

CONTRIBUCIONES ORIGINALES

Ejercicios físicos durante el embarazo

CARMEN G. DOMÍNGUEZ DE COSTA,¶
PAULINA EISENBERG DE SMOLER,¶
MIGUEL LINDIG# Y
SAMUEL KARCHMER‡¶

Debido a la actual perfección de los equipos de electrocardiografía dinámica, ya es posible obtener registros electrocardiográficos maternos durante el ejercicio físico, aunque en ocasiones no reflejen los componentes reales del fenómeno electrocardiográfico. En cambio, aún no es posible el registro del electrocardiograma fetal durante los movimientos. Por ello sólo se analizan los trazos obtenidos antes y después del ejercicio, lográndose hacer una clasificación tentativa de la tolerancia fetal al ejercicio físico materno, sobre la base de los cambios hemodinámicos ocasionados por el mismo.

El primer antecedente de uso de pruebas de esfuerzo durante el embarazo data de 1928. Fue Hare¹ quien describió por primera vez que la mujer tolera el ejercicio físico, en forma similar, tanto durante el embarazo como fuera de él. En 1956 Morris,² mediante la valoración de la circulación placentaria con sodio radiactivo, sometió a ejercicio en bicicleta a dos grupos de mujeres embarazadas, unas normales y otras toxémicas. Observó la disminución de ese flujo en ambos grupos, más notorio en las toxémicas.

A partir de esta fecha, el ejercicio físico se empleó

como método de investigación para tratar de conocer diferentes aspectos fisiológicos materno-fetales. A pesar de ello, han sido escasos los estudios y a la fecha no hay uniformidad en la técnicas, ni en la metodología a emplear y menos aún, en la interpretación de los resultados.³⁻⁷

En nuestro país, fue en el Hospital de Gineco-Obstetricia No. 1 del I.M.S.S. que se inició, en 1970, la investigación del efecto del ejercicio físico materno sobre los registros electrocardiográficos materno-fetales durante el embarazo.⁸

En una primera etapa de estudio, se utilizó la escalera de Masters (fig. 1), efectuando la embarazada cincuenta ascensos y descensos. En esta etapa también se usó la banda sin fin, caminando las pacientes durante treinta minutos a una velocidad de 2.7 millas por hora, con inclinación de 10 por ciento (fig. 2). Se registró el electrocardiograma materno-fetal antes del ejercicio (trazo control), inmediatamente al concluir este, al minuto, a los tres, a los cinco y a los diez minutos.

* Presentado en el Primer Congreso de Ingeniería Biomédica, celebrado del 16 al 18 de noviembre de 1978 en la ciudad de México.

‡ Académico numerario.

¶ Departamento de Investigación en Medicina Perinatal. Hospital de Gineco-Obstetricia No. 4. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Unidad Iztapalapa. Universidad Autónoma Metropolitana.



Fig. 1. Se ve a la paciente sin dificultad, realizando la prueba de esfuerzo en escalerilla de Masters. En el extremo izquierdo, se distingue el electrocardiógrafo conectado al preamplificador para electrocardiografía fetal.



Fig. 2. La embarazada realiza el esfuerzo físico caminando en la banda sin fin; con flechas se señalan el radiotransmisor de telemetría sujeto al brazo y radiorreceptor conectado a un electrocardiógrafo. Equipos útiles para "monitoreo" del electrocardiograma de la madre durante el ejercicio físico.

Cuadro 1. Prueba de velocidad variable en banda sin fin

Inclinación 10%	
Tiempo (min.)	Velocidad (m.p.h.)
3	1.7
2	3.0
2	4.0
3	5.0

Kemp y Ellested, 1967.

El procedimiento anterior fue modificado en una segunda etapa, para incluir registros hasta veinte y treinta minutos después del término del ejercicio, en virtud de que en algunas pacientes la frecuencia cardíaca no recuperaba los valores originales, al cabo de diez minutos de haber finalizado el ejercicio. Los resultados obtenidos en esta segunda etapa del estudio mostraron que las frecuencias cardíacas inmediatas no eran las requeridas para el grado de ejercicio realizado.¹¹

Para explicar lo anterior se formularon dos hipótesis: 1) el ejercicio realizado no era suficiente; 2) el lapso transcurrido entre el término del ejercicio y el momento de registro, o sea, el tiempo requerido para que la paciente se apeara de la banda sin fin, se trasladara a la cama y recostara en ella, constituía un periodo de reposo suficiente para causar disminución en la frecuencia cardíaca.

Con esto, se pasó a una tercera etapa de los estudios, para someter a prueba la primera hipótesis. Además, se inició el estudio de otros tipos de pruebas de esfuerzo. Primeramente se utilizó la prueba de Kemp y Ellested,⁹ en la cual la velocidad y el tiempo se variaban, pero la inclinación permanecía constante (cuadro 1); posteriormente se utilizó la prueba de Bruce,¹⁰ que se diferencia de la anterior por tener velocidad e inclinación variables. Conviene mencionar que esta prueba es actualmente de las más empleadas para valorar insuficiencia coronaria (cuadro 2).

Con respecto a la segunda hipótesis, se iniciaron los estudios con equipo de telemetría, a fin de vigilar la frecuencia cardíaca materna durante el ejercicio (fig. 2).

Resultados y comentarios

La prueba de Bruce resultó más efectiva, al originar, en lapsos de tiempo menores, un incremento en la frecuencia cardíaca materna hasta valores requeridos según Robinson, reflejando un cambio hemodinámico máximo (cuadro 3). El uso de la telemetría permitió verificar que la frecuencia cardíaca

Cuadro 2. Prueba de estadios múltiples de Bruce.

Estadio	Velocidad Millas/hora	Grado %	Grado de inclinación	Ascenso Metros/min.
Primero	1.7	10	5.7°	4.3
Segundo	2.5	12	6.8°	8.0
Tercero	3.4	14	8.0°	13.0
Cuarto	4.2	16	9.0°	18.0
Quinto	5.0	18	10.0°	24.0
Sexto	5.5	20	11.0°	29.0
Séptimo	6.0	22	12.4°	

materna disminuía rápidamente al suspenderse el ejercicio, confirmándose con esto que las frecuencias registradas en la primera etapa del estudio, correspondían a una fase de recuperación.

Al pretenderse efectuar estudios de morfología del electrocardiograma durante el esfuerzo, se encontró, entre otros problemas, el fenómeno ya descrito por Bisteni,¹² de la falta de equivalencia morfológica del electrocardiograma telemétrico con el electrocardiograma obtenido sin telemetría (fig. 3), ya que las derivaciones utilizadas en telemetría no son las mismas que las usadas en electrocardiografía de rutina.

Con respecto al electrocardiograma fetal, no ha sido posible registrarlo durante el ejercicio (fig. 4), debido a que las características de la señal obtenida

por medio de electrodos abdominales en lo que a amplitud se refiere (3-100 mV), la hacen especialmente susceptible de ser enmascarada por señales de origen muscular propios del ejercicio. Por otra parte, las características técnicas del equipo disponible no incluyen ganancia suficiente ni facilidades de filtrado indispensables para verificar la veracidad de tales registros.^{13,14}

Por las razones anteriores la evaluación de la respuesta cardíaca fetal al ejercicio materno no es completa. Sin embargo, con los valores de frecuencia cardíaca que se han obtenido antes y después del esfuerzo (fig. 5), se han elaborado clasificaciones tentativas (cuadro 4), tratando de conocer de este modo, algunos aspectos de tolerancia fetal al

Cuadro 3. Tabla de frecuencias cardíacas requeridas.

Edad (años)	20	25	30	35	40
% de frecuencia cardíaca (No entrenadas)	Frecuencia cardíaca Lat./min.				
100%	197	195	193	191	189
90%	177	175	173	172	170
85%	167	165	164	162	151
80%	157	156	154	153	151
75%	148	146	144	143	142
60%	118	117	115	114	113
(Entrenadas)					
100%	190	188	186	184	182
90%	171	169	167	166	164
85%	161	159	158	156	154
80%	152	150	148	147	145
75%	143	141	140	138	137
60%	114	113	112	110	109

Modificada por Robinson

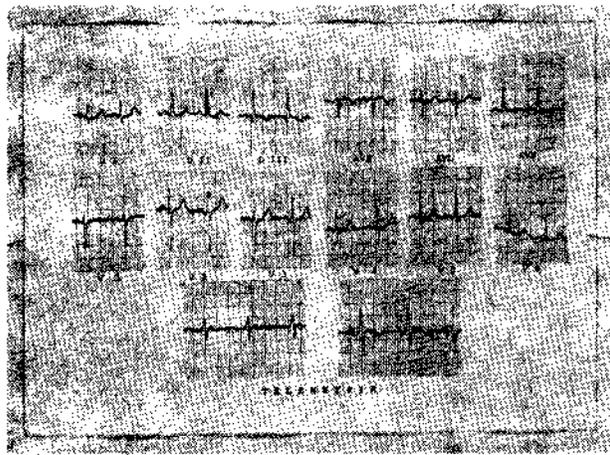


Fig. 3. Obsérvese que la morfología de los trazos electrocardiográficos obtenidos con telemetría (parte inferior), no tiene ningún parecido con la de los trazos de las doce derivaciones tomadas con un electrocardiógrafo de rutina (parte superior).

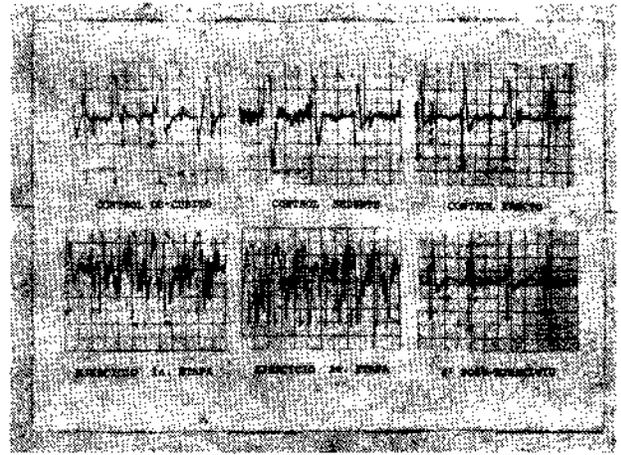


Fig. 4. Nótese que en los trazos electrocardiográficos fetales marcados con la palabra *ejercicio* no se identifican ni los complejos maternos (M) ni los fetales (F), no así en el resto obtenido en reposo.

Cuadro 4. Clasificación de la frecuencia cardiaca fetal al esfuerzo materno.

Respuesta negativa:	Modificaciones hasta de 9 lat./min con respecto al ECGF de control durante todos los tiempos de registro. Significado: El producto tolera bien los esfuerzos maternos.
Respuesta positiva:	Modificaciones de 10 lat./min. en los registros de ECGF cuando menos en dos tiempos de registro. Significado: Producto probablemente en malas condiciones que se agravan con los esfuerzos maternos. Según la edad, requiere repetición de la prueba o monitorización de trabajo de parto.
Respuesta sugestiva:	Modificación de 10 lat./min. en los registros de ECGF en un solo tiempo de registro. Significado: Difiere en grado de la anterior.
Respuesta específica:	ECGF de control con bradicardia, taquicardia o alteraciones morfológicas. Con el esfuerzo materno aumento la FCF a expensas de extrasístoles. Significado: Producto con trastornos en la conducción del impulso eléctrico cardiaco. Requiere además de monitorización durante el trabajo de parto, de la presencia de personal, equipo y medicamentos específicos (cardiólogo, marcapaso, electrolitos, etc.).
Respuesta no concluyente:	a) la madre no alcanza la frecuencia cardiaca requerida. b) el registro de ECGF no es satisfactorio. Significado: Deben analizarse las causas y repetirse las pruebas.

ECGF: Electrocardiograma fetal externo.

FCF: Frecuencia cardiaca fetal.

PRUEBA DE ESFUERZO MATERNA

TIEMPOS DE REGISTRO

CONTROL	ESFUERZO	IMEDIATO
DEC. D. y L. SED. ERECT.	1A 2A 3A 4A ETC.	EREC. SED. DEC. D + T.A.
E C G M F E	ETAPAS	E C G M F E
TELEMETRIA MAT.	TELEMETRIA MAT.	TELEMETRIA MAT.
T. A.		

POST ESFUERZO EN DECUBITO

2 MIN.	4 MIN.	6 MIN.	8 MIN.	10 MIN.
	E. C. G. M. F. E.			
15 MIN.	20 MIN.	25 MIN.	30 MIN. + T. A. LAT. + T. A.	
	E. C. G. M. F. E.			

ECGMFE: Electrocardiograma materno fetal externo.
Telemetría Mat: Electrocardiograma materno registrado mediante telemetría.
T. A.: Tensión arterial
Dec. D.: Decúbito dorsal
Dec. L.: Decúbito lateral
Sed.: Sedente
Erect.: Erecto

Fig. 5. Esquemáticamente se observa la rutina de tiempos de registro obtenidos en una prueba de esfuerzo materno.

ejercicio físico materno con un prueba estandarizada, ya que quienes han estudiado la influencia del ejercicio sobre el feto, lo han hecho en forma arbitraria.^{3,4,7}

Por otra parte, puede suponerse que este ejercicio corresponde a un cambio hemodinámico menor que el acaecido durante trabajo de parto, al que se agregan, además de factores antifisiológicos por posición de decúbito de la paciente, los fisiológicos propios del parto, como la compresión de la vena cava por el útero grávido, la hipotensión supina, la contractilidad uterina y otros.

Para conocer las modificaciones hemodinámicas maternas que se presentan durante su actividad diaria (ejercicio físico), así como el comportamiento

de otras variables fisiológicas (tensión arterial, temperatura) se requieren equipos más complejos y técnicas no invasivas. Gran parte de la solución de este problema radica en el trabajo conjunto del ingeniero biomédico y el investigador clínico.

REFERENCIAS

- Hare, D. C. y Karn, M. N.: *An investigation of blood pressure, pulse rate and response to exercise during normal pregnancy, and some observations after confinement.* Quart J. Med. 22: 381, 1928.
- Morris, N.; Osborne, S. B.; Wright, H. P. y Heart, A.: *Effective uterine bloodflow during exercise in normal and pre-eclamptic pregnancies.* Lancet 2: 481, 1956.
- Hon, H. E. y Wohlgemuth, R.: *The electronic evaluation of fetal heart rate. VI. The effect of maternal exercise.* Amer. J. Obstet. Gynecol. 81: 261, 1961.
- Stembera, Z. K. y Hord, J.: *The "exercise test" as an early diagnostic aid for foetal distress.* En: *Intrauterine dangers to the fetus.* Horsky, J. y Stembera, Z. K. (Eds.) Amsterdam, Excerpta Médica Foundation, 1967, p. 349.
- Emmanoulides, G. C.; Hobel, C. J.; Yashiro, K. y Klyman, C.: *Fetal responses to maternal exercise in the sheep.* Amer. J. Obstet. Gynec. 112: 130, 1972.
- Terada, M.: *Effect of physical activity before pregnancy on fetuses of mice exercised forcibly during pregnancy.* Teratology 10: 141, 1974.
- Erkkola, R.: *Physical work capacity and pregnancy.* Sarja Series D, Médica Odontológica 5: 7, 1976.
- Eisenberg, P.; Karchmer, S.; Castelazo, L. y Armas, J.: *El electrocardiograma fetal durante el ejercicio materno.* Ginec. Obst. Méx. 35: 521, 1974.
- Eisenberg, P.; Armas, J.; Domínguez, C. y Karchmer, S.: *Ejercicio materno y frecuencia cardíaca materno fetal.* Arch. Invest. Méd. (Méx). 5: 595, 1974.
- Domínguez, C.; Eisenberg, P.; Armas, J. y Karchmer, S.: *Pruebas de esfuerzo, frecuencia cardíaca y cambios de posición materna.* Ginec. Obstet. Méx. 42: 11, 1977.
- Robinson, S.: *Experimental studies of physical fitness.* Arbeitsphysiologie 10: 251, 1938.
- Bisteni, A.: *El electrocardiograma registro integral del fenómeno eléctrico?* Arch. Inst. Cardiol. (Méx.) 47: 383, 1977.
- Eisenberg, P.; Domínguez, C.; Linding, M. y Karchmer, S.: *Aplicaciones actuales de ECG fetal externo.* Sem. Med. Centroamér. Panamá. 1: 315, 1975.
- Eisenberg, P.; Domínguez, C. y Linding, M.: *Electrocardiografía fetal con electrodos externos. Problemática de registro.* Rev. Mex. Ing. Biom. 1: 17, 1978.