



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**Instituto Nacional de Perinatología
ISIDRO ESPINOSA DE LOS REYES**

**“CURVAS DE APRENDIZAJE CON SUMATORIA ACUMULADA PARA
CORDOCENTESIS EN UN MODELO DE BAJO COSTO”**

T E S I S
para obtener el Título de
ESPECIALISTA EN MEDICINA MATERNO FETAL

PRESENTA

DRA. BIBIANA ANDREA PÉREZ ESTRADA

DRA. SANDRA ACEVEDO GALLEGOS
Profesora Titular del Curso de Especialización en
Medicina Materno Fetal

DR. JUAN MANUEL GALLARDO GAONA
Asesor de Tesis

DRA. SANDRA ACEVEDO GALLEGOS
DRA. BERENICE VELAZQUEZ TORRES
DR. MARIO ISAAC LUMBREERAS MÁRQUEZ
Asesores Metodológicos





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

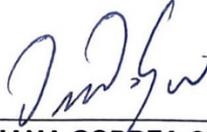
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AUTORIZACIÓN DE TESIS:

TÍTULO DE TESIS
"CURVAS DE APRENDIZAJE CON SUMATORIA ACUMULADA PARA
CORDOCENTESIS EN UN MODELO DE BAJO COSTO"



DRA. VIRIDIANA GORBEA CHÁVEZ
Directora de Educación en Ciencias de la Salud
Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



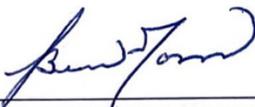
DRA. SANDRA ACEVEDO GALLEGOS
Profesora Titular del Curso de Especialización en Medicina Materno Fetal Instituto
Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



DR. JUAN MANUEL GALLARDO GAONA
Asesor (a) de Tesis
Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



DRA. SANDRA ACEVEDO GALLEGOS
Asesor (a) Metodológico de Tesis
Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



DRA. BERENICE VELAZQUEZ TORRES
Asesor (a) Metodológico de Tesis
Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



DR. MARIO ISAAC LUMBRERAS MÁRQUEZ
Asesor (a) Metodológico de Tesis
Universidad Panamericana

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Antecedentes	5
Material y métodos	6
Resultados	7
Discusión	10
Conslusiones	11
Referencias	12
Anexos	14

Resumen

Objetivo: Describir la curva de aprendizaje para cordocentesis en un simulador de bajo costo en residentes de medicina materno fetal (MMF).

Material y métodos: Se llevo a cabo un estudio observacional, descriptivo, educativo y prospectivo de gráfico de control para evaluar la curva de aprendizaje de cordocentesis en un modelo de bajo costo, de Julio a Noviembre de 2022. Después de un curso introductorio basado en una técnica estandarizada para cordocentesis, cada residente de MMF realizó este procedimiento utilizando un modelo de simulación de bajo costo y especialistas experimentados supervisaron los procedimientos. Luego se crearon curvas de aprendizaje utilizando el análisis de suma acumulativa (CUSUM).

Resultados: Se evaluó a siete residentes de MMF de segundo año sin experiencia previa en cordocentesis por especialistas experimentados, en total se evaluaron 2,676 procedimientos. En promedio los residentes realizaron 382 ± 70 procedimientos. La media de procedimientos para alcanzar la competencia fue de 369 ± 70 , la tasa general de éxito fue del 84.16%, mientras que la tasa de falla fue de 15.84%. Al final del estudio todos los residentes se consideraron competentes en cordocentesis. Algunas de las las razones de intentos fallidos incluyeron el no llegar al punto indicado (20.99%) y no lograr aspirar la muestra (69.10%). Un residente requirió 466 intentos para alcanzar la competencia, realizando en total 478 procedimientos, por otro lado el residente con menos intentos para alcanzar la competencia requirió 219 procedimientos, realizando en total 232 procedimientos.

Conclusiones: Las curvas CUSUM además del uso de modelos de simulación, son útiles en el aprendizaje individualizado, permitiendo de manera objetiva mostrar la competencia para la técnica de cordocentesis en modelos de bajo costo en residentes de medicina materno fetal.

Cumulative sum learning curves for cordocentesis in a low-cost model

Abstract

Objective: To describe the learning curve for cordocentesis in a low-cost simulator for maternal-fetal medicine (MFM) residents.

Material and methods: An observational, descriptive, educational, and prospective control chart study was carried out to assess the learning curve of cordocentesis in a low-cost model, from July to November 2022. After an introductory course based on a standardized technique for cordocentesis, each MFM resident performed this procedure using a low-cost simulation model and experienced specialists supervised the procedures. Learning curves were then created using cumulative sum analysis (CUSUM).

Results: Seven second-year MFM residents with no previous experience in cordocentesis were evaluated by experienced specialists, and a total of 2,676 procedures were assessed. On average, residents performed 382 ± 70 procedures. The mean number of procedures to achieve competency was 369 ± 70 , the overall success rate was 84.16%, while the failure rate was 15.84%. At the end of the study, all residents were considered competent in cordocentesis. Some of the reasons for failed attempts included not reaching the indicated point (20.99%) and not being able to aspirate the sample (69.10%). One resident required 466 attempts to achieve competency, performing a total of 478 procedures, while the resident with the fewest attempts to reach competency required 219 procedures, performing a total of 232 procedures.

Conclusions: CUSUM curves, in addition to the use of simulation models, are useful in individualized learning, allowing for an objective demonstration of competency for the cordocentesis technique in low-cost models for MFM residents.

Antecedentes

La cordocentesis, es un procedimiento donde se obtiene sangre de cordón umbilical del feto para su análisis, también se puede utilizar para administración de productos sanguíneos o medicamentos.(1) Las complicaciones más frecuentemente son sangrado en el sitio de punción, bradicardia e infección.(1) La pérdida fetal tiene riesgo de 1,5 a 2,8%.(2)

La supervisión activa del aprendizaje durante el procedimiento es estresante para la paciente y puede ser perjudicial para el feto. Es útil un entrenamiento basado en simulación, para ayudar con la enseñanza y el aprendizaje de las habilidades técnicas requeridas al realizar una cordocentesis.(3) Por fortuna, se han descrito varios modelos desde la introducción de este procedimiento en 1983, utilizando los contruoidos de bajo costo, hasta los disponibles comercialmente donde los costos son relativamente elevados.(4-6)

La habilidad y experiencia del operador para realizar procedimientos invasivos aumenta proporcionalmente con el número de procedimientos realizados.(4) Se han realizado algunos estudios que describen el entrenamiento de médicos en formación en cordocentesis. En la unidad de medicina materno fetal (MMF) de la Universidad de Chiang Mai, un estudio incluyó a cinco becarios, capacitados entre 2003-2007, en donde se evaluaron procedimientos realizados entre las 18-22 semanas de gestación, cada becario realizó un promedio de 223 procedimientos en modelo in vitro y posteriormente realizaron cordocentesis en una de las pacientes seleccionadas. Reportando tasas de éxito individuales entre 98.1 y 100%.(7) Posteriormente se compararon los resultados de las primeras 50 cordocentesis realizadas por operadores sin capacitación previa en un modelo in vitro (grupo control); con operadores que sí recibieron capacitación. El tiempo promedio en el grupo control fue significativamente mayor que en el grupo de estudio (13.2 vs. 6.4 min, $p < 0.001$). Por el contrario, la tasa de éxito fue significativamente menor (94,8 vs. 98,8%, $p = 0.011$). No hubo diferencias en la tasa de pérdida fetal.(5)

Se ha evaluado la competencia en la realización de procedimientos quirúrgicos mediante herramientas estadísticas como las curvas de aprendizaje de

sumatoria acumulativa (CUSUM) (8) que están diseñadas para indicar cuando un proceso se desvía de un nivel aceptable de rendimiento. Además del control de calidad, el análisis CUSUM puede estimar el número de procedimientos necesarios para alcanzar un nivel predeterminado de desempeño aceptable.(9) En el Instituto Nacional de Perinatología, se ha evaluado la adquisición de competencias para procedimientos invasivos en médicos residentes, a través de modelos adaptados de bajo costo para amniocentesis y toma de biopsia de vellosidades coriales, utilizando curvas CUSUM, logrando mostrar su utilidad y objetivando la adquisición de competencias.(10–12)

El uso de simuladores provee al residente de MMF las competencias necesarias para la práctica de procedimientos invasivos que se realizan cada vez con menos frecuencia.(3) En el presente estudio se utilizó el modelo gráfico CUSUM para describir la curva de aprendizaje para cordocentesis en un simulador adaptado de bajo costo (5) como parte del entrenamiento de los residentes de MMF de segundo año.

Material y Métodos

Se llevó a cabo un estudio observacional, educativo, descriptivo y prospectivo de gráfico de control para la evaluación del aprendizaje de la técnica de cordocentesis en un simulador de bajo costo en siete médicos residentes de MMF de segundo año sin experiencia en la realización de cordocentesis, en el Instituto Nacional de Perinatología en México, de julio a noviembre de 2022. Se utilizó un modelo de bajo costo, adaptado a través de modificaciones (13), el cual se realiza con un contenedor plástico rectangular de 18x35x15 cm, con una esponja fijada en el fondo simulando la placenta, también se fija un extremo de cordón umbilical al fondo del recipiente, el otro extremo se fija a la tapa plástica del contenedor, que está cubierta por una tela tipo malla, encima de la cual se coloca una bolsa resellable rellena de gel para ultrasonido, finalmente el recipiente se llena de agua. (Anexo 1)

A los residentes elegibles de participar en el estudio se les explicó el objetivo del proyecto y a aquellos que aceptaron participar se les impartió una sesión educativa sobre aspectos como definición, indicaciones, técnica estandarizada [14]

y complicaciones de la cordocentesis, así mismo se aclararon dudas con respecto al procedimiento. Se proporcionó una descripción detallada del modelo de simulación, su construcción y utilización para la técnica de cordocentesis (Anexo 2). Los procedimientos fueron supervisados por especialistas experimentados en MMF que evaluaron dichos procedimientos con una lista de cotejo elaborada para este propósito (Anexo 3). Se consideró como procedimiento exitoso si se cumplió con todos los pasos descritos en la lista de cotejo. Se llevaron a cabo sesiones de realimentación para aclarar dudas sobre la técnica y disminuir errores en la simulación del procedimiento. Posteriormente se creó una curva de aprendizaje individual utilizando el análisis CUSUM.(12) Después de completar el proceso de entrenamiento, cada participante llenó una encuesta sobre la satisfacción general con el entrenamiento sobre cordocentesis (Anexo 4).

Para el análisis CUSUM se utilizó la metodología descrita por Bolsin y Colson (12). Los umbrales para las tasas de falla aceptable (p_0) e inaceptable (p_1) se definieron en 10% y 25%, respectivamente. Posteriormente se calcularon los límites de decisión h_0 y h_1 (-1.99 y 1.99 respectivamente, Tabla complementaria 1). La curva comienza en 0, por cada éxito se resta el valor de s (0.17), y por cada fracaso, se suma el valor de $1-s$ (0.83), una tendencia negativa de la curva demuestra progresión hacia la competencia, mientras que el ascenso indica bajo rendimiento. Cuando el alumno alcanza la línea de decisión h_0 , muestra que se ha logrado la competencia, por el contrario, cruzar h_1 demuestra una tasa de falla inaceptable para el procedimiento. Si la curva se mantiene entre las dos líneas, no se pueden hacer inferencias estadísticas y se necesitan más intentos. Los datos se presentan como media (desviación estándar), mediana (rango intercuartílico) o número (%).

Resultados

Se analizaron las curvas de aprendizaje de la técnica de cordocentesis en un modelo de bajo costo de 7 residentes del segundo año de MMF, las cuales se muestran en la Figura 1.

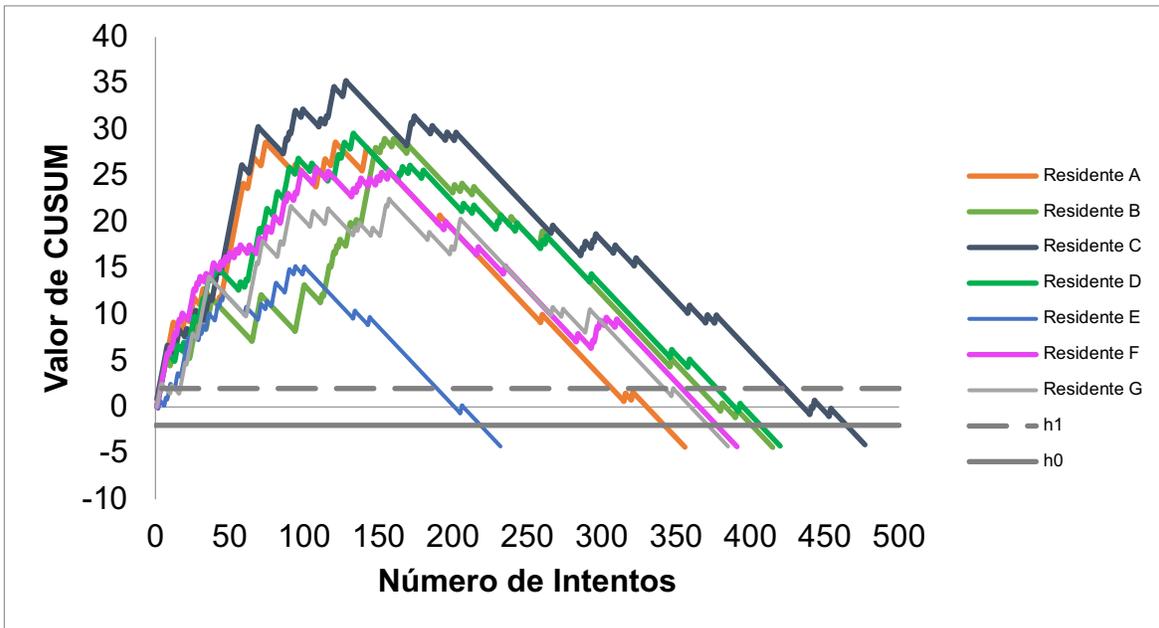


Figura 1. Curvas de aprendizaje individual de los residentes evaluados calculadas a través de CUSUM.

Los resultados de cada residente, incluido el número de intentos realizados, el número de intentos necesarios para demostrar competencia, el porcentaje de éxito y falla, así como las razones para considerar un intento insatisfactorio, se presentan en la Tabla 1. En la Tabla 2 se presenta el número de intentos realizados, el número de intentos necesarios para demostrar competencia y las tasas generales de éxito y falla, así como las razones para considerar un intento no satisfactorio.

Los procedimientos fueron calificados como éxito o falla (sí/no) con base a la lista de cotejo mencionada en la sección anterior. Se evaluaron en total 2,676 procedimientos, donde el promedio del número de procedimientos realizados fue de 382 ± 70 . Al final del estudio todos los residentes se consideraron competentes en cordocentesis, la media de procedimientos para alcanzar la competencia fue de 369 ± 70 , la tasa general de éxito fue del 84.16 %, mientras que la tasa de falla fue de 15.84%. Algunas de las las razones de intentos fallidos incluyeron el no llegar al punto indicado (20.99%) y no lograr aspirar la muestra (69.10%). Un residente requirió 466 intentos para alcanzar la competencia, realizando en total 478 procedimientos, por otro lado el residente con menos intentos para alcanzar la competencia requirió 219 procedimientos, realizando en total 232 procedimientos.

La encuesta de satisfacción (Tabla 3) que se aplicó a los residentes después de la capacitación mostró que el 100% de los participantes considera que la utilización del modelo mejoró su percepción del espacio en la técnica de cordocentesis y esta estrategia facilitó su aprendizaje y destreza. El 85% de los participantes considera que esta estrategia fue útil en su formación como residentes de MMF.

Tabla 1. Resultados obtenidos por cada residente de medicina materno fetal evaluado.

Residente	Numero de Procedimientos Realizados	Número de Procedimientos para alcanzar la competencia	Éxito (%)	Falla (%)	Algunas razones para considerar un intento como insatisfactorio ^a	
					No llega al punto indicado (%)	No logra aspirar la muestra (%)
A	356	343	300 (84.26)	56 (15.74)	14 (25)	32 (57.14)
B	415	401	349 (84.1)	66 (15.9)	17 (25.75)	42 (63.63)
C	478	466	401 (83.89)	77 (16.11)	18 (23.37)	54 (70.1)
D	419	407	352 (84)	67 (16)	15 (22.38)	48 (71.64)
E	232	219	197 (84.9)	35 (15.1)	5 (14.2)	26 (74.2)
F	391	378	329 (84.14)	62 (15.86)	12 (19.35)	44 (70.96)
G	385	372	324 (84.15)	61 (15.85)	8 (13.11)	47 (77)

^aPara cada intento se seleccionaron una o más características.

Tabla 2. Resultados generales del desempeño de los residentes de medicina materno fetal.

Promedio del número de procedimientos realizados, (SD)	Promedio del número de procedimientos para alcanzar la competencia, (SD)	Tasa de éxito general, N (%) ^a	Tasa de falla general, N (%) ^a	Razones para considerar un intento como insatisfactorio ^b	
				No llega al punto indicado, N (%)	No logra aspirar la muestra, N (%)
382 (70)	369 (70)	2,252 (84.16)	424 (15.84)	89 (20.99)	293 (69.1)

Abreviaciones: DS = desviación estándar.

Nota: N = 7 residentes de Medicina Materno Fetal.

^aNúmero total de procedimientos fue de 2,676.

^bPara cada intento se seleccionaron una o más características.

Tabla 3. Resultados de la encuesta de satisfacción.

Pregunta evaluada	Resultado de la encuesta en porcentajes (%)				
	Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil
La información otorgada previa a la práctica con el modelo de cordocentesis le fue útil	0	0	0	28.50	71.50
El modelo utilizado para la práctica de cordocentesis le pareció útil en su práctica	0	0	0	42.85	57.15
Considera que la utilización de modelos de bajo costo para cordocentesis le otorgo confianza en su práctica	0	0	0	28.50	71.50
Considera que la utilización del modelo para cordocentesis mejoró su percepción del espacio en la técnica de cordocentesis	0	0	0	0	100
Esta estrategia facilitó su aprendizaje y realización de cordocentesis	0	0	0	0	100
La práctica en modelo de cordocentesis mejoró la técnica en la realización de la misma	0	0	0	42.85	57.15
Considera que esta estrategia en modelos de bajo costo para aprendizaje de cordocentesis es útil en la formación del residente de Medicina Materno Fetal	0	0	0	14.28	85.72

Discusión

Las curvas CUSUM, además de su uso en modelos de simulación, se han utilizado para evaluar habilidades técnicas, que permiten adquirir competencias básicas para realizar diferentes procedimientos médicos y minimizar complicaciones.(15) En la actualidad, la cordocentesis no es un procedimiento que se realice de forma habitual, y la mayoría de las veces, es efectuado por médicos expertos (1), lo que limita la adquisición de competencia en esta técnica entre los residentes de MMF.

Existen pocos estudios que evalúen objetivamente el aprendizaje de la técnica de cordocentesis en simuladores, por lo que no se ha determinado el número de procedimientos necesarios para lograr la competencia. Tongprasert y colaboradores(13), describieron en 2005, la experiencia de 50 cordocentesis después de practicar en un modelo realizando 300 procedimientos exitosos, sin embargo no se reporta el número total de procedimientos que realizaron, incluyendo los no exitosos. En nuestro estudio de modelo adaptado de bajo costo utilizando el análisis de las curvas CUSUM de la técnica de cordocentesis en un modelo de bajo costo, se observó que son necesarios 369 intentos para alcanzar la competencia en residentes de segundo año de MMF.

Anteriormente se realizaron estudios para evaluar la técnica de biopsia de vellosidades coriónicas y amniocentesis en modelos de bajo costo usando curvas de aprendizaje; Lumbreras y colaboradores (10), evaluaron el proceso de aprendizaje para biopsia de vellosidades coriónicas en 4 residentes de MMF con una media para determinar la competencia de $63,3 \pm 11,2$ y con una tasa general de fracaso de 8,1%, mientras que Ramírez y colaboradores (11), evaluaron 14 residentes de MMF para la realización de amniocentesis, reportando un promedio de 255 ± 53 procedimientos para alcanzar la competencia, con una tasa general de fallo del 16%. En nuestro estudio reportamos una media de 369 ± 70 procedimientos para alcanzar la competencia, con un promedio de falla general del 15.84%. Observamos que nuestros resultados muestran mayor cantidad de procedimientos necesarios, respecto a los previamente reportados en la literatura, lo que podría explicarse principalmente porque la lista de cotejo empleada en el presente estudio

fue muy estricta y además los participantes no tenían experiencia previa en el procedimiento.

De manera general observamos que las curvas de los residentes no progresaron hacia la competencia de manera rápida, a pesar de que se proporcionaba retroalimentación inmediata posterior al procedimiento por médicos evaluadores expertos, por lo que capacitaciones adicionales fueron necesarias para mostrar las principales fallas en la técnica y estrategias para corregirlas, después de dichas sesiones adicionales se mostró una tendencia progresiva hacia la competencia. En el presente estudio se reporta por primera vez el número de procedimientos para alcanzar la competencia en la técnica de cordocentesis en modelos de simulación; considerando que cada vez se realizan menos procedimientos invasivos es difícil alcanzar este número de procedimientos durante la formación como MMF. Además es importante mencionar que mediante la encuesta de satisfacción los residentes consideraron que esta estrategia de aprendizaje es útil en su formación. Hasta el momento, no existen estudios publicados similares por lo que entre las fortalezas de nuestro estudio resaltamos ser uno de los primeros reportes de curvas de aprendizaje CUSUM para cordocentesis en modelos de bajo costo. Sin embargo, reconocemos las limitaciones de nuestro estudio, la muestra por conveniencia reportada es relativamente pequeña y consideramos que se requieren estudios con otros modelos de simulación y en otros contextos para confirmar nuestros resultados.

Conclusiones

Las curvas de aprendizaje individuales calculadas mediante CUSUM permiten de manera objetiva demostrar la competencia para la técnica de cordocentesis en modelos de bajo costo en residentes de MMF. En línea con recomendaciones internacionales que sugieren que el entrenamiento en procedimientos invasivos para el diagnóstico prenatal debe comenzar con simuladores (14) consideramos que el presente estudio resalta la utilidad de este tipo de herramientas en el aprendizaje de los residentes y mejores resultados para las pacientes.

Referencias

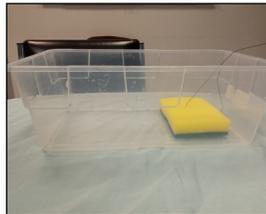
1. Berry SM, Stone J, Norton ME, Johnson D, Berghella V. Fetal blood sampling. *Am J Obstet Gynecol*. 2013 Sep;209(3):170–80.
2. Tongsong T, Wanapirak C, Piyamongkol W, Sirichotiyakul S, Tongprasert F, Srisupundit K, et al. Second-trimester cordocentesis and the risk of small for gestational age and preterm birth. *Obstetrics and Gynecology*. 2014;124(5):919–25.
3. Nitsche JF, Brost BC. The use of simulation in maternal-fetal medicine procedure training. Vol. 37, *Seminars in Perinatology*. 2013. p. 189–98.
4. Timor-Tritsch IE, Yeh MN. In vitro training model for diagnostic and therapeutic fetal intravascular needle puncture. *Am J Obstet Gynecol*. 1987 Oct;157(4 Pt 1):858–9.
5. Tongprasert F, Wanapirak C, Sirichotiyakul S, Piyamongkol W, Tongsong T. Training in cordocentesis: The first 50 case experience with and without a cordocentesis training model. *Prenat Diagn*. 2010 May;30(5):467–70.
6. Ville Y, Cooper M, Revel A, Frydman R, Nicolaidis KH. Development of a training model for ultrasound-guided invasive procedures in fetal medicine. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1995 Mar;5(3):180–3.
7. Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S, Phadungkiatwattana P, Pranpanus S, Tongsong T. Midpregnancy cordocentesis training of maternal-fetal medicine fellows. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2010 Jul;36(1):65–8.
8. Papanna R, Biau DJ, Mann LK, Johnson A, Moise KJ. Use of the Learning Curve Cumulative Summation test for quantitative and individualized assessment of competency of a surgical procedure in obstetrics and gynecology: Fetoscopic laser ablation as a model. In: *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. Mosby Inc.; 2011. p. 218.e1-218.e9.
9. Biau DJ, Williams SM, Schlup MM, Nizard RS, Porcher R. Quantitative and individualized assessment of the learning curve using LC-CUSUM. *British Journal of Surgery*. 2008 Jul;95(7):925–9.
10. Lumbreras-Marquez MI, Reyes-Zamora EJ, Gallardo-Gaona JM, Velazquez-Torres B, Ramirez-Calvo JA, Camarena-Cabrera DM, et al. Transcervical chorionic villus sampling in a low-cost simulation model: Learning curve of maternal-fetal medicine fellows in Mexico. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*. 2019 Oct 1;147(1):127–8.
11. Ramirez-Abarca TG, Gallardo-Gaona JM, Lumbreras-Marquez MI, Seifert SM, Rodriguez-Sibaja MJ, Velazquez-Torres B, et al. Amniocentesis learning curve using a low-cost simulation model to teach maternal–fetal medicine fellows. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*. 2021 Apr 1;153(1):95–9.
12. Bolsin S, Colson M. The use of the Cusum Technique in the assessment of trainee competence in new procedures. Vol. 12, *International Journal for Quality in Health Care*. 2000.
13. Tongprasert F, Tongsong T, Wanapirak C, Sirichotiyakul S, Piyamongkol W, Chanprapaph P. Experience of the first 50 cases of cordocentesis after training with model. *J Med Assoc Thai*. 2005 Jun;88(6):728–33.

14. Ghi T, Sotiriadis A, Calda P, Da Silva Costa F, Raine-Fenning N, Alfirevic Z, et al. ISUOG practice guidelines: Invasive procedures for prenatal diagnosis. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2016 Aug 1;48(2):256–68.
15. Jaramillo-Rincón SX, Durante E, Ladenheim R, Díaz-Cortés JC. Anesthesia assessment in the era of competences: State of the art. Vol. 48, *Colombian Journal of Anesthesiology*. Colombian Society of Anesthesiology and Resuscitation; 2020. p. 145–54.

Anexo 1. Materiales y elaboración de modelo de bajo costo.



Caja de plástico sellada en cada esquina con pegamento resistente al agua. Hacer un orificio rectangular en el centro de la tapa



Fijar la esponja a la base de la caja. Fijar con un hilo un extremo del segmento de cordón umbilical



Lavar y drenar los coágulos sanguíneos de los vasos



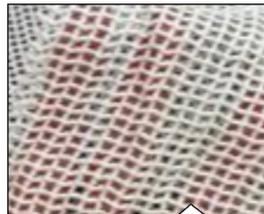
Rellenar la vena umbilical con colorante artificial



Fijar ambos extremos del cordón umbilical, uno a la esponja y el otro a la tapa plástica del contenedor



Posterior a colocar la esponja con el segmento de cordón umbilical, rellenar por completo el recipiente con agua



Cubrir el orificio rectangular de la tapa plástica del contenedor



En una bolsa de plástico transparente rellenar de electrogel. Se colocará sobre la tapa plástica.



Anexo 2. Técnica de cordocentesis en modelo adaptado.

1. Utilizar ultrasonido en transductor convexo en modo B o 2D.
2. Equipo de ultrasonido al lado derecho del modelo.
3. El alumno se sitúa a la izquierda del modelo.
4. Tomando con la mano derecha la aguja de punción lumbar, con los dedos, pulgar e índice, de tal forma que quede fija.
5. Con la mano izquierda el transductor ubica la muesca hacia el ultrasonido o lado derecho del modelo.
6. Una vez armado y listo el modelo adaptado de cordocentesis se procede a orientarse en un corte medio sagital sobre el cordón umbilical, hasta obtener una adecuada imagen de la vena umbilical.
7. El instructor señalará con el cursor del ultrasonido, el sitio en el cordón umbilical, al que deberá incidir el alumno, tomando en consideración, que el punto de inserción de la aguja tiene que estar a 2cm del transductor, considerando también la angulación de la aguja para poder llegar a este punto.
8. Una vez listo el alumno y tomando en cuenta los puntos anteriores, procederá a introducir la aguja, hasta llegar al punto indicado por el instructor.
9. Una vez alcanzado el punto meta, realizará desplazamientos del transductor en dirección cefálica y caudal, con el objetivo de corroborar o confirmar que se encuentra situado, en un punto medio del cordón umbilical.
10. Una vez que se ha asegurado una adecuada localización, el instructor indicará, el momento de proceder con la punción del cordón.
11. Incidir a la vena umbilical, evitando traspasar el espesor total del cordón umbilical.
12. Posteriormente el instructor procederá a verificar la correcta toma de la aguja, retirará el cono de acoplamiento de la aguja y procederá a conectar una jeringa de 3-5cc, para realizar la extracción del líquido de la vena umbilical. Confirmando de esta manera, una correcta simulación de cordocentesis.
13. Se coloca nuevamente el cono de acoplamiento de la aguja, se retira la jeringa y se extrae finalizando el intento de simulación.

Anexo 3. Lista de cotejo para evaluación de residentes de medicina materno fetal.

Residente:
Fecha:

Intento #:

Lista de cotejo		
	Sí	No
Es correcta su orientación espacial		
Toma la aguja adecuadamente		
Toma adecuadamente el transductor		
Llega al punto indicado en el procedimiento		
Corroborar que se encuentre en el punto medio del vaso del cordón umbilical		
Logra aspirar la muestra con colorante		
Se observa el regreso del líquido a la luz del vaso		

Satisfactorio: Sí [] No []

Observaciones:

Supervisor:

Anexo 4. Encuesta de satisfacción.

Señale su grado de satisfacción en cada enunciado y conteste la pregunta

1. La información otorgada previa a la práctica con el modelo de cordocentesis ¿le fue útil?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

2. El modelo utilizado para la práctica de cordocentesis ¿le pareció útil?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

3. Considera que la utilización de modelos de bajo costo para cordocentesis ¿le otorgó confianza en su práctica?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

4. Considera que la utilización del modelo para cordocentesis ¿mejoró su percepción del espacio en la técnica de cordocentesis?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

5. Esta estrategia ¿facilitó su aprendizaje y realización de cordocentesis?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

6. La práctica en modelo de cordocentesis ¿mejoró su técnica en la realización de la misma?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

7. Considera que esta estrategia en modelos de bajo costo para aprendizaje de cordocentesis ¿es útil en la formación del residente de Medicina Materno Fetal?

Nada útil	Poco útil	Neutral	Muy útil	Totalmente útil

8. Mencione de acuerdo a su experiencia con esta estrategia, que sugerencia o cambios plantearía para mejorar las futuras prácticas en dichos modelos.

Tabla complementaria 1. Fórmulas y variables utilizadas para realizar análisis de suma acumulativa.

Variable	Definición	Valor
p_0	Tasa de falla aceptada	0.1
p_1	Tasa de falla inaceptable	0.25
α	Probabilidad de error tipo I	0.1
β	Probabilidad de error tipo II	0.1
Otras variables	Fórmula	
P	$\ln (p_1/p_0)$	0.92
Q	$\ln [(1-p_1) / (1-p_0)]$	0.18
s	$Q/(P+Q)$	0.17
a	$\ln[(1 - \beta)/ \alpha]$	2.2
b	$\ln [(1 - \alpha)/ \beta]$	2.2
h_1	$a / (P+Q)$	1.99
h_0	$-b / (P+Q)$	-1.99