

BASES DE LA MEDICINA CLÍNICA

Unidad:
CARDIOLOGÍA

Tema:
TEST DE ESFUERZO

Dra. Inés Barquín De la Cuadra



1. Introducción

El ejercicio es un stress fisiológico usado para detectar anomalías cardiovasculares no presentes en reposo y para determinar una adecuada función cardíaca.

El test de esfuerzo es uno de los exámenes no invasivos realizados con mayor frecuencia para estudiar a pacientes con sospecha de cardiopatía coronaria y determinar pronóstico y capacidad funcional en pacientes con enfermedad coronaria ya probada.

2. Bases fisiológicas

Durante el ejercicio se produce un aumento de los requerimientos de O_2 por parte del músculo esquelético y cardíaco (aumento de la demanda), lo que desencadena mecanismos para aumentar la oferta de O_2 , la que aumenta hasta 10 veces el valor basal.

Los factores que contribuyen al consumo de O_2 se explican por la fórmula de Fick, donde Fc es frecuencia cardíaca, Gs gasto sistólico y $DavO_2$ diferencia arteriovenosa de oxígeno.

$$VO_2 = Fc \times Gs \times DavO_2$$

El aumento del aporte de O_2 se consigue elevando el gasto cardíaco y la diferencia arteriovenosa de oxígeno. (fig 1) El gasto sistólico aumenta con el ejercicio 5-6 veces, debido a un aumento en la Fc y del volumen de eyección o volumen sistólico.

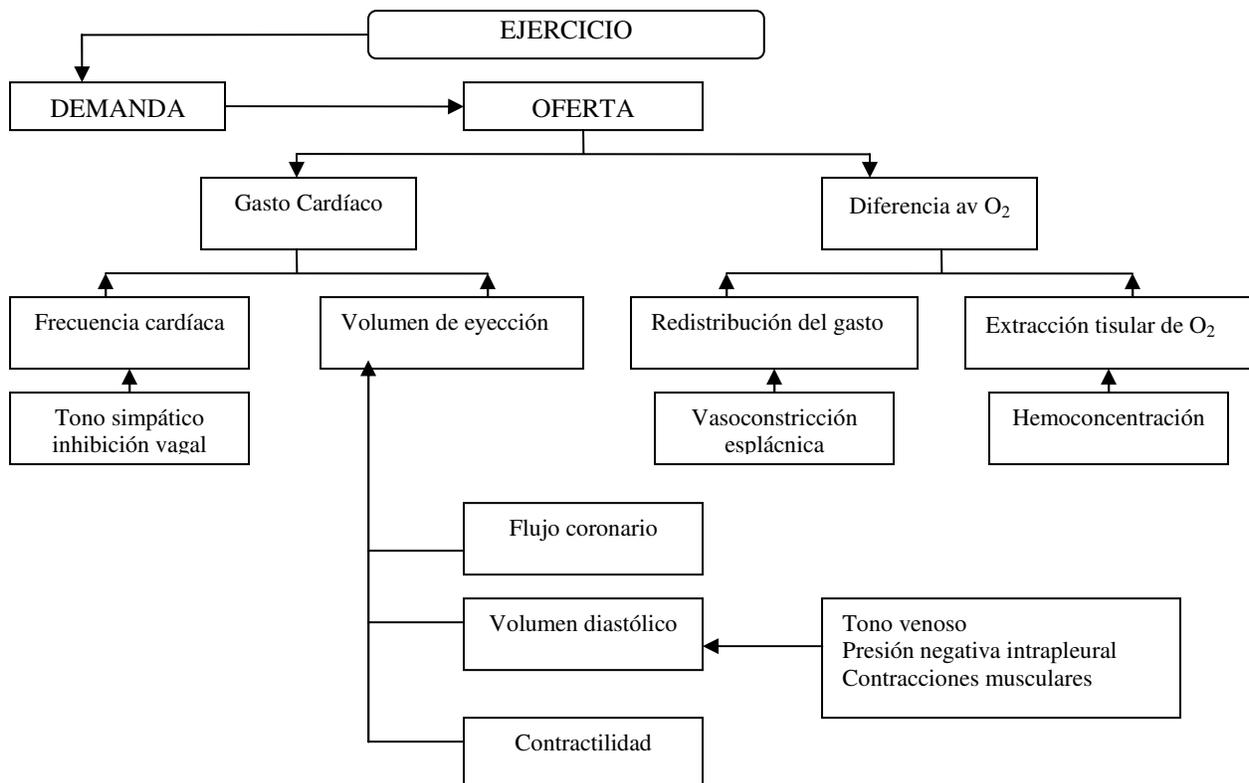
El incremento del volumen sistólico durante el ejercicio se debe a que hay un aumento del volumen de llenado o diastólico, al tiempo que aumenta la contractilidad y el flujo coronario. La Fc y la presión arterial sistólica aumentan paulatinamente con el ejercicio hasta llegar al esfuerzo máximo donde se estabilizan, en cambio la presión diastólica se mantiene o disminuye por vasodilatación periférica.

Con el ejercicio se incrementa el consumo de O_2 hasta un límite, en el cual a pesar de aumentar la carga de trabajo, el consumo de O_2 no se modifica (consumo máximo de O_2 o $VO_{2\text{ máx}}$) y es el índice que mide con mayor exactitud la capacidad funcional de un individuo. La diferencia arteriovenosa de O_2 aumenta con el ejercicio, por un lado por una redistribución del gasto cardíaco y por una mayor extracción tisular de oxígeno.

Si hay isquemia miocárdica por obstrucción del flujo coronario, no evidente en reposo, durante el ejercicio se hace manifiesta a través de alteraciones electrocardiográficas, al producirse un aumento en la demanda de O_2 y no así de la oferta por existir obstrucción coronaria. El desequilibrio entre la oferta y la demanda de O_2 produce hipoxia tisular, que lleva a una glucólisis anaeróbica con acumulación de ácido láctico y descenso del pH y acidosis metabólica. Esta acidosis produce una alteración en el transporte del calcio, lo que significa en un principio una disminución de la relajación ventricular (disfunción diastólica)

y posteriormente una disminución de la contractilidad miocárdica (disfunción sistólica). Estas alteraciones en el metabolismo tisular y en la contractilidad ocurren en ausencia de síntomas. La alteración de la función ventricular produce dilatación y aumento de la presión telediastólica del ventrículo izquierdo, lo que hace que disminuya el flujo sanguíneo al subendocardio, se manifiesten las alteraciones electrocardiográficas y posteriormente aparezca el dolor anginoso.

Fig 1.- Modificaciones de la oferta y la demanda durante el ejercicio



3. Indicaciones de la prueba de esfuerzo:

1. Diagnóstico de enfermedad coronaria, este examen es útil en pacientes con una **probabilidad intermedia** de tener cardiopatía coronaria, no variando la posibilidad diagnóstica en pacientes con probabilidad baja o alta (Tabla 1)
2. Estratificación de riesgo en pacientes con enfermedad coronaria probable o conocida, como primera evaluación para determinar aquellos pacientes de alto riesgo que deben ir a estudio posterior con coronariografía y los pacientes que han cambiado en forma significativa su status clínico.
3. Después de un IAM: para evaluación pronóstica, prescripción de actividad física o incorporación a un programa de Rehabilitación Cardíaca y evaluación de terapia médica.

4. Post revascularización miocárdica (angioplastia coronaria o cirugía de by pass coronario): si reaparecen síntomas sugerentes de isquemia y para prescripción de actividad física o incorporación a un programa de Rehabilitación Cardíaca
5. Indicación clase IIb (probablemente no apropiada)
 - a) pacientes asintomáticos sin enfermedad coronaria conocida
 - con múltiples factores de riesgo
 - hombres >40 años y mujeres >50 años previo a entrenamiento físico
 - con alto riesgo de enfermedad coronaria por otras patologías, ej insuficiencia renal crónica
 - sujetos con enfermedad laboral de riesgo
 - b) pacientes valvulares: para evaluar capacidad de ejercicio

Tabla 1.- Probabilidad de Enfermedad Coronaria según edad, sexo y síntomas

Edad (años)	Sexo	Angina típica	Angina atípica	Dolor torácico no anginoso	Asintomático
30-39	Hombres	Intermedia	Intermedia	Baja	Muy baja
	Mujeres	Intermedia	Muy baja	Muy baja	Muy baja
40-49	Hombres	Alta	Intermedia	Intermedia	Baja
	Mujeres	Intermedia	Baja	Muy baja	Muy baja
50-59	Hombres	Alta	Intermedia	Intermedia	Baja
	Mujeres	Intermedia	Intermedia	Baja	Muy baja
60-69	Hombres	Alta	Intermedia	Intermedia	Baja
	Mujeres	Alta	Intermedia	Intermedia	Baja

4. Contraindicaciones de Test de esfuerzo:

Absolutas

1. Infarto agudo miocardio (2 días)
2. Angina inestable no estabilizada con terapia médica
3. Estenosis aórtica severa sintomática
4. Insuficiencia cardíaca descompensada
5. Arritmias ventriculares graves
6. Miocarditis, pericarditis
7. Disección aórtica aguda

Relativas

1. Estenosis tronco coronaria izquierda
2. Estenosis aórtica moderada
3. Hipertensión arterial severa
4. Miocardiopatía hipertrófica obstructiva
5. Bloqueo AV de grado
6. Alteraciones electrolíticas

5. Tipos y protocolos de pruebas de esfuerzo

Las pruebas de esfuerzos más comunes son las realizadas en cicloergómetro y en cinta sin fin o treadmill, siendo esta última de uso más generalizado en los distintos centros del mundo.

La prueba de esfuerzo en cinta sin fin o treadmill consiste en hacer caminar al paciente sobre una cinta rodante que aumenta en velocidad y pendiente según el protocolo utilizado.

El más popular es el protocolo de Bruce, en el cual cada 3 minutos se aumenta la velocidad y pendiente, siendo bien tolerado por la mayoría de los pacientes. En pacientes de edad avanzada o con muy poca capacidad física, pueden usarse otros tipos de protocolos, donde la duración del ejercicio es mayor, las cargas de trabajo iniciales menores y el incremento de éstas de forma más paulatina.

La ergometría se suspenderá porque se han alcanzado los objetivos de la prueba (se alcanza la frecuencia cardíaca máxima teórica, FCMT) o porque hay signos clínicos y electrocardiográficos que hacen recomendable no continuarla por seguridad del paciente. Entre estos últimos podemos nombrar: agotamiento físico, angina progresiva, mareos o inestabilidad, descenso progresivo de la presión arterial, elevación excesiva de ésta (>250/130mmHg), alteraciones del ritmo importantes, depresión del ST >4 mm o ascenso del ST >2 mm en ausencia de infarto previo.

Fig 2.- Cinta Treadmill



TE válido o resultados
confiables

Si se logra FCMT = $220 - \text{EDAD}$
o el 85% de FCMT

6. Interpretación de la prueba de esfuerzo

6.1. Criterios de positividad de isquemia miocárdica

Es criterio de positividad **clínica** la aparición de dolor anginoso durante la prueba de esfuerzo y positividad **eléctrica** la presencia de cambios electrocardiográficos.

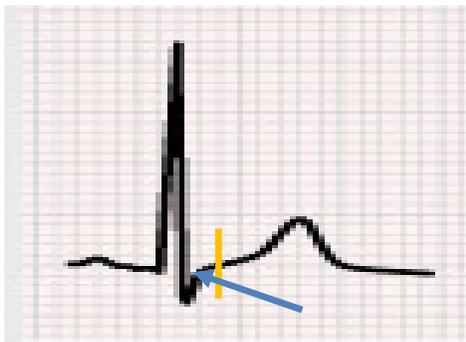
Una prueba se considera positiva si hay un descenso del segmento ST igual o mayor a 1 mm, medido a los 80 msec desde el punto J (unión del complejo QRS con el segmento ST).

También puede ocurrir, con mucha menor frecuencia, ascenso igual o mayor a 1 mm y en ausencia de Infarto miocárdico previo, traduce espasmo coronario o enfermedad coronaria grave.

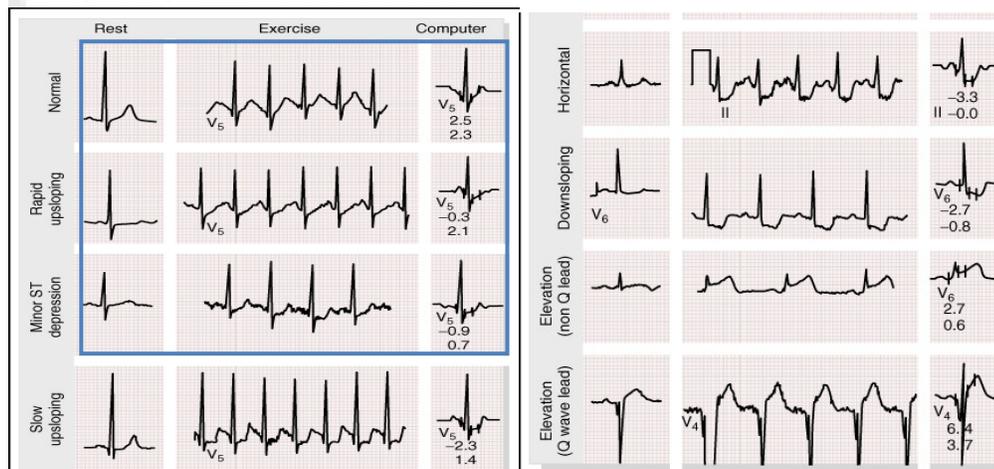
La aparición de síntomas como disnea o fatiga muscular desproporcionadas al esfuerzo realizado, puede ser expresión de un gasto inadecuado. Si la frecuencia cardíaca o la presión arterial no se elevan acordes con el nivel de esfuerzo realizado, se debe sospechar la existencia de cardiopatía coronaria severa con alteración en la función ventricular.

La presión arterial debe aumentar con el esfuerzo al menos 10 mmHg y superar los 110 mmHg. La hipotensión de esfuerzo se considera un signo de pronóstico desfavorable.

Fig 3.- Infradesnivel del ST



Complejo normal
Flecha azul marca punto J, línea amarilla 0,80 desde el punto J, donde debe hacerse medición del ST



Las 3 primeras formas de ST, (enmarcadas en azul) están en rango normal. El resto es patológico

6.2. Valoración de la capacidad física

La forma más útil de definir la capacidad funcional es determinando el consumo máximo de Oxígeno durante la ergometría, pero es de compleja medición como para hacerlo rutinariamente. Desde el punto de vista práctico, es útil la determinación indirecta del consumo de oxígeno mediante diferentes tablas que permiten efectuar el cálculo, a partir del sexo, edad, nivel de entrenamiento, etapa del esfuerzo alcanzada de un determinado protocolo, etc.

Otra forma de conocer el estado funcional de la persona, es conociendo el gasto energético realizado, en MET (equivalente metabólico). Una persona sana, en reposo consume 200-300 ml de O_2 /min,

siendo 1 MET igual a 3,5 ml O₂/kg/min. Así, un individuo sedentario puede alcanzar 9-11 MET, mientras que sanos no sedentarios pueden llegar a 16 MET.

De acuerdo con en el nivel de esfuerzo alcanzado y el gasto energético habido, podemos clasificar según estado funcional en los siguientes grados:

- Grado I: alcanza de 7 a 16 MET
- Grado II: alcanza de 5 a 6 MET
- Grado III: alcanza de 2 a 4 MET
- Grado IV: alcanza de 1 a 2 MET

Otro de los índices relacionados con la capacidad funcional, es el cálculo del doble producto, producto de la presión arterial sistólica máxima alcanzada por la frecuencia cardíaca al final del máximo esfuerzo.

6.3. Criterios de gravedad de una prueba de esfuerzo

- 6.3.1. Prueba limitada por síntomas: incapacidad de completar etapa II de protocolo de Bruce o su equivalente en otros protocolos (< 6,5 MET)
- 6.3.2. Incapacidad de superar frecuencia cardíaca de 120 latidos por minuto en ausencia de B-Bloqueadores
- 6.3.3. Comportamiento anormal de la presión arterial sin incremento o incluso disminuyendo.
- 6.3.4. Aparición de alteraciones electrocardiográficas significativas (depresión del segmento ST de 2mm o más), precoces (en estadio I de protocolo de Bruce) y persistentes (5 minutos o más de la etapa de recuperación)
- 6.3.5. Elevación del segmento ST en ausencia de Infarto previo
- 6.3.6. Cuando se suman varios de estos parámetros, el enfermo es catalogado de alto riesgo al asociarse con frecuencia a enfermedad coronaria grave.

Bibliografía

- Guías de American College of Cardiology /American Heart Association (ACC/AHA)
- Heart Disease 6th Edition; Braunwald, Zipes, Libby. Electrocardiografía clínica; C.Castellano, M.A. Pérez de Luna, J.S.Espinoza

Casos Clínicos

Caso Clínico 1

Paciente sexo femenino de 55 años, fumadora e hipertensa en tratamiento, refiere dolor tipo punzante en región precordial de duración variable sin clara relación con el esfuerzo, desde hace 3 meses.

Pregunta 1

¿Ud le haría un test de esfuerzo (TE) para precisar diagnóstico de cardiopatía coronaria?

- No, porque es muy riesgoso hacer un TE si un paciente es hipertenso
- No, porque no me va a ayudar a precisar el diagnóstico
- Sí, porque me interesa saber el riesgo que tiene esta paciente
- Sí, porque tiene una probabilidad intermedia pretest de tener enfermedad coronaria
- No, porque tiene una probabilidad alta pretest de tener enfermedad coronaria

Respuesta correcta D.

El TE tiene indicación diagnóstica en los pacientes que tienen probabilidad intermedia pre test como esta paciente con un cuadro de angina atípica. (Tabla 1)

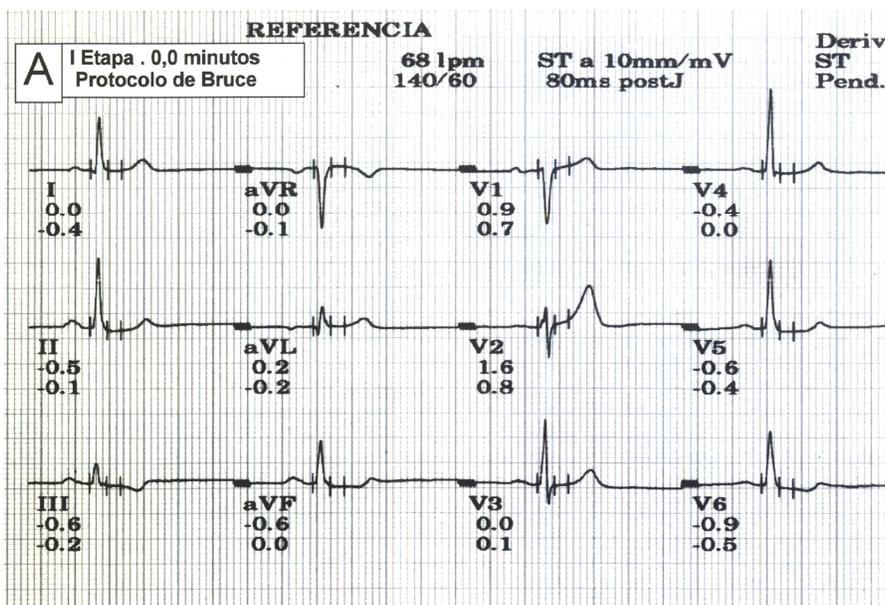
Pregunta 2

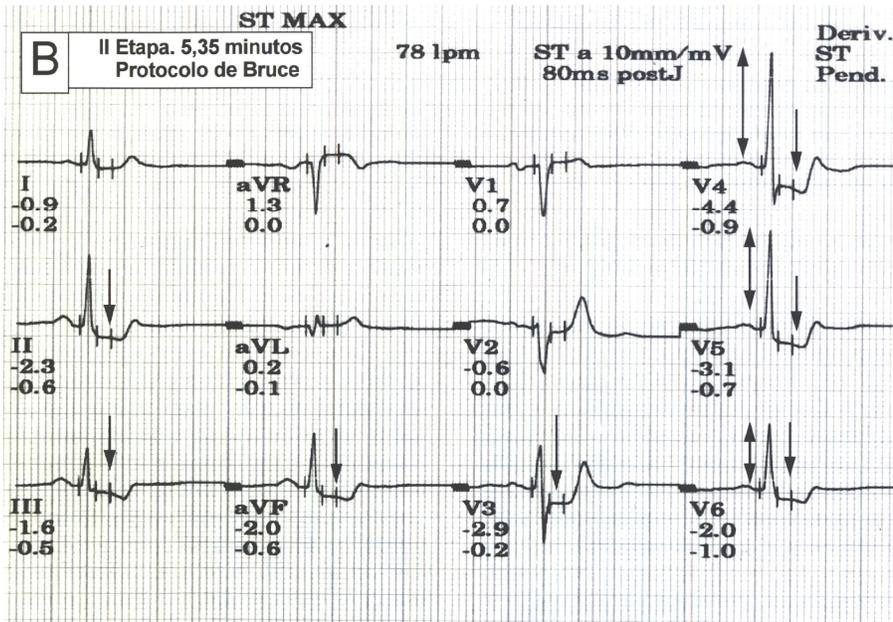
Se hizo test de esfuerzo a la paciente, la prueba se detuvo a los 5'35" por presentar dolor de similares características a las antes mencionadas. La figura A es el ECG basal y la B el ECG al final del test. ¿Cuál sería su interpretación del test de esfuerzo?

- Está alterado pero no aclara el diagnóstico
- Nos da una orientación diagnóstica y pronóstica
- Nos da una orientación diagnóstica
- Está alterado, por el síntoma angina
- La alteración al ECG no es categórica

Respuesta correcta es B.

Hay un infradesnivel del ST descendente, claramente patológico y al presentarse antes de los 6 minutos (especialmente si es en los primeros 3 minutos), nos orienta a patología coronaria más grave, o sea, tiene un valor pronóstico además de diagnóstico.





Caso Clínico 2

Paciente sexo masculino de 68 años, con antecedentes de HTA y DM de larga data. Ingresó por un IAM de pared inferior Killip I, con buena respuesta a terapia con trombolíticos y sin complicaciones posteriores. Está en condiciones de alta.

Pregunta 1

Previo al alta, ¿el paciente tiene indicación de TE?:

- Sí, para saber CF (capacidad funcional) e indicarle ejercicio según ésta
- Sí, para descartar arritmias post IAM
- No, porque tuvo un IAM no complicado
- No, porque hay que hacer coronariografía de inmediato
- Sí, para evaluar si hay isquemia residual

Respuesta correcta E

Un paciente posterior a IAM no complicado tiene indicación de TE previo al alta para evaluar posible isquemia residual. Si el test de esfuerzo es positivo para isquemia, debe realizarse coronariografía. Si es negativo para isquemia, nos va a permitir entrenarlo físicamente en un programa de Rehabilitación cardiaca, calculando el 70-75% de la FCMO (Frecuencia cardiaca máxima observada) e ir aumentando progresivamente hasta 85% de FCMO en fases avanzadas de entrenamiento.

Pregunta 2

Se realiza el TE que está a continuación. La prueba se detuvo por disnea a los 3'01", alcanzando FC de 122x' (trazado A) El trazado B es 2'50" de la etapa de recuperación. ¿Cuál sería su interpretación del test de esfuerzo?

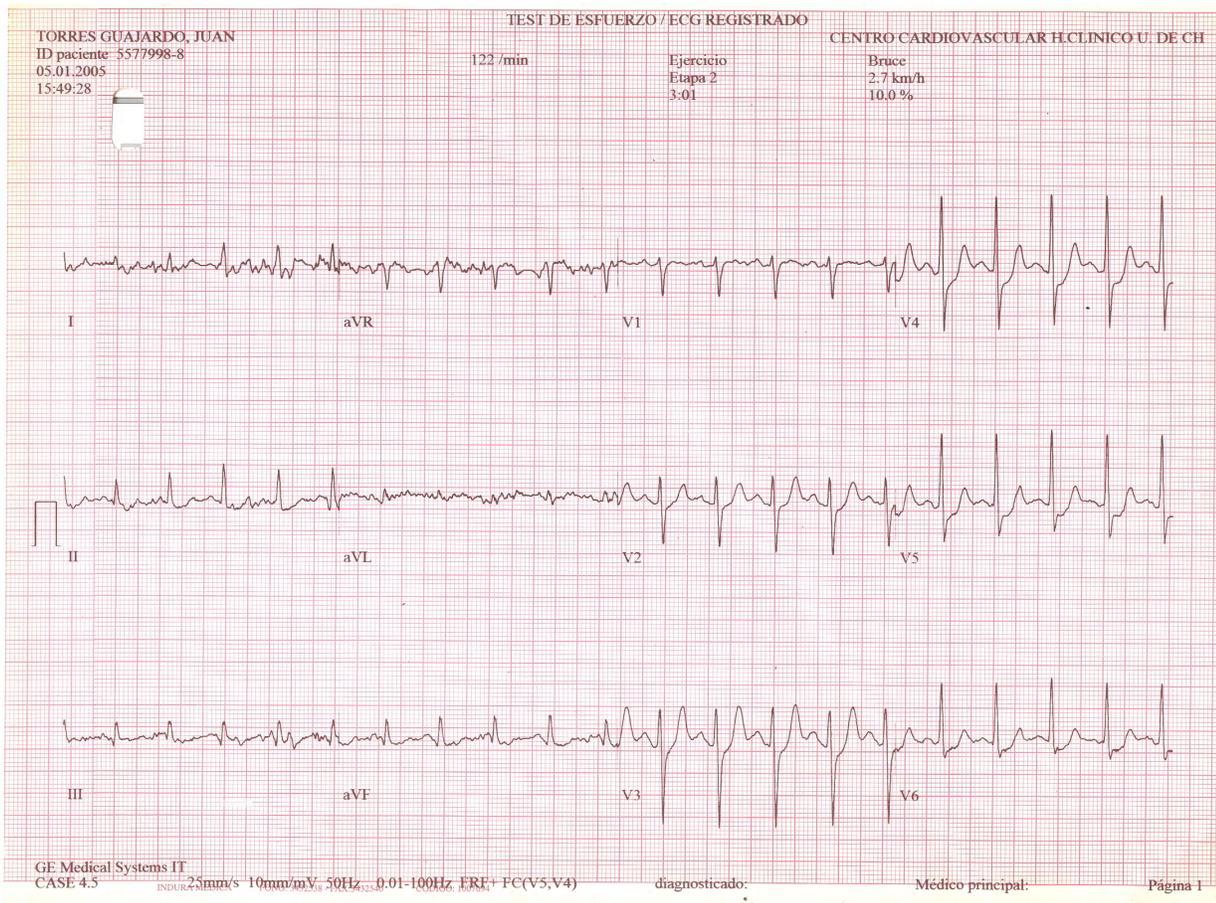


- a. Está alterado, hay alteraciones sugerentes de isquemia residual
- b. Está alterado, hay alteraciones sugerentes de Insuficiencia cardiaca
- c. Nos permite calcular FCE (Frecuencia Cardiaca de Entrenamiento) para enviarlo a Rehabilitación Cardiaca
- d. Está alterado, pero no aclara el diagnóstico
- e. Es un resultado esperable en un paciente post IAM desacondicionado físicamente

Respuesta correcta A

El TE está alterado precozmente, (3min) lo que orienta a una patología coronaria severa con isquemia residual post IAM. Debe realizarse por lo tanto Coronariografía para decidir conducta. Incluso en etapa de recuperación las alteraciones ECG son más evidentes con un infradesnivel más acentuado y descendente.

TRAZADO A





TRAZADO B

