se opta por uno de los nuevos algoritmos, una prueba de imagen tendría mejor rendimiento global que la PEG. En este caso, la PEG fue realizada por su disponibilidad y bajo costo al ingreso.

Quizás por su muy baja prevalencia, las experiencias que analizaron estos cambios en estudios funcionales son escasas. J.H. Lee y col. estudia-



**Figura 2.** Cambios ECG sugestivos de injuria transmural durante la PEG (protocolo de Bruce clásico). (A) Registro al máximo esfuerzo (etapa 2, minuto 6). (B) Recuperación al minuto, se observan elementos ECG que sugieren sufrimiento isquémico transmural en V2-V4, EV monomorfa con criterios de Sgarbossa (asterisco rojo). (C) Magnificación de derivaciones V2-V4 en condiciones basales, al máximo esfuerzo y al primer minuto de la recuperación.



**Figura 3.** Hallazgos de la angiografía coronaria y resultados del intervencionismo. Angiografía coronaria en proyección craneal a 30°, donde se observa estenosis crítica de ADA media (A flechas rojas), en la bifurcación con el segundo ramo diagonal (flecha negra). Se realizó angioplastia de ADA con 1 stent liberador de everolimus (B). Para finalizar se realizó apertura de los struts hacia ramo diagonal con balón (C), con resultado angiográfico exitoso.

ron el valor del aumento de amplitud de la onda T en derivaciones derechas durante el ejercicio. Analizaron retrospectivamente las PEG de 222 pacientes con historia de ángor, a los cuales se les realizó CACG, comparándolas con las PEG de 38 voluntarios asintomáticos. Se excluyeron aquellos pacientes con estenosis coronarias moderadas. Aquellos con estenosis leve ( $\leq 30\%$ ) fueron considerados “normales” y aquellos con estenosis severa ( $> 70\%$ ), “anormales”. Comparando los cambios en la

amplitud de la onda T entre los distintos grupos, los autores encontraron que V2 era la única derivación con aumento significativo de voltaje de la onda T en pacientes con EAC, sobre todo en aquellos con estenosis de la ADA, y que un aumento en la amplitud  $\geq 2,5$  mm tenía una especificidad de 95% para el diagnóstico de isquemia<sup>(4)</sup>.

La elevación transitoria del segmento ST durante el ejercicio puede ocurrir en derivaciones con ondas Q patológicas o sin ondas Q. Estas si-

tuaciones obedecen a distintos mecanismos fisiopatológicos y tienen diferente valor pronóstico. En el primer caso, se cree que los cambios se deben a la disquinesia producida por el área necrótica o aneurismática ventricular, aunque hay trabajos que sugieren que se deba a la existencia de músculo viable y potencialmente salvable<sup>(5)</sup>. En cambio, cuando el supradesnivel-ST se observa en derivaciones sin ondas Q, suele traducir injuria transmural, lo cual es un indicador de EAC significativa. El estudio más grande hasta la fecha sobre estas alteraciones en pacientes sin SCA fue realizado por Murphy J. C. y col., quienes analizaron una cohorte de 19.941 individuos sin historia de IAM u ondas Q patológicas con dolor torácico estudiados con PEG. De estos, 116 (0,71%) presentó supradesnivel-ST, definido como una elevación del segmento ST de 0,1 mV medido a 0,08 segundos del punto J, en dos o más derivaciones contiguas y en tres o más latidos consecutivos; la mayoría en la etapa 1 y 2 del protocolo de Bruce. A 108 pacientes se les realizó CACG y todos tenían al menos una estenosis coronaria severa. Los autores concluyeron que, si bien la elevación del segmento ST es un fenómeno raramente observado en pruebas de esfuerzo, cuando está presente es traducción inequívoca de estenosis coronaria severa y mal pronóstico<sup>(6)</sup>. Estudios publicados posteriormente apoyaron estos resultados. Beinart y col. analizaron 29.002 pacientes con dolor torácico a los cuales se realizó centellograma de perfusión miocárdica. Dentro de ellos, 39 pacientes presentaron supradesnivel-ST (31 durante el ejercicio y 8 tras la infusión de dipiridamol). Todos ellos presentaban EAC severa en la CACG. Los autores no encontraron diferencias significativas en cuanto a la morfología del segmento ST (cóncava/convexa, con/sin infradesnivel especular), la anatomía coronaria o la gravedad de la EAC<sup>(7)</sup>.

## Conclusión

La PEG sigue siendo una prueba útil en el algoritmo diagnóstico de la EAC, especialmente en aquellos individuos con probabilidad pretest intermedia. Aunque son muy infrecuentes en el contexto de las UDT, los cambios eléctricos sugestivos de injuria transmural transitoria al esfuerzo son marcadores de una EAC grave que requiere derivación urgente a una angiografía coronaria.

## Bibliografía

1. Arós F, Boraita A, Alegría E, Alonso ÁM, Bardají A, Lamiel R, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. *Rev Esp Cardiol*. 2000;53(8):1063-94.
2. Bassan R, Gibler W B. Unidades de dolor torácico: estado actual del manejo de pacientes con dolor torácico en los servicios de urgencias. *Rev Esp Cardiol*. 2001;54(9):1103-9.
3. Duncker. DJ y Canty. JM. Flujo sanguíneo coronario e isquemia miocárdica. En: Zipes D, Libby P, Bonow R, et al, editor. *Tratado de Cardiología Braunwald*. 11th. ed. Madrid: Elsevier; 2019. p. 1069-94.
4. Lee JH, Crump R, Ellestad MH. Significance of precordial T-wave increase during treadmill stress testing. *Am J Cardiol*. 1995;76(17):1297-9. doi: 10.1016/s0002-9149(99)80359-2.
5. Higgins JP, Higgins JA. Electrocardiographic exercise stress testing: an update beyond the ST segment. *Int J Cardiol*. 2007;116(3):285-99. doi: 10.1016/j.ijcard.2006.04.047.
6. Murphy JC, Scott PJ, Shannon HJ, Glover B, Dougan J, Walsh SJ, et al. ST elevation on the exercise ECG in patients presenting with chest pain and no prior history of myocardial infarction. *Heart*. 2009;95(21):1792-7. doi: 10.1136/hrt.2008.163691.
7. Beinart R, Matetzky S, Shechter M, Fefer P, Rozen E, Beinart T, et al. Stress-induced ST-segment elevation in patients without prior Q-wave myocardial infarction. *J Electrocardiol*. 2008;41(4):312-7. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2007.12.005.

Melisa Teixeira, ORCID:0009-0000-5753-2751.  
Federico Ferrando, ORCID:0000-0001-7873-9452.  
Soledad Murguía, ORCID:0000-0001-8135-7316.  
Federico Acquistapace, ORCID: 0000-0003-0879-9227.  
Pablo Marichal, ORCID: 0009-0000-9417-6688.

Editores responsables: Dres. Victoria Ramos y Jorge Estigarribia.