

Desarrollo de destreza quirúrgica endoscópica: ¿Cuándo ocurre la transición de novato a avanzado en un simulador físico? Estudio piloto

Juan Domingo Porras-Hernández,¹ Jaime Nieto-Zermeño,¹ Eduardo Bracho-Blanchet,¹
Ricardo Ordorica-Flores,¹ Laura Helena Porras-Hernández,² Adrián Trujillo-Ponce,¹
Gustavo Teyssier-Morales,¹ Arturo Minor-Martínez,³ Daniel Lorías-Espinoza,³
Juan Pablo Pantoja-Millán,⁴ Pablo Lezama-del Valle¹

¹Departamento de Cirugía General, Hospital Infantil de México Federico Gómez.

²Departamento de Ciencias de la Educación, Universidad de Las Américas Puebla.

³Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección Bioelectrónica, Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional.

⁴Centro de Desarrollo de Destrezas Médicas, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, Salvador Zubirán.

Solicitud de sobretiros: Juan Domingo Porras-Hernández.
Dr. Márquez 162, Doctores. Delegación Cuauhtémoc, 06720.
México, D.F.
e-mail: solnaciente@prodigy.net.mx

Resumen

Introducción: El presente estudio tuvo como objetivo determinar cuándo ocurre la transición de las destrezas laparoscópicas de novatos al nivel de avanzados con tareas en un simulador físico.

Material y métodos: Estudio cuasi-experimental con 10 residentes de cirugía pediátrica con ≤ 5 laparoscopías como cirujanos. Repitieron tareas del Sistema McGill (MISTELS), Southwestern y de García-Ruiz, hasta alcanzar una calificación de avanzados en 5 repeticiones consecutivas.

Resultados: El grupo requirió en general 12 ± 9 (2-60) repeticiones para alcanzar la calificación. En el nudo intracorpóreo requirieron 11 ± 4 (2-34) repeticiones, disminuyendo el tiempo de 155 a 61 seg ($p=0.01$); en el extracorpóreo, 16 ± 7 (4-29) con tiempos de 117 a 46 seg ($p=0.002$); y en el surgete continuo, 14 ± 6 (2-23) con tiempos de 559 a 180 seg ($p=0.002$).

Conclusión: Después de una media de 12 repeticiones, nuestros residentes desarrollaron destrezas que probablemente contribuirán a una mayor seguridad en sus primeras laparoscopías.

Palabras clave: Educación quirúrgica; Destreza quirúrgica; Laparoscopia; Simuladores.



Development of craft surgical endoscopia: When does it occur the transition from beginner to advanced in a simulator physical? Pilot Study

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to determine the transition in the laparoscopic skills of novice surgeons to the level of advanced surgeons using validated drills in a training box.

Materials and methods: A quasi-experimental study of 10 pediatric surgical residents was designed. Residents with previous endoscopic surgical experience equal to or less than five laparoscopic procedures were included. They repeated the MISTELS, Southwestern and García-Ruiz drills until the achievement of a validated performance score for advanced surgeons in 5 consecutive repetitions.

Results: The studied group required 12 ± 9 (2-60) repetitions to achieve the specified performance score in the whole set of drills. For the intracorporeal knotting drill they required 11 ± 4 (2-34) repetitions, having a time improvement from 155 to 61 seg ($p=0.01$); for the extracorporeal knotting drill, they required 16 ± 7 (4-29) repetitions, with a time improvement from 117 to 46 seg ($p=0.002$); and for the continuous intracorporeal suture, they required 14 ± 6 (2-23) repetitions and a timing from 559 to 180 seg ($p=0.002$).

Conclusion: After a mean of 12 repetitions, our residents developed skills that will probably improve patients security in their first laparoscopic procedures in children.

Index words: Surgical education; Surgical skill; Laparoscopy; Simulators.

Introducción

El aprendizaje de destrezas quirúrgicas endoscópicas puede sistematizarse antes de las primeras cirugías efectuadas por cirujanos con experiencia incipiente para dominar, en un ambiente simulado, destrezas comunes a varios procedimientos laparoscópicos.¹

Este entrenamiento previo puede optimizar el desempeño quirúrgico en pacientes al dominar destrezas fundamentales, de tal forma que la atención del cirujano con experiencia incipiente puede concentrarse en la toma transoperatoria de decisiones sin que la falta de dominio de la destreza lo distraiga.²

Esto puede contribuir a la seguridad del paciente y a disminuir el tiempo quirúrgico.

Existen dos tecnologías validadas para la evaluación y el desarrollo de destrezas quirúrgicas endoscópicas: los simuladores físicos y los de realidad virtual.³

Ambos son efectivos para el desarrollo de destrezas; sin embargo, estudios recientes demuestran que la efectividad para la transferencia de la destreza a una cirugía real es superior con los de realidad virtual.^{4,5}

Su desventaja es el costo –mayor a los \$200,000 pesos- haciéndolos una alternativa poco práctica para el medio mexicano. Incluso en los Estados Unidos, uno de cada dos programas de cirugía general que cuenta con un laboratorio de desarrollo de destrezas tiene disponible esta tecnología.⁶

Los simuladores físicos, aunque de menor efectividad para el desarrollo de destrezas, son diez veces más baratos y aparentemente más efectivos para la retención a largo plazo de las destrezas.⁷

Los simuladores físicos son la tecnología recomendada para el desarrollo y mantenimiento de las destrezas por el Comité de Fundamentos para la Cirugía Laparoscópica (FLS) de la Sociedad Americana de Cirugía Gastrointestinal y Endoscópica (SAGES).⁸

Recientemente, se ha determinado la validez de algunos sistemas de tareas en simuladores físicos para distinguir el desempeño de un cirujano con destrezas básicas, intermedias y avanzadas,^{9,10} proponiéndose al entrenamiento repetido con dichos sistemas hasta alcanzar una calificación objetivo como una forma válida para el desarrollo de las mismas.⁸



Sin embargo, poco se ha estudiado cuándo ocurre la transición en el nivel de destreza aplicando dichos sistemas.

Más aún, no existe un consenso respecto a la duración del entrenamiento y su diseño curricular.

En este estudio, nuestro objetivo fue determinar cuándo ocurre la transición en las destrezas quirúrgicas endoscópicas de residentes con un nivel incipiente al de avanzados con una secuencia de tareas en un simulador físico.

Material y Métodos

Se efectuó un estudio piloto, con un diseño cuasi-experimental en el que cada residente fue su propio control.

Se estudiaron residentes de un programa de especialización en cirugía pediátrica, incluyendo a aquéllos registrados en el programa en diciembre del 2005 y que tuvieran como experiencia previa un número menor o igual a 5 cirugías endoscópicas como cirujanos.

De cada residente se estudió: edad, sexo, mano dominante, año de residencia, experiencia previa con videojuegos -definida como número de horas por semana de práctica continua con juegos de video en por lo menos 2 meses consecutivos en algún momento de su vida -, habilidad visuoespacial- definida como básica si de las 4 pruebas siguientes sólo tuvo correcta la de discriminación de fase de Lawden,¹¹ intermedia si sólo identificó correctamente la del martillo Gestalt de Ekstrom,¹² o avanzada si identificó correctamente la prueba mental de rotaciones de Peters¹³ o la de desarrollo de superficies de Ekstrom,¹² -perfil personal de abordaje para el aprendizaje- definido como superficial al calificar con menos del 30% el criterio de profundidad del cuestionario de Tyler¹⁴ y profundo al calificar con más del 65% dicho criterio-, así como precisión y tiempo de acuerdo a lo descrito y validado para las tareas de transferencia, corte, aplicación de endoasa, nudo intracorpóreo y extracorpóreo del Sistema Inanimado de McGill para el Entrenamiento y Evaluación de Destrezas Laparoscópicas (MISTELS),^{1,9} recorrido de la cuerda, transferencia de triángulos y colocación de frijoles en cilindro del sistema Southwestern¹⁰ y la sutura intracorpórea descrita por García-Ruiz.¹⁵

Se diseñó como primera tarea para este estudio, la de tiro al blanco con el objetivo de relacionar al residente con el simulador físico e



Figura 1

iniciarlo en el dominio de la profundidad, precisión y coordinación de ambas manos.

Esta tarea consistió en tocar con la punta de una pinza endoscópica de disección el centro de una tachuela de 9mm de diámetro colocada en el centro de un círculo de 2.5cm de diámetro dibujado sobre un cuadrilátero de corcho de 3cm de longitud, 5cm de ancho y 5mm de espesor. (Figura 1)

En dicha tarea, la punta de la pinza debía desaparecer del campo visual de la cámara del simulador para después avanzarla y tocar el centro de la tachuela.

Una repetición consistió en 100 movimientos de entrada, toque del centro del blanco y retiro de la pinza.

Primero se ejercitó la mano dominante, después la no dominante y finalmente alternando ambas manos.

En esta tarea el tiempo se midió desde que entraba al simulador la pinza hasta terminar los 100 movimientos.

La precisión se definió como el número de veces que se tocó el centro de la tachuela por cada 100 movimientos.

La calificación objetivo fue alcanzar una precisión mayor al 95% con el mejor tiempo en 5 repeticiones consecutivas.

El material de cada tarea se desarrolló artesanalmente y fue probado por dos investigadores en forma independiente, quienes efectuaron la secuencia completa de las tareas para comprobar su facilidad de manejo y durabilidad.

El simulador físico empleado fue el entrenador para cirugía laparoscópica desarrollado por la Sección de Bioelectrónica del Departamento

de Ingeniería Eléctrica del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Se empleó un televisor a color con pantalla de 15 pulgadas colocado a la altura de los ojos del alumno y a una distancia de 1.5m.

El instrumental utilizado fue una pinza endoscópica de disección de 5mm desechable (Endo Dissect™5mm, United States Surgical, Tyco Healthcare), una pinza endoscópica de sujeción de 5mm desechable (Endo Clinch IIT-™5mm, United States Surgical, Tyco Healthcare), una tijera curva endoscópica de 5mm desechable (Endo Shears™5mm, United States Surgical, Tyco Healthcare) y un portagujas endoscópico metálico de fuelle, de 5mm (V. Mueller®Endolap).

El material de sutura empleado para el nudo y surgete intracorpóreos fue seda 3-0s con aguja redonda de ½ círculo y 13 cm de longitud (Ethicon™Johnson&Johnson Co.), y para el nudo extracorpóreo fue seda 3-0s con aguja redonda de ½ círculo y 75 cm de longitud (Ethicon™Johnson&Johnson Co.).

Un mismo investigador registró el tiempo y la precisión de todas las repeticiones de los residentes incluidos en el estudio.

Utilizó un cronómetro con centésimas de segundo (DT3 Digi Sport Instruments, Biarritz, Francia).

Los residentes trabajaron por pares contando cada residente con copia de la descripción, objetivos y calificación objetivo de cada tarea.

Los residentes tuvieron dos sesiones de práctica con tiempo indefinido en días separados y previos a la guardia asistencial en el hospital.

Cada sesión inició a las 15:30h y terminó cuando el residente dominó 5 tareas en forma consecutiva.

El dominio de la tarea se definió como alcanzar una calificación integrada de tiempo y precisión igual o mayor a la mínima validada para un cirujano avanzado en 5 repeticiones consecutivas de la tarea: 70 para la tarea de transferencia, 56 para el corte, 54 para la colocación de la endoasa, 60 para el nudo intracorpóreo, 60 para el nudo extracorpóreo,⁹ 38 para el recorrido de la cuerda, 32 para la transferencia de triángulos, 39 para la colocación de frijoles en cilindro¹⁰ y 194 en el surgete intracorpóreo 15 (Tabla 1).

Cada residente contó con la información gráfica, inmediatamente después de cada repetición, de la tendencia en la frecuencia de error y de calificación de su desempeño con gráficas

de control de suma acumulada (CUSUM) construidas en Excel (Microsoft Professional Edition® 2002), con un porcentaje de falla aceptable menor o igual al 5% e inaceptable mayor o igual al 10%, con un error alfa del 10%, y beta del 5%, de acuerdo con las fórmulas descritas por Rogers¹⁶ y Williams.¹⁷

Una gráfica CUSUM ascendente representa falta de dominio de la destreza; una gráfica CUSUM plana o descendente por 5 o más repeticiones representa dominio de la destreza.

Se efectuó la descripción estadística con valores de tendencia central y dispersión.

La comparación entre variables continuas con t de Student; variables categóricas con chi cuadrada o prueba exacta de Fisher; y la determinación de la relación entre categorías de variables y desenlace con análisis de varianza.

Se empleó el paquete estadístico SPSS V.11. La significancia estadística se consideró con un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Se incluyeron 10 residentes: 3 de cuarto, 3 de tercero y 4 de segundo año. Dos mujeres y 8 varones, con mediana de edad de 30 años, todos con mano derecha dominante, 9 con orientación visuoespacial básica y 1 avanzada, todos con un perfil profundo de abordaje para el aprendizaje y 6 con experiencia en videojuegos por más de 1 hora por semana.

No demostramos asociación alguna entre estas variables independientes y el número de repeticiones efectuadas para alcanzar la calificación objetivo.

El grupo requirió en promedio 12 ± 9 (2-60) repeticiones para alcanzar en la secuencia completa la calificación objetivo.

En la primera tarea, los residentes requirieron 13 ± 6.5 (5-22) repeticiones con la mano derecha para alcanzar su mejor tiempo con una precisión mayor o igual al 95%, disminuyendo su tiempo basal de 122 a 78 seg ($p=0.007$).

Con la mano izquierda requirieron 10 ± 5 (5-19) repeticiones, mejorando el tiempo para la tarea de 114 a 85 seg ($p=0.09$).

Alternando ambas manos, requirieron 10 ± 4.6 (5-16) repeticiones, disminuyendo el tiempo de 116 a 90 seg ($p=0.01$).

La tabla 2 resume los promedios de repetición para dominar cada una de las nueve tareas restantes.

En todos los residentes estudiados y en cada una



Tabla 1
Definición de tiempo, precisión y fórmula para calcular calificación en tareas

Tarea	Tiempo	Precisión	Fórmula para calificación	Calificación objetivo
Transferencia	Desde que entran ambas pinzas al simulador hasta terminar la tarea (seg)	Porcentaje de piezas no transferidas o colocadas fuera del campo de visión por repetición	$[300-(\text{tiempo}+\text{precisión})]/3$	≥ 70
Corte	Desde que entran pinza y tijera al simulador hasta terminar la tarea (seg)	Porcentaje en que difiere el círculo recortado del modelo de 4.5cm de diámetro	$300-(\text{tiempo}^2+\text{precisión})$	≥ 56
Endoasa	Desde que entra la endoasa al simulador hasta terminar el nudo (seg)	Distancia en mm en que difiere el sitio de colocación de la endoasa de la marca	$[180-(\text{tiempo}+\text{precisión})]/3$	≥ 54
Nudo intracorpóreo	Desde que entra el portaagujas al simulador hasta terminar el nudo (seg)	Suma de:(distancia en mm en que difiere el sitio de colocación del punto de la marca en cada lado)+(distancia en mm de separación entre bordes de hendidura si falló el nudo)+(seguridad del nudo: 0 si es seguro, 10 si se desliza sin desbaratarse, 20 si se desbarata)	$(800-[(5)(\text{tiempo}+\text{precisión}^2)]/3$	≥ 60
Nudo extracorpóreo	Desde que entra el portaagujas al simulador hasta terminar el nudo (seg)	Suma de:(distancia en mm en que difiere el sitio de colocación del punto de la marca en cada lado)+(distancia en mm de separación entre bordes de hendidura si falló el nudo)+(seguridad del nudo: 0 si es seguro, 10 si se desliza sin desbaratarse, 20 si se desbarata)	$(420-[(5)(\text{tiempo}+\text{precisión}^2)]/3$	≥ 60
Recorrido cuerda	Desde posición de pinzas sobre cuerda para iniciar su paso, hasta terminar un sentido de corrido de la cuerda	Cada toma fuera de los sitios marcados vale 10 puntos. Puntaje ideal: 0	tiempo + precisión	≤ 38
Transferencia triángulos	Al introducir pinza al simulador, hasta terminar la tarea	Cada triángulo no levantado, o mal colocado vale 25 puntos. Puntaje ideal: 0	tiempo + precisión	≤ 32
Colocación frijoles en cilindro	Al introducir pinza hasta terminar traslado de frijoles con una mano	Cada frijol mal colocado vale 20 puntos. Puntaje ideal: 0	tiempo + precisión	≤ 39
Sutura intracorpórea	Desde el fin de los 3 nudos intracorpóreos iniciales, hasta terminar las 5 asadas del surgeto con 2 nudos intracorpóreos	20% menos por cada paso correcto de la aguja por la marca. 50% más si se rompe el material de sutura. Puntaje ideal: 0	tiempo + precisión	≤ 194



Tabla 2

Repeticiones para alcanzar calificación objetivo, calificación y tiempo en primera repetición y al alcanzar nivel de avanzado

Tarea	Repeticiones requeridas mediana± desviación estándar (rango)	Calificación primera repetición mediana± desviación estándar (rango)	Calificación nivel avanzado mediana± desviación estándar (rango)	Tiempo (seg) primera repetición mediana± desviación estándar (rango)	Tiempo (seg) nivel avanzado mediana± desviación estándar (rango)	p* Diferencia en tiempos
Transferencia	15 ± 5.6 (3 a 20)	52 ± 15 (15 a 59)	70 ± 6.1 (56 a 77)	135 ± 46.8 (115 a 254)	85 ± 6.8 (83 a 96)	0.001
Corte	11 ± 3.8 (6 a 17)	-274 ± 172 (-59 a -626)	105 ± 30.8 (56 a 155)	170 ± 39 (95 a 194)	90 ± 14.8 (80 a 103)	0.002
Endoasa	9 ± 2.8 (1 a 10)	56 ± 2.2 (51 a 57)	57.5 ± 0.9 (56 a 58)	12.5 ± 6.5 (30 a 65)	10 ± 3 (7 a 16)	0.09
Nudo intracorpóreo	11 ± 4 (2 a 34)	-119 ± 211.5 (-40 a -753)	127.5 ± 31.7 (80 a 152)	155 ± 131.3 (80 a 543)	81 ± 37.6 (33 a 158)	0.01
Nudo extracorpóreo	16.5 ± 7 (4 a 29)	-79.5 ± 229 (6 a -478)	71.5 ± 12.7 (60 a 97)	117 ± 89 (65 a 321)	46.5 ± 8.1 (40 a 64)	0.002
Recorrido cuerda	9 ± 5.1 (5 a 22)	61 ± 14.1 (45 a 84)	31.5 ± 4.7 (22 a 33)	49 ± 12.1 (42 a 74)	32 ± 7.1 (25 a 49)	0.002
Transferencia triángulos	7.5 ± 11.7 (2 a 34)	43 ± 11.8 (24 a 64)	21.5 ± 3 (17 a 26)	43 ± 13.8 (30 a 65)	29 ± 9.9 (19 a 55)	0.02
Colocación frijoles en cilindro	10 ± 8.4 (1 a 26)	59 ± 20 (35 a 95)	26 ± 3.8 (22 a 33)	42.5 ± 11.2 (35 a 67)	29.5 ± 5.2 (23 a 37)	0.001
Sutura intracorpórea	14 ± 6 (2 a 23)	531 ± 332.7 (303 a 1300)	160 ± 27.1 (124 a 198)	559 ± 327.4 (300 a 1300)	180 ± 124.5 (142 a 531)	0.002

de las tareas, al ser alcanzada la definición operacional de dominio de cada tarea con 5 repeticiones consecutivas con una calificación mayor o igual al mínimo validado para un cirujano avanzado, dicha calificación obtuvo una meseta, sin incremento ni decremento significativo.

Esto se ejemplifica con la mediana de calificación del grupo y la gráfica CUSUM en la tarea de nudo intracorpóreo de la Figura 2.

Sólo en las tareas de colocación de endoasa, recorrido de la cuerda y transferencia de triángulos dicha meseta se alcanzó en el grupo antes de 10 repeticiones (Tabla 2).

Las restantes, requirieron al menos 12 repeticiones para alcanzarla.

Cabe hacer resaltar los resultados obtenidos en tres de las tareas más difíciles de la secuencia: en el nudo intracorpóreo la transición ocurrió después de 11 ± 4 (2-34) repeticiones, disminuyendo el tiempo de 155 a 61 seg (p=0.01) (Figura 2); en el nudo extracorpóreo con 16 ± 7 (4-29) repeticiones, con tiempos de 117 a 46 seg (p=0.002); y en el surgete continuo con 14 ± 6 (2-23) repeticiones y tiempos de 559 a 180 seg (p=0.002) (Figura 3).

Discusión

Se ha considerado que sólo el 25% de lo que ocurre en una cirugía está relacionado con la destreza técnica del cirujano; el 75% restante lo está con sus capacidades de razonamiento, juicio, trabajo en equipo y equilibrio emocional.¹⁸

Sin embargo, sin un mínimo de destreza, un procedimiento quirúrgico es imposible.

En cirugía endoscópica se han descrito cur-

vas de aprendizaje de hasta 60 intervenciones para que un cirujano pediatra domine algunos procedimientos comunes.¹⁹

El entrenamiento en ambientes simulados previo a las primeras cirugías endoscópicas en niños es una estrategia lógica para desarrollar esta destreza y es actualmente una recomendación explícita de organismos internacionales para disminuir el error humano en cirugía.²⁰

Una respuesta razonable a la pregunta de cuánto entrenamiento es suficiente para que un residente domine una destreza quirúrgica puede ser que se requiere entrenamiento hasta que el resultado de repetir la destreza sea estadísticamente predecible y ocurra dentro de límites considerados como seguros.

Las gráficas de control estadístico de procesos, incluyendo su variante CUSUM, fueron desarrolladas inicialmente en la industria y son actualmente herramientas estratégicas para el control de calidad en medicina.

Representan en forma visual el comportamiento estadístico de un proceso a lo largo del tiempo, incorporando el concepto de variabili-



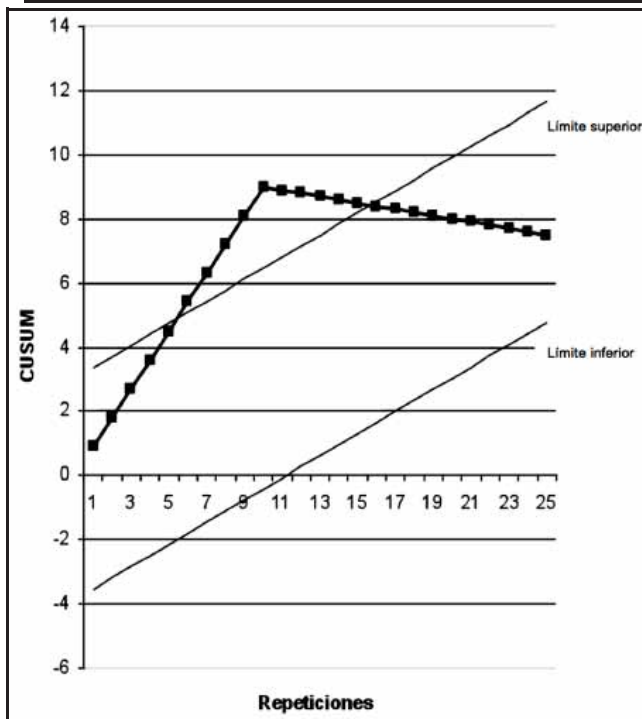


Figura 2

dad intrínseco a todo proceso.¹⁶

Su aplicación en el campo del aprendizaje de destrezas quirúrgicas es muy reciente.²¹

En 1997, Rosser y cols. demostraron que en un grupo de cirujanos el tiempo requerido para efectuar tres tareas en un simulador físico –recorrido de la cuerda, colocación de frijoles en cilindro y transferencia de triángulo– disminuía progresiva y significativamente en las primeras diez repeticiones de cada tarea.²²

Sin embargo, no describió qué pasaba con la destreza más allá de este número de repeticiones. Al probar a un grupo de 16 estudiantes de medicina sin experiencia laparoscópica previa con la prueba de transferencia del sistema MISTELS, Fraser y cols. utilizaron gráficas CUSUM para demostrar que después de 40 repeticiones sólo un estudiante alcanzó una calificación de avanzado, 3 de intermedio y 10 de básico.²¹

Empleando un simulador de realidad virtual, Brunner y cols. demostraron en 12 estudiantes de medicina que la calificación de la destreza alcanzaba una meseta inicial en la repetición,⁸ alcanzando todos los individuos estudiados una meseta final entre las repeticiones 21 a 30.²³

También empleando un simulador de realidad virtual, Grantcharov y cols. demostraron con un grupo de cirujanos con destrezas laparoscópicas incipientes que la meseta en el tiempo para efectuar las tareas se alcanza-

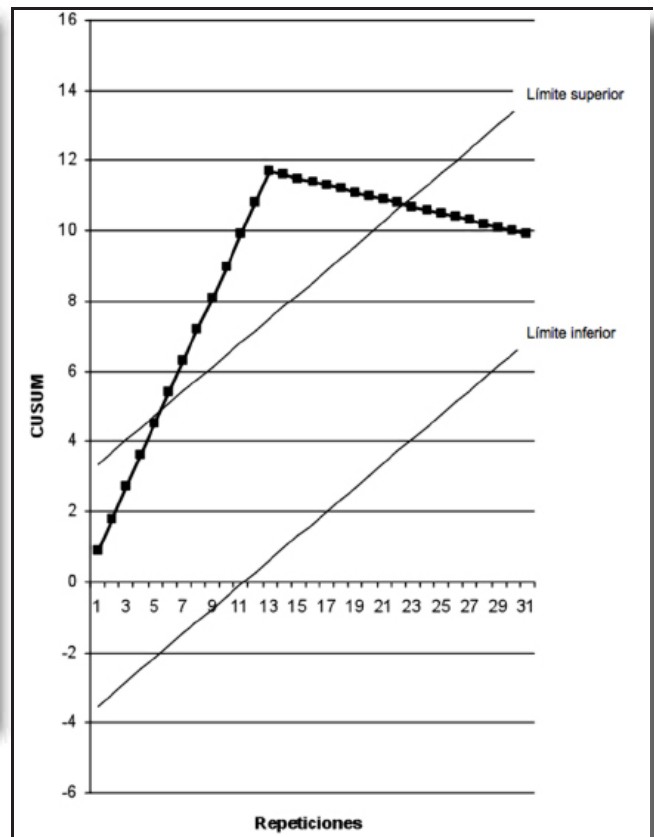


Figura 3

ba a la séptima repetición, y para el número de errores y la economía de movimientos después de la sexta repetición.²⁴

El resultado general de nuestro estudio coincide con estos reportes en la literatura, independientemente del simulador empleado: los residentes de cirugía pediátrica con experiencia incipiente en cirugía laparoscópica requirieron un promedio de 12 repeticiones para alcanzar una calificación validada de avanzado.

Sin embargo, en las tareas más difíciles, algunos alumnos llegaron a requerir más de 30 repeticiones para dominar la destreza, reflejando la variabilidad intrínseca al alumno en la velocidad de dominio de las destrezas.

Estos resultados son importantes en la planeación de intervenciones educativas para el desarrollo de destrezas quirúrgicas en simuladores físicos: 12 repeticiones de las 10 tareas descritas en nuestro estudio representan una inversión en tiempo de por lo menos 4 horas con 30 minutos por alumno.

También los resultados pueden servir como parámetro para comparar el avance en el aprendizaje de cada alumno: si el dominio de la destreza está requiriendo más repeticiones que el reportado, el tutor puede considerar ofrecer



retroalimentación o reforzamiento ajustado al alumno para ayudarlo a alcanzar la meta educativa.

Es difícil establecer una cifra de repeticiones a alcanzar para considerar completo un entrenamiento. Más bien, parece necesario que cada alumno tenga una forma objetiva y fácilmente comprensible de conocer cómo se está comportando su proceso de dominio de la destreza.

Las gráficas de control, especialmente la tipo CUSUM, ofrecen una representación visual de fácil interpretación de este fenómeno, pudiendo ser una herramienta útil para favorecer el aprendizaje contribuyendo a identificar cuándo un alumno requiere ayuda pedagógica ajustada.

El bajo poder de nuestro estudio hace difícil la generalización de sus resultados. Se requiere un estudio con mayor muestra para corroborarlos.

También, serán necesarios otros estudios que permitan establecer si el desarrollo de destrezas en un simulador físico con las tareas y metas de calificación como las empleadas tiene validez para predecir el desempeño del residente en una cirugía con un paciente real.

Esto es de gran relevancia, y es actualmente considerado como el parámetro último para determinar el verdadero valor de cualquier sistema de entrenamiento en simuladores.²⁵

En conclusión, después de una media de 12 repeticiones, nuestros residentes desarrollaron destrezas que probablemente contribuirán a una mayor seguridad en sus primeras cirugías endoscópicas en niños.

Referencias

1. Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, Sigman HH, Barkun JS, Meakins JL. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J Surg* 1998; 175: 482-487.
2. Gallagher AG, Ritter EM, Champion H, et al. Virtual reality simulation for the operating room. Proficiency-based training as a paradigm shift in surgical skills training. *Ann Surg* 2005; 241: 364-372.
3. Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg* 2004; 91: 1549-1558.
4. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al. Virtual reality training improves operating room performance. Results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* 2002; 236: 458-464.

5. Youngblood PL, Srivastava S, Curet M, Heinrichs WL, Dev P, Wren SM. Comparison of training on two laparoscopic simulators and assessment of skills transfer to surgical performance. *J Am Coll Surg* 2005; 200: 546-551.

6. Korndorffer JR Jr, Stefainidis D, Scott DJ. Laparoscopic skills laboratories: current assessment and a call for resident training standards. *Am J Surg* 2006; 191: 17-22.

7. Stefanidis D, Korndorffer JR Jr, Sierra R, Touchard C, Dunne B, Scott DJ. Skill retention following proficiency-based laparoscopic simulator training. *Surgery* 2005; 138: 165-170.

8. Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. *Surgery* 2004; 135: 21-27.

9. Fried GM, Feldman LS, Vassiliou MC, et al. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. *Ann Surg* 2004; 240: 518-528.

10. Korndorffer JR Jr, Clayton JL, Tesfay ST, et al. Multicenter construct validity for Southwestern laparoscopic videotrainer stations. *J Surg Res* 2005; 128: 114-119.

11. Lawden MC. An investigation of the ability of the human visual system to encode spatial phase relations. *Vision Res* 1983; 23: 457-467.

12. Ekstrom RB, French JW, Harman HH, Dermen D. Manual for kit of factor-referenced cognitive tests. Princeton NJ: Educational Testing Service, 1976.

13. Peters M, Laeng B, Latham K, Jackson M, Zaiyouna R, Richardson C. A redrawn Vandenburg and Kuse mental rotations test: different versions and factors that affect performance. *Brain Cogn* 1995; 28: 39-58.

14. Murphy SM, Tyler S. The relationship between learning approaches to part-time study of management courses and transfer of learning to the workplace. *Educational Psychology* 2005; 25: 455-469.

15. Garcia-Ruiz A, Gagner M, Millar J, Steiner CP, Hahn JF. Manual vs. robotically assisted laparoscopic surgery in the performance of basic manipulation and suturing tasks. *Arch Surg* 1998; 133: 957-961.

16. Rogers CA, Reeves BC, Caputo M, Ganesh JS, Bonser RS, Angelini GD. Control chart methods for monitoring cardiac surgical performance and their interpretation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 128: 811-819.



17. Williams SM, Parry BR, Schlup MMT. Quality control: an application of the CUSUM. *BMJ* 1992; 304: 1359-1361.
18. Spencer FC. Teaching and measuring surgical techniques. The technical evaluation of competence. *Bull Am Coll Surg* 1978; 63: 9-12.
19. Dagash H, Chowdhury M, Pierro A. When can I be proficient in laparoscopic surgery? A systematic review of the evidence. *J Pediatr Surg* 2003; 38: 720- 724.
20. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. To err is human. Building a safer health system. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000; pp. 155- 201.
21. Fraser SA, Feldman LS, Stanbridge D, Fried GM. Characterizing the learning curve for a basic laparoscopic drill. *Surg Endosc* 2005; 19: 1572-1578.
22. Rosser JC, Rosser LE, Savalgi RS. Skill acquisition and assessment for laparoscopic surgery. *Arch Surg* 1997; 132: 200-204.
23. Brunner WC, Korndorffer JR Jr, Sierra R, et al. Laparoscopic virtual reality training: are 30 repetitions enough? *J Surg Res* 2004; 122: 150-156.
24. Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J. Learning curves and impact of previous operative experience on performance on a virtual reality simulator to test laparoscopic surgical skills. *Am J Surg* 2003; 185: 146-149.
25. Gallagher AG, Ritter EM, Satava RM. Fundamental principles of validation, and reliability: rigorous science for the assessment of surgical education and training. *Surg Endosc* 2003; 17: 1525-1529.

