

Tema de actualidad

Estado actual del electrocardiograma de esfuerzo

Current status of the exercise ECG

V. F. FROELICHER, M.D.
Associate Professor of Medicine

From the Division of Cardiology, Department of Medicine,
University of California, San Diego

Presentado en el XVIII Congreso
de Cardiología Argentina, el X Congreso Sudamericano de
Cardiología y el Simposio Internacional
de Técnicas No Invasivas.

Supported by Specialized Center of Research
on Ischemic Heart Disease, NIH Research Grant
HL-17682 Awarded by the National Heart, Lung,
and Blood Institute awarded to John Ross, Jr. M.D.

There has been a renewed emphasis on the total approach to the analysis of the exercise test. Other objective and subjective results need to be considered besides just ST-segment depression. ST-segment elevation and U wave inversion are ominous findings that are relatively insensitive but highly specific. R wave amplitude changes are normal phenomena and failure for them to decrease during exercise probably is due to submaximal stress, and currently they are not reliable indicators of coronary disease or left ventricular dysfunction. The monitoring of multiple leads or the consideration of spatial changes using the Frank leads and computers should improve the diagnostic value of the test. Bayes' theorem and the predictive model explain how the test has a different diagnostic impact in different populations. The exercise test not only is a diagnostic tool but has other valuable applications. It probably will remain for some time the most useful office and clinic tool in Cardiology.

Hay un énfasis renovado en el método de análisis de la prueba de esfuerzo. Además de la depresión del segmento ST es necesario tener en cuenta otros resultados objetivos y subjetivos. La elevación del segmento ST y la inversión de la onda U son descubrimientos ominosos, relativamente insensibles pero altamente específicos. Los cambios en la amplitud de la onda R son un fenómeno normal y si no se logra disminuirlos durante el esfuerzo, probablemente se deba a un stress submáximo. Comúnmente no son indicadores confiables de enfermedad coronaria o disfunción ventricular izquierda. El monitoreo de derivaciones múltiples o la consideración de cambios de espacio usando las derivaciones de Frank y computadoras, pueden mejorar el valor diagnóstico de la prueba. El teorema de Bayes y el modelo de predicción explican cómo la prueba tiene un diferente valor de diagnóstico en poblaciones diferentes. La prueba ergométrica no es solamente un elemento de diagnóstico sino que tiene otras aplicaciones valiosas. Probablemente seguirá siendo por algún tiempo el elemento clínico más útil en Cardiología.

Dirección postal:
Address for reprints:
Division of Cardiology, Department of Medicine,
University of California,
San Diego, California, USA.

El esfuerzo es el mejor test dinámico del corazón entre todos los tipos de stress que se han usado

Although many different types of stresses have been used to bring out ECG changes consistent with myocardial ischemia, exercise is the best dynamic test of the heart since it is man's most common physiological stress. The exercise ECG test is the most practical and useful procedure in clinical practice because of its many applications and results. In regard to medical economics, the exercise test is the best way of determining which patients need or do not need more expensive diagnostic or therapeutic procedures. This chapter will discuss the current applications, methodology and interpretation of exercise ECG testing.

APPLICATIONS

To diagnose chest pain and other cardiac findings: The exercise test may be used to evaluate patients currently symptomatic with chest pain, patients with a past history of worrisome chest pain, or patients with other findings suggestive, but not diagnostic, of coronary artery disease. Such other suggestive findings include extra sounds, murmurs, abnormal precordial impulses, cardiac enlargement, and resting electrocardiographic abnormalities such as right bundle branch block, nonspecific ST and T wave changes, or non-diagnostic Q waves. The questions posed to the clinician by such patients would be: is this chest pain, previous episode of chest pain, or this finding due to coronary artery disease? The results of exercise testing along with the clinical presentation can help establish the probability of such patients having coronary artery disease. The evaluation of the patient with chest pain is probably the most common use of exercise testing in clinical practice.

To determine prognosis and severity of disease: Exercise testing may be used to determine the prognosis of patients with coronary artery disease. The results of an exercise test can help to establish the risk of mortality and morbidity after an acute myocardial infarction and in patients with angina pectoris. The severity of coronary artery disease is reflected by the response to exercise testing.¹

Exercise-induced hypotension, very limited functional capacity (less than 5 METS), exercise-

para poner de manifiesto cambios en el electrocardiograma compatibles con isquemia de miocardio, ya que es el stress fisiológico más común del hombre. Clínicamente, el ECG de esfuerzo es el procedimiento más práctico y útil, debido a sus múltiples aplicaciones y resultados. En lo que concierne a economía médica, es el mejor sistema para determinar qué paciente necesita o no formas de diagnóstico o procedimientos terapéuticos más costosos. Aquí discutiremos las aplicaciones, metodología e interpretación actuales de la prueba de electrocardiograma de esfuerzo.

APLICACIONES

Para el diagnóstico del dolor precordial y otros hallazgos: La prueba ergométrica se puede usar para evaluar pacientes con dolor anginoso, con una historia de dolor de pecho sospechoso, o con otros hallazgos sugestivos, pero no diagnósticos, de enfermedad coronaria, tales como ruidos agregados, soplos, latidos precordiales anormales, agrandamiento del corazón, y anomalías electrocardiográficas en reposo (bloqueo de rama derecha, cambios no específicos en el segmento ST y onda T, ondas Q no diagnósticas). La pregunta que debe formularse el clínico ante tales pacientes es si este dolor de pecho o estos hallazgos son atribuibles a una enfermedad coronaria. Los resultados de la prueba ergométrica junto a la forma de presentación clínica pueden ayudar a establecer la probabilidad de que exista enfermedad coronaria. La evaluación del paciente con dolor de pecho es probablemente la aplicación más común de la prueba ergométrica en la práctica clínica.

Para determinar el pronóstico y gravedad de la enfermedad: Los resultados de una prueba de esfuerzo pueden ayudar a establecer el riesgo de mortalidad y morbilidad después de un infarto agudo de miocardio y en pacientes con angina de pecho. La severidad de la enfermedad coronaria se refleja en la respuesta al esfuerzo.¹

El esfuerzo que provoca hipotensión, baja capacidad funcional (inferior a 5 METS), angina, incompetencia cronotrópica (respuesta de frecuencia cardíaca inadecuada), ondas U invertidas, sobre-elevación del segmento ST, segmento

test induced angina, chronotropic incompetence (inadequate heart rate response), inverted U waves, ST-segment elevation, down-sloping ST-segment depression and ST-segment depression beginning at a low heart rate and in multiple leads have a bad prognosis and are more predictive of severe coronary artery disease and left ventricular dysfunction than a test response of only 0.1 mv of horizontal ST-segment depression at a good maximal workload. Patients who are able to achieve a normal work load, normal maximal heart rate, and normal maximal systolic blood pressure during treadmill testing appear to have better ventricular function and less coronary obstruction than those unable to do so. Responses predicting poor prognosis and severity of disease are summarized in Table 1.

Screening for silent coronary artery disease: The exercise test may be used to screen asymptomatic individuals in order to identify a group at high risk for developing coronary artery disease. It has been demonstrated that individuals with an abnormal ST-segment response have 10 to 15 times the chance of developing coronary artery disease than those with a normal response.² Recent studies have demonstrated a lower sensitivity for ST depression than previous studies. They have suggested that the

ST descendente y depresión del segmento ST que comienza con baja frecuencia cardíaca y generalmente da mal pronóstico, predice enfermedad coronaria severa y disfunción ventricular izquierda, mucho más que una respuesta de sólo 0,1 mv de depresión horizontal del segmento ST a una buena carga máxima de trabajo.

Los pacientes que son capaces de lograr una carga normal de trabajo, frecuencia cardíaca máxima normal, y presión sanguínea máxima normal durante la prueba ergométrica, parecen tener una función ventricular mejor y una menor obstrucción coronaria que aquellos que no lo pueden lograr. Las respuestas que predicen un mal pronóstico y gravedad de la enfermedad se resumen en la Tabla 1.

Para evidenciar una enfermedad coronaria silenciosa: La prueba de esfuerzo se puede usar para estudiar individuos asintomáticos con el fin de identificar un grupo con alto riesgo de desarrollar enfermedad coronaria. Se ha demostrado que individuos con un segmento ST anormal tienen de 10 a 15 veces más posibilidad de desarrollar enfermedad coronaria que aquellos con respuesta normal.²

Estudios recientes han demostrado una sensibilidad de depresión del segmento ST menor que la señalada en estudios anteriores. Esto su-

Table 1
Responses to exercise reflecting prognosis and severity of coronary artery disease

- 1) Systolic hypotension or drop in systolic blood pressure
- 2) Limited functional capacity (less than 5 METS)
- 3) Inadequate heart rate response (chronotropic incompetence or heart rate impairment)
- 4) ST segment elevation
- 5) The amount of ST segment depression, and relative negativity of the ST segment slope, number of leads it occurs in
- 6) The lower the heart rate at which ECG abnormalities occur
- 7) Duration of ECG abnormality
- 8) Symptoms, particularly true angina pectoris
- 9) Ventricular dysrhythmias
- 10) Exercise-induced rise in diastolic pressure
- 11) Inverted U waves
- 12) QT prolongation

Tabla 1
Pronóstico y severidad de la enfermedad arterial coronaria de acuerdo con la respuesta al ejercicio

- 1) Hipotensión sistólica o caída en la presión arterial sistólica
- 2) Capacidad funcional limitada (menos de 5 METS)
- 3) Respuesta inadecuada de la frecuencia cardíaca (incompetencia cronotrópica o deterioro de la frecuencia cardíaca)
- 4) Elevación del segmento ST
- 5) Grado de depresión del segmento ST y relativa negatividad de la pendiente y número de derivaciones en que se presenta
- 6) La menor Fc en la que las anomalías ECG aparecen
- 7) Duración de la anomalía en el ECG
- 8) Síntomas, particularmente anginosos
- 9) Arritmias ventriculares
- 10) Ascenso de la presión arterial diastólica inducido por el esfuerzo
- 11) Ondas U invertidas
- 12) Prolongación del intervalo QT

test is only useful in men older than 40 and in populations that have an excess of the standard risk factors.

Some serious complications of exercise testing used in screening asymptomatic individuals are the insurance and occupational problems that abnormal responders can have along with the possibility of making some of them "cardiac cripples". Because of these problems and the high false positive rate seen when exercise testing individuals with a relatively low prevalence of coronary artery disease, it may be appropriate to use exercise testing only for screening individuals in whom sudden incapacitation could present a danger to public safety. Because of the recent enthusiasm for physical conditioning, it may also be desirable to exercise test coronary prone middle-aged American males before they embark on a potentially hazardous exercise program. Factors which identify a population with a higher prevalence of disease make the test more valuable for screening; i.e., male sex, older age, elevated serum cholesterol, high blood pressure, a family history of heart disease in individuals less than 65 years of age, and diabetes mellitus.

The exercise ECG test has a sensitivity of 60-80% and a specificity of about 90%. By using Bayes' theorem which says that the odds of a patient having a disease after a test (post test odds) will be the product of the odds before the test (pre-test odds) and the odds that the test result was a true one (the likelihood ratio). Figure 1 employs Bayes' theorem and demonstrates the usefulness of the exercise ECG test in predicting coronary artery disease (CAD) in patients with different types of chest pain or asymptomatic.

Evaluación de la capacidad funcional: Exercise tests may be used to evaluate the functional capacity of patients. Maximal oxygen consumption is the best non-invasive measurement of functional capacity and may either be estimated or measured during exercise testing. Maximal oxygen consumption can more accurately determine the degree of cardiac impairment than a physician's assessment of functional classification. Patients unable to advance beyond the first stage of the Bruce test (an

giere que el esfuerzo es útil solamente en hombres mayores de 40 años y en poblaciones con un exceso de factores de riesgo standard.

Algunos de los serios inconvenientes que pueden tener las personas con una respuesta anormal a la prueba de esfuerzo, son el seguro y problemas laborales, junto a la posibilidad de que algunas de ellas se conviertan en "inválidos cardíacos". Por esto es más apropiado usar la prueba de esfuerzo en aquellos con una incapacidad repentina que puedan constituirse en un peligro para la seguridad pública.

Debido al entusiasmo actual por el ejercicio físico, esta prueba puede ser conveniente también en hombres de mediana edad propensos a enfermedades coronarias, antes de que se embarquen en un programa de esfuerzo potencialmente riesgoso. Los factores que identifican a una población con un mayor predominio de enfermedad hacen a la prueba más valiosa, por ejemplo: sexo masculino, mayor edad, colesterol elevado, presión sanguínea alta, una historia familiar de enfermedad cardíaca en personas menores de 65 años, y diabetes mellitus.

El electrocardiograma de esfuerzo tiene una sensibilidad de un 60% a 80% y una especificidad del 90%. Usando el teorema de Bayes, que dice que las variables de un paciente que presenta enfermedad coronaria después de una prueba serán el producto de las variables antes de la prueba (pretest) y las variables reales que la prueba provoque (relación de probabilidad).

La Figura 1 emplea el teorema de Bayes y demuestra la eficacia de la ergometría para predecir una enfermedad coronaria en pacientes asintomáticos o con distintos tipos de dolores de pecho.

Evaluación de la capacidad funcional: Las pruebas de esfuerzo pueden utilizarse para evaluar la capacidad funcional de los pacientes. El máximo consumo de oxígeno es la mejor medida no invasiva de la capacidad funcional y puede ser estimada o medida durante una prueba de esfuerzo.

Los pacientes que no pueden superar la primera etapa del test de Bruce (un consumo de oxígeno de aproximadamente 18 cc O₂/kg/min o 5 METS) tienen un mal pronóstico.³

Los pacientes con enfermedad cardíaca en

CALCULATION OF PROBABILITY OF CAD
CALCULO DE PROBABILIDAD DE ENFERMEDAD CORONARIA

		<i>Pre-test odds</i> <i>Variables pre-test</i>	<i>Likelihood ratio</i> <i>Relación de posibilidad</i>	<i>Post-test odds</i> <i>Variables post-test</i>	<i>Post-test probability</i> <i>Probabilidad post-test</i>
Anginal Angina	9 : 1		Abnormal test Prueba anormal (x7)	63 : 1	(63/64) = 98%
			Normal test Prueba normal (x3)	9 : 3	(9/12) = 75%
Atypical angina Angina atípica	1 : 1		Abnormal test Prueba anormal (x7)	7 : 1	(7/8) = 88%
			Normal test Prueba normal (x3)	1 : 3	(1/4) = 25%
Non-anginal No angina	1 : 9		Abnormal test Prueba anormal (x7)	7 : 9	(7/16) = 44%
			Normal test Prueba normal (x3)	1 : 27	(1/28) = 4%
Asymptomatic Asintomático	1 : 19		Abnormal test Prueba anormal (x7)	7 : 19	(7/26) = 27%
			Normal test Prueba normal (x3)	1 : 57	(1/58) = 2%

Fig. 1. Illustration of the practical clinical application of Bayesian statistics. Pre-tests odds determined from angiographic and epidemiological data; likelihood ratio based on sensitivity of 70% and specificity of 90% for the ECG response to the exercise test.

Fig. 1. Ilustración de la aplicación práctica clínica de la estadística según Bayes. Variables pre-test a partir de datos epidemiológicos y angiográficos; relación de posibilidad basada en una sensibilidad del 70% y especificidad del 90% para la respuesta a una prueba ergométrica.

oxygen consumption of approximately 18 cc O₂/kg/min or a 5 METS) have a poor prognosis.³

Patients with cardiac (New York Heart Association Functional Class II) disease begin to experience limiting symptoms when their maximal oxygen consumption is less than 22 cc O₂/kg/min or less. However, maximal oxygen consumption has a very limited diagnostic value because of the great individual variation — i.e. a maximal oxygen consumption range of 25-40 cc O₂/kg/min is the average level for a middle-aged sedentary American male. The exercise ECG test serves as an indirect dynamic method for estimating a given individual's

clase funcional II comienzan a experimentar síntomas limitantes cuando su consumo máximo de oxígeno es inferior a 22 cc O₂/kg/min y habitualmente se los considera severamente limitados. Los pacientes se ubican en clase funcional III cuando su consumo máximo de oxígeno es de 16 cc O₂/kg/min o menos. Sin embargo, el consumo máximo de oxígeno tiene un valor diagnóstico muy limitado debido a la gran variación individual; por ejemplo, un consumo máximo de oxígeno de 25-40 cc O₂/kg/min es el nivel promedio para un hombre sedentario de edad media. La ergometría constituye un método dinámico indirecto para es-

maximal oxygen consumption.

Evaluation of treatment: Exercise testing has been reported as a means of evaluating patients who have been treated with rehabilitation programs, various medications, and coronary artery by-pass surgery. However, one problem with this use of exercise testing is that when performing serial tests patients learn to do better without a change in their maximal oxygen consumption. They can have lower heart rates and blood pressures at submaximal work loads, walk longer, and achieve higher work loads without having had any true cardiovascular improvement. This has been called the placebo effect of exercise testing and is a learned adaptation rather than a true functional change.⁴ This improvement in performance without cardiovascular change can be somewhat lessened by giving the patient a chance to learn to walk on the treadmill before his initial test begins.

Evaluation of dysrhythmias: An exercise test may be used to evaluate patients with dysrhythmias or to induce dysrhythmias. The dysrhythmias that can be evaluated include: premature ventricular contractions, sick sinus syndrome, atrial fibrillation, and various degrees of heart block. When used in the same population, ambulatory monitoring detects a higher prevalence of dysrhythmias (particularly serious dysrhythmias) than does exercise testing. However, the findings in each of these tests have different significance and clinical value.

As part of cardiac rehabilitation: An exercise test can be used to evaluate the safety of participating in an exercise program or for performing other activities. It is essential in formulating an individualized exercise prescription based on a person's actual maximal heart rate rather than on an estimated value. After a heart attack or after coronary artery by-pass surgery, a patient's response to an exercise test can be reassuring to both him and those who care about him. Though aerobic exercise training has not been demonstrated to have a beneficial effect on the atherosclerotic process, its beneficial effects on the cardiovascular system and cardiovascular hemodynamics have been demonstrated. Exercise testing is also

timar el consumo máximo de oxígeno de cada individuo.

Evaluación de tratamiento: Mediante la prueba de esfuerzo se evalúa a los pacientes que han seguido un programa de rehabilitación, tratamiento médico y cirugía de by-pass aorto-coronario. El problema está en que los pacientes que realizan pruebas seriadas aprenden a cumplirlas mejor sin cambios en su consumo máximo de oxígeno. Pueden tener frecuencias cardíacas y presión sanguínea inferiores a una carga submáxima de trabajo, caminar más y soportar cargas superiores sin haber registrado ningún progreso cardiovascular verdadero. A esto se lo llama el efecto placebo de la prueba de esfuerzo y es una adaptación aprendida, más que un verdadero cambio funcional.⁴

Este progreso en el rendimiento, sin cambio cardiovascular, puede ser disminuido ofreciéndole al paciente la posibilidad de caminar sobre la cinta antes que comience su prueba inicial.

Evaluación de arritmias: La prueba de esfuerzo puede ser usada para evaluar pacientes con arritmias o para inducir las. Las arritmias que pueden ser evaluadas son: extrasístoles ventriculares, síndrome del nódulo sinusal, fibrilación auricular, y varios grados de bloqueo cardíaco. Cuando se usa en la misma población, el monitoreo ambulatorio detecta mayor prevalencia de arritmias (particularmente arritmias severas) que la prueba de esfuerzo. Sin embargo los hallazgos en cada una de estas pruebas tienen una importancia y un valor clínico diferentes.

Como parte de la rehabilitación cardíaca: Mediante la prueba de esfuerzo se puede evaluar el riesgo de participar en un programa de ejercicios o de realizar otras actividades. Después de un ataque cardíaco o cirugía de by-pass aorto-coronario, la respuesta del paciente a una prueba de esfuerzo puede tranquilizarlo a él y a quienes cuidan de él. Se han demostrado los efectos beneficiosos del aerobismo sobre el sistema y hemodinamia cardiovascular, no así sobre el proceso de aterosclerosis.

La prueba de esfuerzo también es valiosa para demostrarle a un participante su progreso documentado con el fin de alentarle a que continúe su programa de ejercicios y guiarlo sin peligro hacia actividades más intensas.

valuable in demonstrating to a participant his documented progress in order to encourage him to continue his exercise program and to safely advance him to more strenuous activities.

Submitting patients with a recent acute infarction to an exercise test to optimize their progression through hospitalization and discharge is desirable and may be used to demonstrate the patient's reaction to exercise.⁵ Since some of these reactions may be adverse, it is certainly better to have controlled circumstances when determining the patient's work capacity and limiting factors at the time of discharge. This test provides a safer basis for advising a patient's activity level and return to work as well as demonstrating to his relatives and employer how his capacity for physical performance was affected by his infarction. It may also have a therapeutic effect by making a patient less anxious about daily physical activities. The exercise test can be the first step in cardiac rehabilitation.

The benefit/risk ratio of this procedure can be improved by a number of considerations. Although maximal testing has been reported, we still feel that until two months after an infarction a heart rate limited test is indicated. Arbitrarily, a heart rate limit of 140 is used for patients under 40 and 130 for patients over 40. Often conservative clinical judgment must be used instead of these criteria. For this reason, we believe that the primary physician who knows the patient best take an active role in the performance of the exercise ECG test.

Although the use of electrocardiographic monitoring of activities after an acute infarction requires additional time and an interested staff, it would appear to be the ideal way of prescribing a safe level of physical activity. An exercise test prior to discharge is important for giving a patient guidelines for exercise at home, reassuring him of his physical status, and determining his risk of complications. An interesting question is whether the pre-discharge exercise test is therapeutic. The psychological impact of a good performance on the exercise test is impressive.

Many patients increase their activity and actually rehabilitate themselves after being

Es conveniente someter a la prueba de esfuerzo a los pacientes con un infarto agudo reciente para valorar su progreso durante su hospitalización y determinar el alta, y demostrar las reacciones del paciente al esfuerzo.⁵ Puesto que algunas de estas reacciones pueden ser adversas, es mejor tomar las precauciones debidas al determinar la capacidad funcional del paciente y establecer los factores que limitan el alta. Esta prueba ofrece un fundamento más seguro para aconsejar al paciente acerca de su nivel de actividad y retorno al trabajo, así como para mostrar a los parientes y empleadores en qué medida afectó el infarto su rendimiento físico. También puede ejercer un efecto terapéutico al calmar la ansiedad del paciente acerca de su actividad diaria. La prueba de esfuerzo puede constituir la primera etapa en la rehabilitación cardíaca.

El promedio de beneficio o riesgo de este procedimiento se puede sacar de un número de consideraciones. A pesar de que se ha considerado un esfuerzo máximo, creemos que hasta dos meses después de un infarto, debe indicarse un esfuerzo limitado. Arbitrariamente se usa un límite de frecuencia cardíaca que no sobrepase de 140 en pacientes menores de 40 años y 130 para mayores de esa edad. A menudo se toma en cuenta un juicio clínico conservador en lugar de este criterio. Es por esto que creemos que el médico que conoce mejor al paciente es quien tiene una participación activa en la realización de la ergometría.

Aunque el uso de la electrocardiografía dinámica, después de un infarto agudo, requiere tiempo adicional y personal especializado, parece constituir la manera ideal de prescribir un nivel no riesgoso de actividad física. Una prueba de esfuerzo anterior al alta es importante para darle al paciente las pautas de los ejercicios en la casa, tranquilizándolo sobre su estado físico y determinando los riesgos. Lo interesante es saber si esta prueba previa al alta tiene valor terapéutico. El impacto psicológico de un buen rendimiento es muy grande. Muchos pacientes incrementan su actividad y se rehabilitan solos luego de haber sido alentados y tranquilizados por su respuesta a este test.

Esta prueba presenta numerosas aplicaciones.

encouraged and reassured by their response to this test.

There are a number of other miscellaneous applications of exercise testing including the evaluation of exercise-induced bronchospasm, pulmonary disease, congenital heart disease and peripheral vascular disease.

The analysis of the response to exercise using ancillary techniques such as phonocardiography, apexcardiography, systolic intervals, cardiokymography, radioisotope gated imaging studies, Thallium scans, echocardiography, and computer analysis of ST-segment changes will increase the information gained from exercise testing. In addition, the significance of different patterns of ST-segment change and the leads that they occur in requires further analysis. An increased knowledge of these aspects of exercise testing should improve its diagnostic value.

METHODOLOGY

Skin preparation: Proper skin preparation is essential for the performance of an exercise test. During exercise, because noise increases with the square of resistance, it is extremely important to lower the skin resistance and thereby improve the signal to noise ratio. It is important to adequately stress the need for proper skin preparation even though it may cause the patient some discomfort or minor skin irritation. It is worthless and even dangerous to perform an exercise test with an electrocardiographic signal that cannot be continuously monitored and accurately interpreted because of interference. Computer averaging techniques should not be relied upon to smooth a widely wandering baseline because they can cause distortion. Muscle artifact, which cannot be completely removed by good skin preparation, can be decreased by having patients relax their arms during testing.

Safety precautions: The safety precautions indicated by the American Heart Association (AHA) are very explicit regarding the requirements for exercise testing.⁶ Everything necessary for cardiopulmonary resuscitation must be available, and regular drills should be performed to make certain that both the personnel and the equipment are ready for a cardiac emergency.

El uso de técnicas auxiliares, tales como fonocardiografía, apexcardiografía, intervalos sistólicos, cardiokimografía, estudios radioisotópicos con talio, ecocardiografía, y el análisis computado de las variaciones del segmento ST, para analizar la respuesta al esfuerzo, completa la información obtenida mediante la prueba. Además la importancia de la morfología de cambio del segmento ST y las variaciones que presenta, requieren un análisis más amplio. Un mejor conocimiento de estos aspectos de la prueba de esfuerzo mejorará su valor de diagnóstico.

METODOLOGIA

Preparación de la piel: Es esencial una adecuada preparación de la piel para disminuir la resistencia de la misma y obtener una buena señal. Es importante, aun cuando pueda ocasionar al paciente cierta incomodidad o una leve irritación de la piel.

No tiene ningún valor y hasta puede resultar peligroso realizar una prueba de esfuerzo con una señal electrocardiográfica que no pueda ser monitoreada continuamente e interpretada con precisión, debido a interferencias. Cuando no se puedan eliminar los artificios de origen muscular mediante una buena preparación de piel, es posible atenuarlos haciendo que los pacientes tengan sus brazos relajados durante la prueba.

Medidas de seguridad: Las medidas de seguridad indicadas por la American Heart Association (AHA) son muy explícitas.⁶ Se debe tener a mano todo lo necesario para una resucitación cardiopulmonar y hay que realizar prácticas frecuentes para asegurarse de que tanto el personal como el equipo están listos para una emergencia. Se ha demostrado que esta prueba es un procedimiento seguro, con una muerte y cinco complicaciones no fatales por cada 10.000 pruebas, aproximadamente. Sin embargo se han registrado infartos agudos y muertes. Hay una asociación relativamente frecuente entre la hipotensión provocada por el esfuerzo y la fibrilación ventricular. Aunque la prueba es destacablemente segura, la población sometida a este procedimiento tiene un alto riesgo de accidentes coronarios. El riesgo puede crecer

• A survey of clinical exercise facilities has shown exercise testing to be a safe procedure with approximately one death and five non-fatal complications per 10,000 tests. However, acute myocardial infarctions and deaths have been reported. There is a relatively frequent association between exercise-induced hypotension and ventricular fibrillation. Though the test is remarkably safe, the population referred for this procedure usually is at high risk for coronary events. The risk may be 60 times normal when exercise is performed by coronary disease patients in a stressful environment, such as a physician's office. The risk of exercise testing to coronary artery disease patients cannot be disregarded in spite of an excellent safety record.

The treadmill should have front and side rails for patients to steady themselves, and some patients may benefit from the helping hand of the tester. Patients should not grasp the front or side rails since this decreases oxygen uptake and work and increases exercise time and muscle artifact. It is helpful to have patients close their fists and extend one finger touching the rails in order to maintain balance while walking.

Most problems can be avoided by having an experienced physician or exercise physiologist standing next to the patient, measuring blood pressure, judging skin temperature, and assessing the patient during the test. The exercise technician should operate the recorder and treadmill, take the appropriate tracings, enter data on a form, and alert the physician of any abnormalities which may have been missed on the monitor scope. If the patient's appearance is worrisome, if blood pressure drops or plateaus, if there are alarming electrocardiographic abnormalities, if chest pain occurs and becomes worse than the patient's usual pain, or if a patient feels he or she is harming himself in any way, the test should be stopped even at a "submaximal" heart rate. In most instances, a symptom limited maximal test is preferred, but it is usually advisable to stop if 0.2 mv or more of horizontal or downward sloping ST-segment depression or 0.1 mv of ST-segment elevation occurs. In some patients estimated

60 veces cuando el esfuerzo es realizado por pacientes con enfermedad coronaria en un ambiente de stress, tal como el consultorio del médico. No puede descartarse el riesgo en las pruebas de esfuerzo en pacientes con enfermedades coronarias aun cuando su seguridad haya sido excelentemente comprobada.

La cinta de esfuerzo debe tener barandas frontales y laterales para que los pacientes se afirmen y algunos pacientes puedan sostenerse de la mano de la persona que los prueba. Los pacientes no se deben agarrar con fuerza de las barandas, ya que esto disminuye el consumo de oxígeno y trabajo e incrementa el tiempo del esfuerzo y la producción de artificio muscular. Es útil hacer al paciente cerrar sus puños y extender un dedo tocando las barandas para mantener el equilibrio mientras camina.

Pueden evitarse muchos problemas teniendo a un médico o auxiliar experimentado cerca del paciente, para controlar la presión, temperatura de la piel, y asesorando al paciente durante la prueba.

El técnico debe operar el registrador y la cinta, tomar los registros apropiados, anotar los datos en una planilla e informar al médico cualquier anormalidad que haya pasado desapercibida en la pantalla del monitor.

Si el aspecto del paciente es preocupante, si la presión sanguínea baja o no aumenta, si hay anormalidades electrocardiográficas alarmantes, si da dolor de pecho y es peor que el dolor habitual del paciente o si el paciente siente que se está dañando a sí mismo de alguna manera, se debe parar la prueba, aun con una frecuencia cardíaca "submáxima". En muchas circunstancias se limita la prueba frente al síntoma, pero es aconsejable parar si se observa una depresión del segmento ST horizontal o descendente mayor de 0,2 mv o si hay un supradesnivel del segmento ST de 0,1 mv.

En algunos pacientes con alto riesgo, debido a su historia clínica, es apropiado parar a un nivel submáximo opuesto que no sería raro que se diera una severa depresión del segmento ST y/o arritmias sólo después del esfuerzo. Si se quiere probar la capacidad funcional, es mejor repetir la prueba después, una vez que se ha demostrado que se puede llevar

to be high risk because of their clinical history, it may be appropriate to stop at a submaximal level since it is not unusual for severe ST-segment depression and/or dysrhythmias to occur only after exercise. If the measurement of functional capacity is desired, it may be better to repeat the test later, once the patient has shown that a submaximal work load can be safely performed.

Exercise testing should be an extension of the physical examination. A physician or exercise physiologist obtains the most information by being present to talk to, to observe, and to examine the patient in conjunction with the test. In this way, patient safety and an optimal yield of information are assured. In some instances, possibly when screening asymptomatic men, when performing research studies, or when performing a repeat treadmill test on a patient whose condition is stable, the test can be performed by a technician without an experienced professional present, but one should be within close proximity.

It is advisable to perform an abbreviated medical history, cardiovascular examination, and 12-lead electrocardiogram prior to an exercise test even if the patient was referred by a physician. In this manner, patients with the recent onset of an infectious disease or worsening of ischemic heart disease should be identified. Patients with a history of increasing or "unstable" angina should only be exercise tested in certain circumstance. A cardiac examination should identify patients out of those with valvular or congenital heart disease, particularly those with severe aortic stenosis, who should not be exercised.

Recording instruments: Many technological advances have taken place in electrocardiographic recorders during the past decade partially in response to the specifications set forth by the American Heart Association.⁷ Some ECG equipment has a monitor and diagnostic mode, particularly that used in coronary care units. The diagnostic mode follows the AHA diagnostic instrument specifications with a frequency response from 0.05 hz to 100 hz while the monitor mode has a frequency range of 4 hz to 50 hz. In the monitor mode there is distortion

a cabo un trabajo con carga submáxima.

La prueba de esfuerzo puede ser una extensión del examen físico. El médico o auxiliar obtiene una mayor información si está presente para hablar, observar y examinar al paciente durante la prueba. De esta manera se reafirma la seguridad del paciente y un óptimo caudal de información. En algunos casos (hombres asintomáticos, estudios de investigación, pacientes con condición estable), la prueba la puede realizar el técnico sin la presencia del médico, siempre que éste esté cerca.

Es aconsejable realizar una breve historia clínica, un examen cardiovascular y un ECG con 12 derivaciones antes de una prueba ergométrica, aun cuando el paciente haya sido derivado por otro médico.

Los pacientes con angina inestable o progresiva sólo deben ser estudiados en ciertas circunstancias. Un examen cardíaco debe identificar a los pacientes con enfermedades cardíacas valvulares o congénitas, particularmente aquellos con estenosis aórtica severa, los que no pueden ser sometidos a esfuerzo.

Instrumentos de registro: Durante la década pasada han tenido lugar muchos adelantos tecnológicos en registros electrocardiográficos, particularmente en respuesta a las especificaciones puestas en marcha por la AHA.⁷ Ciertos equipos de ECG, particularmente los usados en unidades coronarias, poseen un modo monitor y uno para diagnóstico. El modo diagnóstico sigue las especificaciones para el instrumento de diagnóstico de la AHA, con una respuesta de frecuencia de 0,05 hz hasta 100 hz, mientras el modo monitor tiene un rango de frecuencia de 4 hz hasta 50 hz.

En el modo monitor hay distorsión del ECG. La misma distorsión se complica con la forma de la onda presentada en el ECG. Si ésta es una onda R alta sin onda S, la distorsión del segmento ST puede ser diferente si hay una onda R seguida de una onda S grande. En general, una respuesta de baja frecuencia inadecuada puede causar la distorsión del segmento ST y una respuesta de alta frecuencia adecuada puede disminuir enormemente la amplitud de las ondas Q y R y crear ondas S.

Debe considerarse la respuesta de frecuencia

of the electrocardiogram. The same distortion is complicated by the presented ECG wave form. If the ECG wave form is a tall R wave without an S wave, the ST-segment distortion can be different than if there is a R wave followed by a large S wave. In general, an inadequate low-frequency response can cause ST-segment distortion, and an inadequate high-frequency response can greatly decrease the Q and R wave amplitude and create S waves.

The middle-range frequency response that can be particularly affected by stylus overpressure must be considered. Alteration of the 25 hz to 45 hz frequency response is that most common cause of ST-segment distortion. A simple office test is available for checking the 0.05 to 45 hz frequency response of a recorder.⁸ Just record approximately 5 seconds of the decay curve of a 1 cm/mv calibration pulse at the standard paper speed of 25 mm/sec. The time between the initial upstroke of this calibration pulse and the point at which the initial signal has decayed to 3.7 mm should be at least 3.2 seconds in order to meet the 0.05 hz low-frequency end point. In this same recording, the presence of a sharp, square-cornered leading edge at the peak of the pulse, reflects the existence of a high-frequency response of at least 45 hz since roundness at that junction becomes visually apparent below this frequency. The monitor mode is available to lessen the effects of electrical interference, motion, and respiration in the ECG and should not be used for exercise testing. Not all ambulatory electrocardiographic monitoring recorders or telemetry equipment meet diagnostic frequency requirements, and this complicates making the diagnosis of ischemia from such instruments.

Analog and digital averaging techniques have made it possible to average electrocardiographic signals in order to remove noise.⁹ There is a need for consumer protection in these areas since most manufacturers do not specify how their use of such procedures modifies the electrocardiogram. Signal averaging can distort the electrocardiographic signal. These techniques are attractive since they can produce a pretty tracing in spite of poor skin preparation. However, the old expression used by computer scientists,

de rango medio que puede ser afectada particularmente por la sobrepresión del estilo.

La alteración de la respuesta de frecuencia de 25 hz a 45 hz es la causa más común de la distorsión del segmento ST. Existe una prueba simple para el chequeo de una respuesta de frecuencia de 0,05 a 45 hz de un registrador.⁸ Al registrar aproximadamente 5 segundos de la curva descendente de un pulso de calibración de 1 cm/mv en la velocidad del papel estándar de 25 mm/seg, el tiempo entre la elevación inicial de este pulso de calibración y el punto en el cual la señal inicial ha descendido a 3,7 mm debe ser de por lo menos 3,2 seg para alcanzar el punto terminal de baja frecuencia de 0,05 hz. En este mismo registro, la presencia de un redondeamiento de la onda cuadrada de pulso refleja la existencia de una respuesta de alta frecuencia de, por lo menos, 45 hz, puesto que un redondeamiento en esa unión se torna visible por debajo de esta frecuencia.

El modo monitor se usa para disminuir los efectos de interferencia eléctrica y respiratoria en el ECG y no se debe usar para prueba de esfuerzo. No todos los registradores de monitoreo electrocardiográfico continuos o equipos de telemetría tienen los elementos necesarios para frecuencia diagnóstica y esto hace dificultoso el diagnóstico de isquemia.

Las técnicas analógicas y digitales de computación han hecho posible computar signos electrocardiográficos para eliminar ruidos.⁹

Muchos fabricantes no especifican cómo el uso de tales procedimientos modifica el electrocardiograma. El promedio de señales por computación puede distorsionar la señal electrocardiográfica. Estas técnicas son interesantes ya que pueden dar un buen trazado a pesar de una mala preparación de la piel.

La aparición de una nítida señal electrocardiográfica puede no ser una representación verdadera de la forma real de la curva y puede estar confundiendo peligrosamente. Además, los instrumentos que hacen mediciones computadas de segmento ST no son totalmente confiables, ya que dependen de algoritmos imperfectos. Por ejemplo, el algoritmo que mide el fin de QRS a 70 u 80 msec después del pico de la onda R, difícilmente puede ser válido, parti-

“garbage in, garbage out” applies here. The clean appearing ECG signal produced may not be a true representation of the actual wave form and, in fact, may be dangerously misleading. Also, the instruments that make computed ST-segment measurements should not be totally relied on since they are dependent upon imperfect algorithms. For instance, the algorithm that measures QRS end at 70 or 80 msec after the peak of the R wave can hardly be valid particularly with changing heart rate.

Bicycle ergometer and treadmill: Numerous modalities have been used to provide the dynamic exercise for exercise testing. Steps, escalators, and ladder mills have been used. However, today the bicycle ergometer and the treadmill are the most commonly used dynamic exercise devices. The bicycle ergometer is usually cheaper, takes up less room, and makes less noise. Upper body motion usually is reduced, but care must be taken that isometric exercise is not being performed by the arms. The work load administered by the simpler bicycle ergometers is not well calibrated, and it is very dependent upon pedaling speed. It is too easy for a patient to slow the pedaling speed during exercise testing and decrease the administered work load. More expensive bicycle ergometers keep the administered work load at a determined level over a wide range of pedaling speeds. This latter type of instrument is particularly needed for supine bicycle exercise testing.

In most studies comparing erect bicycle exercise to treadmill exercise, maximal heart rate has been similar while maximal oxygen consumption was greater during treadmill exercise. However, these studies were based mostly on the performance of athletes. Some feel that in cardiac patients, bicycle exercise constitutes a greater stress on the cardiovascular system in terms of the double product at any given oxygen uptake than does treadmill exercise. The clinical importance of this in relation to exercise testing patients with cardiovascular disease is that slightly higher maximal oxygen uptakes are achieved with slightly less hemodynamic stress using treadmill exercise. Not for any medical reason, however, the treadmill

cularmente con cambios de frecuencia cardíaca.

Bicicleta ergométrica y cinta deslizante: Diversas modalidades fueron adoptadas para proveer el ejercicio dinámico para pruebas de esfuerzo. Se han usado escalones, escaladores y escaleras deslizantes. Sin embargo, lo que más se usa hoy es la bicicleta ergométrica y la cinta deslizante. La bicicleta es habitualmente más barata, ocupa menos lugar y hace menos ruido. El movimiento de la parte superior del cuerpo es reducido, pero hay que tener cuidado con el esfuerzo isométrico realizado por los brazos. La carga de trabajo proporcionada por la bicicleta ergométrica simple no está bien calibrada y depende mucho de la velocidad de pedaleo. Es muy fácil para el paciente reducir la velocidad de pedaleo y disminuir la carga de trabajo a un determinado nivel sobre un amplio promedio de velocidades de pedaleo. Este último tipo de instrumento se necesita particularmente para pruebas de esfuerzo en bicicleta supina.

En la mayor parte de los estudios comparativos del esfuerzo en bicicleta vertical con el de la cinta deslizante, la frecuencia cardíaca máxima resultó similar, mientras el consumo máximo de oxígeno fue mayor durante el esfuerzo en cinta. Sin embargo, estos estudios se basaron casi siempre en pruebas realizadas por atletas. Algunos piensan que en cardíacos el esfuerzo en bicicleta es mayor en términos del doble producto que el realizado en cinta deslizante. La importancia clínica de esto en relación a someter pacientes con enfermedades cardiovasculares a un esfuerzo, está en que se consiguen consumos máximos de oxígeno un poco más elevados con un poco menos de esfuerzo hemodinámico usando la cinta deslizante. En los EE.UU. se usa más la cinta deslizante, debido a que los pacientes están más habituados a caminar que a andar en bicicleta. Es más fácil que hagan el esfuerzo muscular necesario para aumentar la demanda de oxígeno miocárdico caminando que pedaleando.

PROTOCOLOS

Se necesita una cierta estandarización de pruebas de esfuerzo para comparar las pruebas entre pacientes y entre pruebas consecutivas del mismo paciente. Desafortunadamente hay

is the most commonly used dynamic testing modality in the United States because patients are more familiar with walking than bicycling. They are more likely to give the muscular effort necessary to adequately increase myocardial oxygen demand by walking rather than by bicycling.

PROTOCOLS

Some standardization of exercise testing is necessary in order to compare tests among patients and between subsequent tests in the same patient. Unfortunately, there are many treadmill protocols to choose. The most commonly used protocols are progressive; i.e., they are uninterrupted, and the work load is increased in stages. Of note are branching protocols which increase grade and speed depending upon the patient's heart rate response. In this type of protocol, patients of different functional capacity perform for nearly the same time so that differences in endurance are minimized. This type of protocol is usually too complicated for clinical use.

When compared to the Bruce Protocol, as shown in Figure 2, the USAFSAM protocol or other modifications of the Balke-Ware protocol have many advantages.¹⁰ The USAFSAM protocol consists of a constant brisk walking speed (3.3 mph) with 5% increases in grade every three minutes. The constant treadmill speed requires only an initial adaptation in stride, reduces technician adjustment, and produces less electrocardiographic and blood pressure artifact than do protocols using multiple and/or higher treadmill speeds. This protocol provides a larger number of appropriate workloads for patients and increases in even increments of work load. Speed can be started at 2.0 mph for patients who find 3.3 mph too brisk. It is advisable to individualize any exercise protocol for the type of patient being tested. Performance can be estimated in the oxygen cost of the maximal work load achieved rather than in total treadmill time. In this way, performance in different protocols can be compared. This estimation has been found to be as accurate as predicting maximal oxygen uptake from maximal

muchos protocolos para elegir.

Los que más se usan son progresivos; por ejemplo, son ininterrumpidos y la carga de trabajo es aumentada en etapas. Son de importancia los protocolos bifurcados con un aumento en grado y velocidad dependiente de la respuesta de la frecuencia cardíaca del paciente.

En este tipo de protocolo, pacientes con diferente capacidad funcional practican durante el mismo tiempo aproximadamente, por lo que las diferencias en resistencia son mínimas. Este tipo de protocolo resulta por lo común demasiado complicado para la práctica clínica.

Comparados con el protocolo Bruce (según se muestra en la Fig. 2), el protocolo USAFSAM u otras modificaciones del protocolo Balke-Ware ofrecen muchas ventajas.¹⁰ El protocolo USAFSAM consiste en una velocidad constante de marcha enérgica (3,3 mph) con un 5% de incremento en grado cada 3 minutos. La velocidad constante de la cinta requiere solamente una adaptación inicial de la marcha, reduce el ajuste técnico y produce menos artificios electrocardiográficos y de presión sanguínea que los protocolos que usan velocidades múltiples o mayores. Este protocolo proporciona un número mayor de cargas de trabajo y aumentos uniformes de las mismas.

Para pacientes a quienes 3,3 mph les resulte demasiado enérgico se puede comenzar con una velocidad de 2,0 mph. Es aconsejable individualizar el tipo de protocolo de esfuerzo de acuerdo con el tipo de paciente. El rendimiento se puede estimar mejor en el consumo de oxígeno de una carga máxima de trabajo que en el tiempo total de cinta. De esta manera, es posible comparar el rendimiento en los distintos protocolos. Se ha observado que esta estimación es tan exacta como predecir el consumo máximo de oxígeno en un tiempo máximo de la cinta.

Prueba de esfuerzo submáxima versus máxima: La prueba submáxima en la cinta más comúnmente usada, es la prueba de esfuerzo llamada "GXT". Se utiliza el protocolo de Bruce, pero la prueba finaliza cuando el paciente alcanza el 90% de su máxima frecuencia cardíaca prevista, según su edad y nivel de entrenamiento. La frecuencia cardíaca máxima pre-

ESTIMACION DEL CONSUMO DE OXIGENO DE ACUERDO CON EL TIEMPO DE PRUEBA DE LA CINTA DESLIZANTE

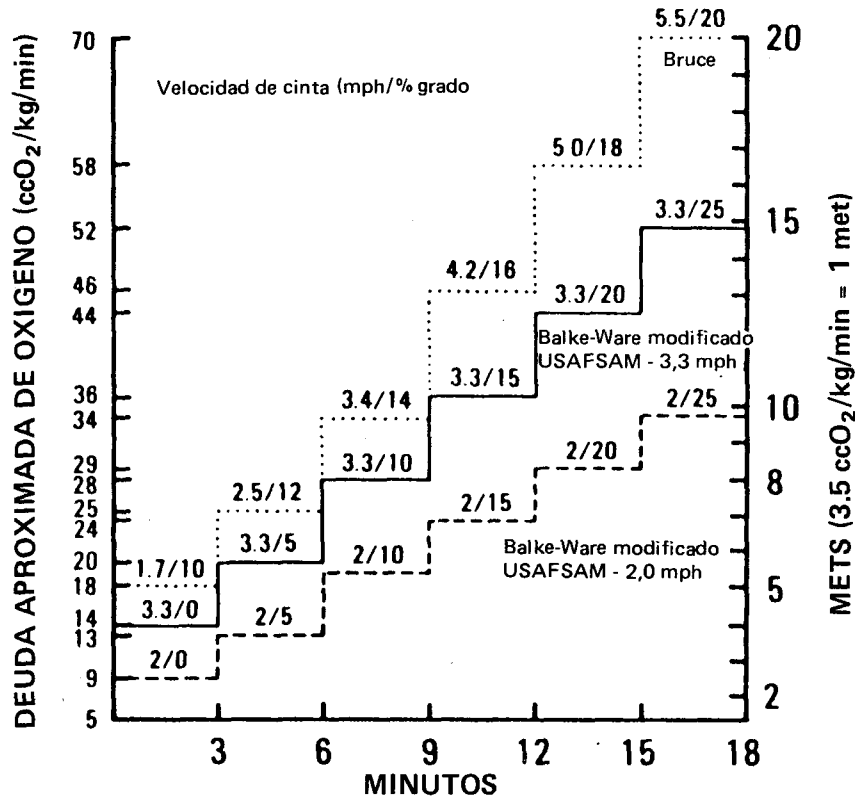


Fig. 2. Three progressive continuous treadmill protocols with the approximate oxygen cost to perform each stage. The Bruce protocol and modifications of the Balke protocol are the two most commonly used treadmill protocols.

Fig. 2. Tres protocolos de cinta deslizante continua con la deuda de oxígeno aproximada para cada etapa. El protocolo de Bruce y las modificaciones del protocolo de Balke son los dos más comúnmente usados.

treadmill time.

Submaximal versus maximal exercise testing:

The most commonly used submaximal treadmill test is the exercise test, labeled the "GXT". It utilizes the Bruce protocol but the test is terminated when the patient reaches 90% of his predicted maximal heart rate for age and level of training. Predicted maximal heart rate was determined from a study of normal individuals in which athletically trained subjects had a slightly lower maximal heart rate. Unfortunately, as in other studies, there is a wide spread of maximal heart rate around the regression line declining with age (SD \pm 12 beats/min). Thus, the target heart rate is maximal for some, beyond the limits of others, and submaximal for others. This testing procedure has the

vista se determinó mediante un estudio de individuos normales en el que atletas entrenados tenían un promedio de frecuencia cardíaca máxima prevista, levemente inferior. Desgraciadamente, como en otros estudios, hay un límite amplio de frecuencia cardíaca máxima alrededor de la línea de regresión, declinando según la edad (DS \pm 12 latidos/minuto). Este procedimiento tiene la ventaja de que el paciente puede realizar la prueba con zapatos y ropa de calle; no se encuentra incómodo debido a que generalmente no es sometido a un esfuerzo máximo. Sin embargo, no se obtiene una sensibilidad máxima y la capacidad funcional no se puede estimar o medir con precisión.

Sistemas de derivaciones para pruebas de esfuerzo: Los tres que se pueden usar son: el

advantage that patients can be tested in street shoes and clothes and do not usually find the test uncomfortable since most are not stressed to a maximal effort. However, maximal sensitivity is not obtained and functional capacity cannot be accurately estimated or measured.

Lead systems for exercise testing: The three exercise lead systems that can be used include bipolar, the Mason-Likar 12-lead adaptation, and orthogonal or non-orthogonal three-dimensional or VCG leads. Bipolar leads have been favored by many investigators because of the relatively short time required for application, the relative freedom from motion and muscle artifact, and the ease in which the source of noise can be located. When using the Mason-Likar torso mounted lead system the conventional ankle and wrist electrodes are replaced by fluid column adhesive electrodes mounted on the torso at the base of the limbs. The advantage of this system is that a reasonable facsimile of the standard 12-lead electrocardiogram can be obtained. Moving these electrodes on to the chest and abdomen further decreases motion artifact but distorts the electrocardiogram. Theoretically, the triangular configuration of Wilson's central terminal for the standard precordial leads requires the negative reference to be a combination of three additional electrodes rather than a single electrode used as a negative reference for bipolar leads. We prefer to alternate between two sets of 3 leads for diagnostic testing; they are: 1) V4, 5 and 6; and 2) V2, V5 and II. Probably only a single left ventricular lead is needed if the resting ECG is normal. However, ST elevation anteriorly can be missed and is highly specific for a proximal left anterior descending lesion.

Blood pressure measurement: Blood pressure should be taken at least at the mid portion of each exercise stage and with the appearance of chest pain. The following equipment is preferable to the available automated blood pressure devices: a) a mercury manometer or a damped aneroid pressure gauge mounted on the treadmill; b) an anesthesiologist's blood pressure stethoscope with a diaphragm fastened over the brachial artery or a small crystal microphone attached over the brachial artery and

bipolar, la adaptación de las 12 derivaciones de Mason-Likar y la tridimensional ortogonal o no ortogonal o derivaciones VCG.

Muchos investigadores prefieren las derivaciones bipolares debido a su tiempo de aplicación relativamente corto, su relativa libertad de artificios musculares y de movimiento, y a la facilidad con que es posible localizar la causa de ruidos exteriores. Usando el sistema de Mason-Likar los electrodos convencionales de ingle y muñeca son reemplazados por electrodos adhesivos aplicados sobre el torso adyacente a la base de los miembros. La ventaja de este sistema radica en que se puede obtener un facsímil de un electrocardiograma estándar de 12 derivaciones. Moviendo los electrodos hacia el pecho y abdomen, disminuir los artificios de movimiento, pero se distorsiona el electrocardiograma. Teóricamente, la configuración triangular de la central terminal de Wilson para las derivaciones precordiales estándar, requiere que la referencia negativa sea una combinación de 3 electrodos adicionales, más que un solo electrodo usado como una referencia negativa para las derivaciones bipolares. Preferimos alternar entre 2 grupos de 3 derivaciones para prueba de diagnóstico. Ellos son: 1) V4, 5 y 6; y 2) V2, V5, y II. Probablemente se necesite una sola derivación ventricular izquierda si el ECG en reposo es normal. Sin embargo, una sobreelevación ST anterior se puede perder y es altamente específica para una obstrucción proximal de la descendente anterior.

Medición de presión sanguínea: Se debe tomar la presión por lo menos en la mitad de cada etapa de esfuerzo y ante la aparición de dolor de pecho.

Se prefiere el siguiente equipo: a) un manómetro de mercurio o un manómetro aneroid montado sobre la cinta; b) un estetoscopio o un pequeño micrófono de cristal con amplificador; c) un aparato de presión en el cual el inflado y desinflado de la almohadilla se accione mediante un manguito inflador estándar.

El brazo del paciente debe permanecer derecho y libre de la baranda de la cinta cuando se toma la presión.

La prueba se debe detener si la presión sanguínea sistólica tiene una caída sostenida, espe-

amplified through stethophones; c) a pressure device which inflates and then deflates the cuff on pressing a button or a standard blood pressure inflator with a push button bleed-off valve. The patient's arm should be held straight and free of the treadmill siderail when blood pressure is taken. The test should usually be stopped if the systolic blood pressure has a sustained drop especially if this drop is accompanied by chest pain.

Postexercise: If maximal sensitivity is to be achieved, the patient should be supine in the postexercise period. According to the Laplace relationship, the increased supine heart volume increases myocardial oxygen consumption and enhances ST-segment abnormalities. Monitoring should continue for six to eight minutes post-exercise or until changes have stabilized. In the supine position, at the fifth minute of recovery approximately 85% of patient's with an abnormal exercise test in two large series were abnormal at this time alone or in addition to other times. An abnormal response occurring only in a recovery period is not unusual. Having a patient do a cool-down walk can delay the time at which ST-segment depression occur or eliminates it altogether. It is advisable to have the patient stop walking immediately after completing exercise, stand still briefly for about ten seconds while ECG data is gathered at near maximal heart rate, and then lay down. Care should be taken since some people will drop their blood pressure postexercise when blood pools in their legs if they are left standing motionless. A cool-down walk can be advantageous if not performing a diagnostic test.

INTERPRETACION

When interpreting the exercise test it is important to consider each of its facets separately. Each type of response has a different value in making a diagnostic or a clinical decision. The test should not be called abnormal (positive) or normal (negative) but the interpretation should specify which of the responses was abnormal or normal. Table 2 lists the objective and subjective responses to exercise testing requiring interpretation.

Functional capacity: Maximal oxygen uptake

cialmente si está acompañada por dolor de pecho.

Postesfuerzo: Si se trata de lograr máxima sensibilidad el paciente debe permanecer en posición supina en el período de postesfuerzo.

De acuerdo con la ley de La Place el incremento del volumen cardíaco en posición supina aumenta el consumo de oxígeno miocárdico y las anormalidades del segmento ST. El monitoreo debe continuar durante 6 a 8 minutos del postesfuerzo; o hasta que los cambios se hayan estabilizado. En posición supina, a los 5 minutos aproximadamente, el 85% de los pacientes con una prueba de esfuerzo anormal en dos grandes series, la respuesta era anormal en este período. Una respuesta anormal que ocurre solamente en un período de recuperación, es frecuente. Se puede retrasar el momento en que ocurra una depresión del segmento ST o eliminarla si se hace caminar al paciente apaciblemente.

Es aconsejable que el paciente suspenda el ejercicio inmediatamente después de terminado el esfuerzo, que se mantenga de pie tranquilo durante unos 10 segundos, mientras se recogen los datos electrocardiográficos, y que luego se recueste.

Se debe tener cuidado porque a algunas personas les puede bajar la presión si se las deja paradas inmóviles. Una caminata tranquila puede ser ventajosa si es que no se realiza una prueba de diagnóstico.

INTERPRETACION

Al interpretar la prueba ergométrica es importante considerar cada una de sus facetas por separado. Cada tipo de respuesta tiene diferente valor para la toma de una decisión diagnóstica o clínica. La prueba no se debe considerar anormal (positiva) o normal (negativa) sino especificar cuál de las respuestas fue anormal o normal. La Tabla 2 da una lista de las respuestas objetivas y subjetivas que requieren interpretación.

Capacidad funcional: El consumo máximo de oxígeno (MVO₂) es la mayor cantidad de oxígeno que una persona puede extraer del aire que expelle durante un esfuerzo dinámico, usando una gran parte de su masa muscular

Table 2

Exercise-induced electrocardiographic changes possibly due to ischemia or dysfunction include

- 1) QRS changes:
 - Transient infarct patterns
 - Changes in R-wave amplitude
 - Changes in S-wave amplitude
 - Changes in Q-wave amplitude
 - Axis changes and left anterior hemiblock
 - QRS prolongation and bundle branch block
- 2) ST segment:
 - Depression
 - Elevation
 - Normalization
- 3) U wave inversion
- 4) Ventricular ectopy
- 5) Supraventricular ectopy and blocks
- 6) P wave changes

Non-ECG exercise test results to be considered include

- 1) Heart rate
- 2) Systolic blood pressure
- 3) Diastolic blood pressure
- 4) Functional capacity
- 5) Symptoms
- 6) Physical findings
- 7) Patient's appearance

Tabla 2

Cambios electrocardiográficos por el ejercicio probablemente debidos a isquemia o disfunción

- 1) Cambios de QRS:
 - Patentes transitorias de infarto
 - Cambios en la amplitud de la onda R
 - Cambios en la amplitud de la onda S
 - Cambios en la amplitud de la onda Q
 - Cambios de ejes y hemibloqueo anterior izquierdo
 - Prolongación de QRS y bloqueo de rama
- 2) Segmento ST:
 - Depresión
 - Elevación
 - Normalización
- 3) Inversión de onda U
- 4) Extrasístoles ventriculares
- 5) Extrasístoles supraventriculares y bloqueo
- 6) Cambio de onda P

Cambios no relacionados al ECG durante el esfuerzo

- 1) Frecuencia cardíaca
- 2) Presión arterial sistólica
- 3) Presión arterial diastólica
- 4) Capacidad funcional
- 5) Síntomas
- 6) Hallazgos físicos
- 7) Apariencia del paciente

(VO₂) is the highest amount of oxygen that a person can extract from expired air while performing dynamic exercise using a large part of the total muscle mass. Since maximal oxygen uptake is equal to cardiac output times the arterial-venous oxygen difference, it is a measure of the functional limits of the cardiovascular system. Maximal arterial venous oxygen difference is physiologically limited to 15 to 17 volumes percent. Thus, maximal AV-O₂ difference behaves as a constant, making maximal oxygen uptake an indirect way of measuring maximal cardiac output. Maximal oxygen uptake is dependent upon many factors including age, sex, genetic endowments, and past physical activity, but it is the best index of functional capacity and maximal cardiovascular function. The maximal oxygen uptake of the normal sedentary individual is approximately 30 cc O₂/kg/min and the minimal level for physical "fitness" is 40 cc O₂/kg/min. Aerobic training can increase maximal oxygen uptake by

total. Ya que el consumo máximo de oxígeno es igual al producto del gasto cardíaco por la diferencia de oxígeno arterio-venoso, es una medida de los límites funcionales del sistema cardiovascular. El límite máximo fisiológico de la diferencia de oxígeno arterio-venoso es de 15 ó 17 volúmenes por ciento. Por lo tanto, la máxima diferencia AV de O₂ se comporta como una constante, haciendo que el consumo máximo de oxígeno sea un modo indirecto de medir el máximo gasto cardíaco.

El consumo máximo de oxígeno depende de muchos factores, tales como: edad, sexo, herencia genética y actividad física pasada, pero es el mejor índice de capacidad funcional y máxima función cardiovascular. El consumo máximo de oxígeno de un individuo sedentario normal es de aproximadamente 30 cc O₂/kg/min y el nivel mínimo de aptitud física es de 40 cc O₂/kg/min. Un entrenamiento aeróbico puede aumentarla en un 25%. Esto depende del nivel inicial de aptitud y de la edad, como así tam-

approximately 25%. This increase is dependent upon the initial level of fitness, and the age of the trainee, as well as the intensity, frequency, and length of training sessions. Trained distance runners can have maximal oxygen uptakes as high as 60 to 80 cc O₂/kg/min but mongrel dogs can exceed 100 cc O₂/kg/min.

As technological advances make measuring maximal oxygen consumption and cardiac output practical it may be possible to develop limits or discriminant values for these measurements depending upon age, activity status, and sex. Maximal oxygen consumption and maximal cardiac output should have similar prognostic implications toward cardiac function as do ejection fraction and left ventricular end diastolic pressure (LVEDP) whereas ST-segment changes should reflect the degree of coronary artery obstruction. Until that time, maximal oxygen consumption estimated from the work load achieved during treadmill testing will be clinically valuable.

Heart rate and blood pressure response: "Chronotropic incompetence" is defined as a heart rate response below the 95th percent confidence limits for age and sex. In a follow-up study, patients with chronotropic incompetence had the same incidence of coronary artery disease as did patients with ST-segment depression. Another term is "heart rate impairment" defined as the percent deviation in measured maximal heart rate from the predicted value. The mechanism of the failure of heart rate to rise normally is poorly understood, but many of these patients have poor left ventricular function, and most have multivessel coronary artery disease. However, the common use of beta-blockers has complicated the interpretation of the heart rate response to exercise.

An inadequate systolic blood pressure rise can be due to aortic outflow obstruction or left ventricular dysfunction. Serious coronary artery disease has usually been found in patients who develop hypotension along with angina during exercise testing. Bruce defines the term "left ventricular impairment" as the percent deviation in the pressure-rate product at maximal exercise from the predicted value. Coronary artery disease patients have abnormal values but the

bién de la intensidad, frecuencia y duración de las sesiones. Corredores entrenados pueden tener consumos máximos de oxígeno tan altos como de 60 a 80 cc O₂/kg/min, mientras que perros comunes pueden superar los 100 cc O₂/kg/min.

El consumo máximo de oxígeno y el gasto cardíaco máximo deben tener una implicancia pronóstica similar en relación con la función cardíaca, con la fracción de eyección y con la presión ventricular izquierda de fin de diástole (LVEDP), mientras los cambios del segmento ST deben reflejar el grado de obstrucción coronaria. Hasta ese momento el consumo máximo de oxígeno estimado mediante la carga de trabajo lograda durante el esfuerzo en la cinta, será clínicamente valedero.

Respuesta de frecuencia cardíaca y presión sanguínea: Se define como "incompetencia cronotrópica" a una respuesta de la frecuencia cardíaca por debajo del 95% de los límites, de acuerdo con edad y sexo. En un estudio de seguimiento, los pacientes con incompetencia cronotrópica presentaban la misma incidencia de enfermedad coronaria que pacientes con depresión del segmento ST. Otro término es "deterioro de frecuencia cardíaca", definido como el porcentaje de desviación de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en relación con la frecuencia cardíaca prevista. Es poco conocido el mecanismo de las alteraciones en el aumento de la frecuencia cardíaca, pero muchos de estos pacientes tienen una mala función ventricular izquierda y la mayor parte tiene enfermedad coronaria de múltiples vasos. El uso habitual de betabloqueantes ha complicado la interpretación de la respuesta de la frecuencia cardíaca al esfuerzo.

Un aumento inadecuado de presión sistólica sanguínea puede deberse a una obstrucción a la salida del flujo aórtico o a una disfunción ventricular izquierda. Frecuentemente se ha encontrado enfermedad coronaria seria en pacientes que presentan hipotensión con angina durante la prueba ergométrica. Bruce define al término "deterioro ventricular izquierdo" como el porcentaje de desviación en el producto entre la frecuencia cardíaca y tensión arterial en esfuerzo máximo frente al valor previsto

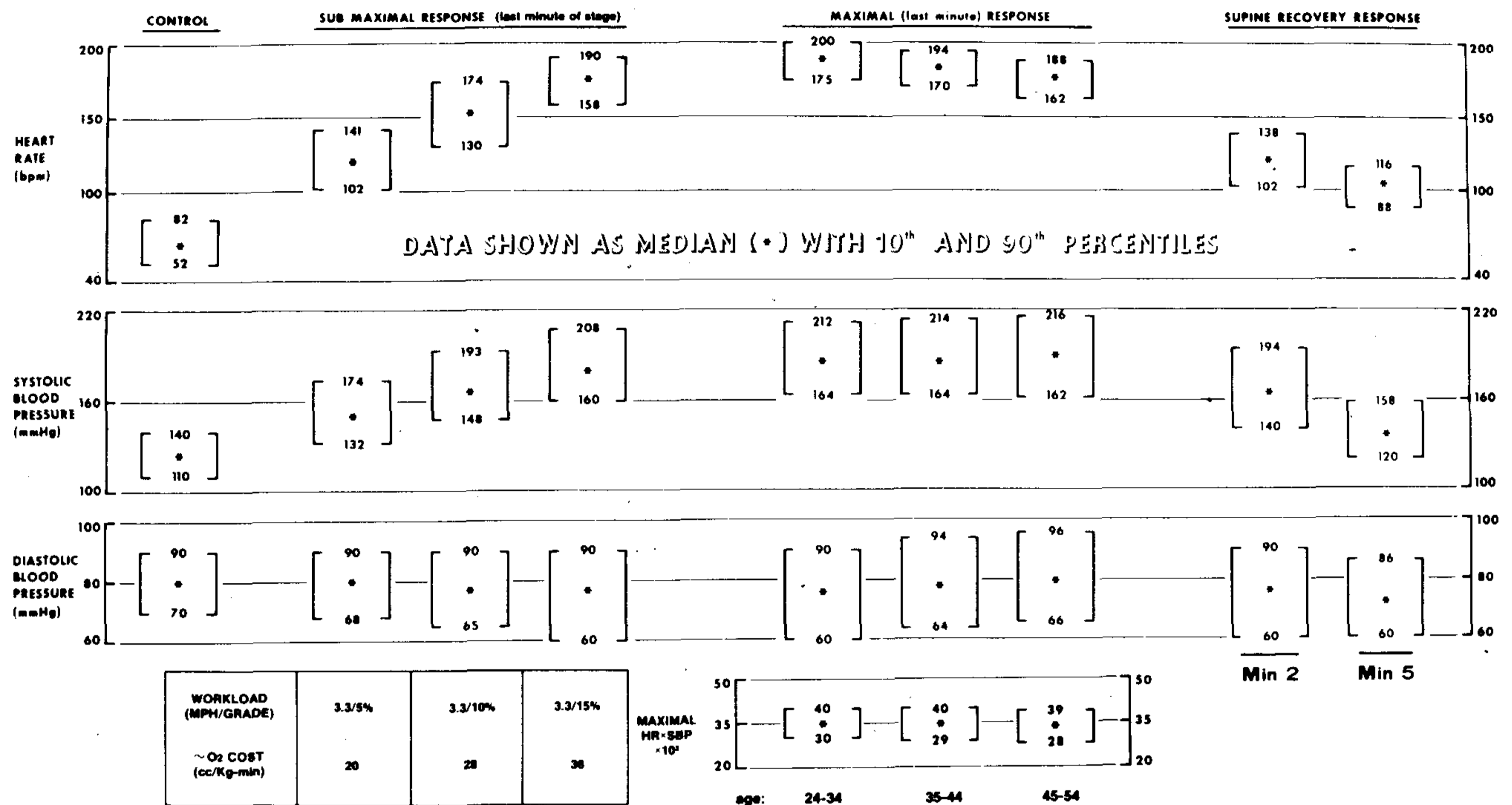


Fig. 3. References of "normal" values for the physiological response to submaximal and maximal treadmill exercise based on testing over 1,000 apparently healthy men.

Fig. 3. Referencia de los valores "normales" para la respuesta al esfuerzo submáximo y máximo en cinta deslizante basado en la prueba de 1.000 hombres aparentemente sanos.

diagnostic value of this measurement has not been demonstrated. Morris and McHenry have reported the prevalence of exercise-induced hypotension in patients with definite or suspected coronary artery disease.¹¹ This was defined as a sustained decrease of 10 mmHg or more in systolic blood pressure and it was found to be a reliable sign of severe coronary artery disease in men but not in women. Recently, it was suggested that a rise in diastolic blood pressure identifies patients with coronary disease.¹² In normal males diastolic blood pressures vary only slightly during exercise. Figure 3 gives a 10-90% range of values for systolic blood pressures, heart rate, for 1,000 healthy men in response to maximal treadmill testing.¹³

ST-segment response: Epicardial electrode mapping usually measures ST-segment elevation over areas of severe ischemia and ST-segment depression over areas of lesser ischemia. ST-

para dicho esfuerzo.

Los pacientes con enfermedad arterial coronaria presentan valores anormales, pero el valor diagnóstico de esta medida no ha sido demostrado. Morris y Mc Henry han informado sobre la frecuencia de hipotensión provocada por el esfuerzo en pacientes con enfermedad coronaria definida o sospechosa.¹¹ Esto se definió como una disminución sostenida de 10 mmHg o más en la presión sistólica sanguínea y se ha comprobado que es un signo fidedigno de enfermedad coronaria severa en hombres, pero no en mujeres. Se ha sugerido recientemente que un aumento en presión diastólica sanguínea puede ayudar a identificar pacientes coronarios.¹² En hombres normales la presión diastólica sanguínea varía muy poco durante el esfuerzo. La Fig. 3 muestra una variación de valores del 10% al 90% para la presión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca para

segment depression is thought to be the reciprocal of the injury effect occurring in the endocardium as viewed from an electrode overlying normal epicardium. ST-segment elevation seen from the same electrode reflects transmural injury or less frequently epicardial injury. On the surface electrocardiogram, exercise-induced myocardial ischemia can result in one of three ST-segment manifestations: a) ST-segment elevation; b) normalization or no change; or c) ST-segment depression.

Studies correlating exercise testing and coronary angiography in hospital patients have found a 3 to 11% prevalence of ST-segment elevation. This wide range of prevalences is probably due to the variation in the number of electrocardiographic leads recorded. ST-segment elevation appears to be an insensitive but highly specific indicator of severe myocardial ischemia. The ST-segment vector points through areas of asynergy and usually occurs in an area supplied by vessels with angiographic lesions.¹⁴ This is in contrast to exercise-induced ST-segment depression which does not accurately predict the site of coronary lesions. Inverted U waves appear to be specific but insensitive markers for myocardial ischemia.

The frequency that cancellation forces result in normalization or no ST-segment changes in the surface electrocardiogram during exercise-induced ischemia is unknown. Patients with three vessel coronary disease would be the ones most likely to have cancellation occur, but they have the highest prevalence of abnormal tests. When exercise testing fails to produce ST-segment depression or elevation in a patient with known coronary artery disease it could be due to two or more severely ischemic myocardial segments causing cancelling ST-segment vectors. This is important to remember since a patient has been reported who normalized minor ST-segment depression during treadmill testing only to have an acute myocardial infarction ten minutes after the test.¹⁵

The classic criteria for abnormal ST-segment depression has been 0.1 mV or more of horizontal or downward sloping ST-segment depression. The probability and severity of coronary artery disease are directly related to the amount of

mil individuos sanos en respuesta a la prueba de esfuerzo máxima.¹³

Respuesta del segmento ST: El electrodo de mapeo epicárdico mide habitualmente la elevación del segmento ST en áreas de isquemia severa y la depresión del mismo en áreas de isquemias más leves. Se piensa que la depresión del segmento ST es la recíproca del efecto del daño en el endocardio, como se ve con un electrodo superyacente al epicardio normal. La elevación del segmento ST que se registra con el mismo electrodo, refleja un daño transmural o, menos frecuentemente, un daño epicárdico. En el electrocardiograma de superficie, la isquemia de miocardio provocada por el esfuerzo puede derivar en alguna de estas manifestaciones del segmento ST: a) elevación; b) normalización o sin cambio; c) depresión.

Estudios que relacionan la prueba ergométrica y la angiografía coronaria en pacientes hospitalizados han revelado una frecuencia de un 3% a un 11% de elevación del segmento ST. Este amplio marco de frecuencia se debe probablemente a la variación en el número de variaciones electrocardiográficas registradas. La elevación del segmento ST es un indicador insensible pero altamente específico de severa isquemia de miocardio. El vector del segmento ST apunta hacia áreas de asinergia y comúnmente aparece en un área de vasos con lesión angiográfica.¹⁴ Esto en contraste con la depresión del segmento ST provocada por el esfuerzo, que no precisa el lugar de las lesiones coronarias. Ondas U invertidas son detectores específicos pero insensibles de isquemia de miocardio.

Se desconoce la frecuencia del fenómeno de cancelación de vectores, que resultan en la normalización o en la no existencia de cambios del segmento ST, en el ECG de superficie durante la isquemia provocada por el esfuerzo.

En pacientes con enfermedad coronaria de tres vasos, puede ser más factible que haya cancelación, pero también tiene una frecuencia mayor de pruebas anormales. Cuando la prueba de esfuerzo no produce la depresión o elevación del segmento ST en un paciente con enfermedad coronaria conocida, esto puede deberse a dos o más segmentos de isquemia severa de miocardio, causantes del fenómeno de cancelación de vec-

J-junctional depression and inversely related to the slope of the ST-segment in a V5-type lead. However, one electrode can show an up sloping ST-segment depression while adjacent precordial electrode shows horizontal or downward sloping depression. It is preferable to call tests with an inadequate ST-segment slope but with ST-segment depression a borderline response and place added emphasis on other parameters.¹⁶ The possible causes of false negative and false positive responses are listed in Table 3.

Exercise-induced ventricular dysrhythmias: Premature ventricular contractions occur in approximately one-third of the asymptomatic men who perform a maximal treadmill test and the prevalence is directly related to age. They most frequently occur at maximal exercise and often are not reproducible on repeat testing. A small subgroup of healthy men (about 2%) will have serious appearing exercise-induced dysrhythmias.¹⁷ This subgroup will have three times the normal risk of developing coronary disease but only about 10% of them will do so and only 7% of those who develop coronary disease will have had "ominous" dysrhythmias.

Coronary disease patients usually have a higher prevalence of severe dysrhythmias, and they usually occur at lower heart rates than in healthy subjects. Dysrhythmias suppressed by exercise do not rule out the presence of coronary disease.

R WAVE CHANGES

Recently it was suggested that patients who show an increase or no decrease in R wave amplitude in response to exercise have left ventricular dysfunction. This response has been used to diagnose coronary artery disease. The R wave increase was thought to be due to an increase in left ventricular end diastolic volume secondary to ischemic dysfunction. However, in a simultaneous radionuclide angiographic and ECG exercise study we were unable to demonstrate this. Instead, it appears that R wave increases during submaximal exercise are quite normal, and that this finding in coronary patients is due to inadequate stress. At the present time, it appears unwise to consider R wave changes in the diagnosis of coronary disease.^{18, 19} Recently, the Q wave in CM5

tores del segmento ST. Es importante recordarlo, ya que se ha publicado el caso de un paciente con una normalización durante el esfuerzo de una depresión leve del segmento ST que presentaba en condiciones basales, y que hizo un infarto agudo de miocardio diez minutos después.

El criterio clásico de una depresión anormal del segmento ST ha sido fijado en 0,1 mv o más de depresión horizontal o descendente del segmento ST.

La probabilidad y la gravedad de la enfermedad coronaria están en relación directa con la magnitud de la depresión del punto J e inversamente relacionadas con la pendiente del segmento ST en derivación V5.

Sin embargo, un electrodo puede mostrar una curva ascendente del segmento ST mientras que el electrodo precordial adyacente puede mostrar una depresión horizontal o descendente.

La Tabla 3 da una lista de las posibles causas de las respuestas de falso negativo y falso positivo.

Arritmias ventriculares provocadas por el esfuerzo: Aproximadamente en una tercera parte de los hombres asintomáticos que realizan una prueba máxima en la cinta, se producen extrasístoles ventriculares, y la frecuencia está directamente relacionada con la edad. Se presentan más frecuentemente con un máximo esfuerzo y generalmente no se reproducen al repetir la prueba. Un pequeño subgrupo de hombres sanos (aproximadamente un 2%) presentarán severas arritmias provocadas por el esfuerzo.¹⁷ Este subgrupo puede presentar un riesgo tres veces mayor que el normal de desarrollar enfermedad coronaria, pero solamente lo hará un 10% y solamente un 7% de ellos tendrá arritmias "ominosas".

Generalmente los enfermos coronarios presentan arritmias severas más frecuentemente, y comúnmente inferior frecuencia cardíaca que hombres sanos. Las arritmias suprimidas por el esfuerzo no descartan la existencia de enfermedad coronaria.

CAMBIOS EN LA ONDA R

Ahora se piensa que los pacientes que muestran un aumento o no disminuyen la amplitud de la onda R, en respuesta al esfuerzo, tienen una

Table 3

Possible causes of false positive ECG responses
(i.e., exercise-induced ST depression not due to coronary disease)

- 1) Hypertension
- 2) Excessive double product
- 3) Improper lead systems
- 4) Incorrect criteria
- 5) Improper interpretation
- 6) Valvular and congenital heart disease
- 7) Cardiomyopathies
- 8) Pericardial disorders
- 9) Drugs
- 10) Non-fasting state
- 11) Anemia
- 12) Sudden excessive exercise
- 13) Inadequate recording equipment
- 14) Bundle branch block
- 15) Left ventricular hypertrophy
- 16) WPW
- 17) Pre-excitation variants
- 18) Mitral valve prolapse syndrome
- 19) Vasoregulatory asthenia and abnormality
- 20) Hyperventilation

Causes of false negative ECG responses
(i.e., normal ST responses in patients with coronary disease)

- 1) Inadequate exercise stress
- 2) Too few leads monitored
- 3) Beta-blocking agents
- 4) Cancelling ST segment vectors
- 5) Improper recording equipment
- 6) Failure to consider other abnormal end points
- 7) Coronary lesions not causing ischemia

Tabla 3

Causas posibles de respuestas ECG falsas positivas
(por ejemplo, depresión del segmento ST inducido por el ejercicio no debido a enfermedad coronaria)

- 1) Hipertensión
- 2) Excesivo doble producto
- 3) Impropio sistema de derivaciones
- 4) Criterios incorrectos
- 5) Errónea interpretación
- 6) Enfermedad cardíaca valvular y congénita
- 7) Miocardiopatías
- 8) Enfermedad pericárdica
- 9) Drogas
- 10) Falta de ayuno
- 11) Anemia
- 12) Ejercicio excesivo súbito
- 13) Inadecuado equipo de registro
- 14) Bloqueo de rama
- 15) Hipertrofia ventricular izquierda
- 16) WPW
- 17) Variantes de preexcitación
- 18) Síndrome de prolapso valvular mitral
- 19) Astenia y anomalías de vasorregulación
- 20) Hiperventilación

Causas de respuestas ECG falsas negativas (por ejemplo, ST normales en pacientes con enfermedad coronaria)

- 1) Prueba de esfuerzo inadecuada
- 2) Pocas derivaciones de monitoreo
- 3) Agentes betabloqueantes
- 4) Vectores de segmento ST cancelados
- 5) Inadecuado equipo de registro
- 6) Insuficiencia para considerar otras razones de suspensión de la prueba
- 7) Lesiones coronarias no causantes de isquemia

has appeared to aid the interpretation of the exercise test.

SUBJECTIVE RESULTS

Careful observations of the patient's appearance is necessary for the safe performance of an exercise test and is helpful in clinical assessment. It is usually easy to identify patients who exaggerate their limitations or symptoms, those unwilling to cooperate, and those with an inadequate cardiac output. Findings on physical exam can be helpful, but their sensitivity and

disfunción ventricular izquierda. Esta respuesta se ha tomado en cuenta para diagnosticar la enfermedad coronaria. Se pensaba que un aumento de la onda R se debía a un aumento de volumen de fin de diástole ventricular izquierdo secundario a una disfunción isquémica. Sin embargo, no lo pudimos demostrar con un estudio angiográfico radioisotópico y un ECG de esfuerzo. En cambio, parece que los aumentos de la onda R durante un esfuerzo submáximo, son bastante normales y que, en pacientes coronarios, esto se debe a un stress inadecuado.

specificity have not been demonstrated. Gallop sounds, a mitral regurgitant murmur, or a precordial bulge could be due to left ventricular dysfunction, but these findings might not always be secondary to coronary artery disease.

Ischemic chest pain induced by the exercise test predicts the presence of coronary artery disease as well as does ST-segment shifts, and when both occur they are even more predictive of coronary disease than either alone.²⁰ This is an important reason for the physician to be present during the exercise test. The reproduction of atypical chest pain does not help, but if a physician is there to diagnose classic ischemic chest pain by questioning the patient then this symptom finding is important.

Actualmente no parece acertado tener en cuenta cambios de la onda R en el diagnóstico de enfermedad coronaria.^{18, 19}

Recientemente se ha descubierto que la onda Q en CM5 ayuda a la interpretación de la prueba de esfuerzo.

RESULTADOS SUBJETIVOS

Un examen cuidadoso del aspecto del paciente es necesario para la realización de la prueba con seguridad y resulta de gran ayuda para la evaluación clínica. Por lo común es fácil identificar a los pacientes que exageran sus limitaciones o síntomas, a quienes no quieren cooperar y aquellos con un gasto cardíaco inadecuado. Los hallazgos que surjan de un examen físico pueden ser útiles, pero su sensibilidad y especificidad no han sido demostradas.

Puede ser que ruidos de galope, un soplo mitral regurgitativo, o una expansión precordial, se deban a una disfunción ventricular izquierda, pero esto no siempre puede ser secundario a una enfermedad coronaria.

El dolor de pecho de carácter isquémico provocado por el esfuerzo o los cambios del segmento ST, denotan la presencia de enfermedad coronaria, y más aún si se presentan ambos.²⁰ Son una razón para que el médico esté presente durante la prueba.

La reproducción de un dolor de pecho atípico no ayuda, pero la habilidad del médico para interrogar permitirá concluir la característica isquémica del dolor.

REFERENCES (BIBLIOGRAFIA)

1. Froelicher VF: Exercise testing as part of the reasonable workup before recommending medical or surgical therapy for coronary heart disease. *Circulation* (in press).
2. Froelicher VF, Maron D: Using exercise testing and ancillary techniques to screen for coronary heart disease: A review. *Progress Cardiovasc Dis* (in press).
3. McNeer JF, Margolis JR, Lee KL, Kisslo JA, Peter RH, Kong Y, Behar VS, Wallace AG, McCants CB, Rosati RA: The role of the exercise test in the evaluation of patients for ischemic heart disease. *Circulation* 57: 64, 1978.
4. Froelicher VF, Brammell H, Davis G, Noguera I, Stewart A, Lancaster MC: A comparison of the reproducibility and physiologic response to three maximal treadmill exercise protocols. *Chest* 65: 512, 1974.
5. Niederberger M: Values and limitations of exercise testing after myocardial infarction. Verlag Bruder Hollinek. Wien, Vienna, Switzerland, 1977.
6. American Heart Association Committee Report: Standards for adult exercise testing laboratories. *Circulation* 59: 421A, 1979.
7. American Heart Association: The Exercise Standard Book (70-041A). Dallas, Texas, 1979.
8. Lategola MT, Busby DE, Lyne PJ: ST-segment distortions by high-side frequency filtration in direct-writing ECG recorders. *Aviation Space Environmental Medicine* 48: 264, 1977.
9. Bhargava V, Watanabe K, Froelicher VF: Progress in computer analysis of the exercise electrocardiogram. *Am J Cardiol* 47: 1143, 1981.
10. Wolthuis R, Froelicher V, Fischer J: A new practical clinical treadmill protocol. *American Journal of Cardiol* 39: 697, 1977.
11. Morris SN, Phillips J, Jordan J, McHenry PL: The incidence and significance of decreases in systolic BP during treadmill

- testing. *Am J Cardiol* 41: 221-226, 1978.
12. Sheps DS, Ernst JC, Briese FW, Myerburg RJ: Exercise-induced increase in diastolic pressure: Indicator of severe coronary artery disease. *Am Journ of Cardiol* 43: 708, 1979.
 13. Wolthuis RA, Froelicher VF, Fischer J, Triebwasser J: The response of healthy men to treadmill exercise. *Circulation* 55: 153, 1977.
 14. Simoons ML, Brand M, Hugenholtz PG: Quantitative analysis of exercise ECGs and left ventricular angiograms in patients with abnormal QRS complexes at rest. *Circulation* 55: 55, 1977.
 15. Sweet RL, Sheffield LT: Myocardial infarction after exercise induced ECG changes in a patient with variant angina pectoris. *American Journ of Cardiol* 33: 813, 1974.
 16. Chaitman BR, Hansen J: Comparative sensitivity and specificity of exercise ECG lead systems. *Am J Cardiol* 47: 1335, 1981.
 17. Froelicher VF, Thompson AJ, Longo MR, Triebwasser JH, Lancaster MC: Value of exercise testing for screening asymptomatic men for latent coronary artery disease. *Progress in Cardiovasc Dis* 18: 265, 1976.
 18. Battler A, Froelicher V, Slutsky R, Ashburn W: Relationship of QRS amplitude changes during exercise to left ventricular function, volumes, and the diagnosis of coronary artery disease. *Circulation* 60: 1004, 1979.
 19. Froelicher VF, Wolthuis R, Fischer J, Uhl G: Variations in normal electrocardiographic response to treadmill testing. *Am J Cardiol* 47: 1161, 1981.
 20. Weiner DA, McCabe C, Hueter DC, Ryan TJ, Hood WB: The predictive value of anginal chest pain as an indicator of coronary disease during exercise testing. *Am Heart Journal* 96: 458, 1978.