



Evaluación de destrezas en cirugía laparoscópica: estudio de patrones de movimiento mediante el uso de acelerómetros.

Oriana Salamo ¹ .
Alexis Sánchez Ismayel ² .
Omaira Rodríguez ³ .
Renata Sánchez ⁴ .
Romina Pena ⁵ .
Valentina Báez ⁶ .
Luis Medina ⁷ .

¹Médico Cirujano. Pasantía de Investigación Clínica. Programa de Cirugía Robótica. Hospital Universitario de Caracas orianasalamo@hotmail.com

²Magister Scientiarum. Profesor Asociado UCV Coordinador del Programa de Cirugía Robótica HUC. Centro de Cirugía Robótica y de Mínima Invasión (CIMI) Instituto Médico La Floresta.

³Especialista en Cirugía General Profesora Asistente UCV Programa de Cirugía Robótica HUC. Centro de Cirugía Robótica y de Mínima Invasión (CIMI) Instituto Médico La Floresta

⁴Especialista en Cirugía Oncológica. Profesora Agregada UCV. Programa de Cirugía Robótica HUC.

⁵Médico Cirujano. Pasantía de Investigación Clínica. Programa de Cirugía

Robótica. Hospital Universitario de Caracas.

⁶Médico Cirujano. Pasantía de Investigación Clínica. Programa de Cirugía Robótica. Hospital Universitario de Caracas.

⁷Médico Cirujano. Pasantía de Investigación Clínica. Programa de Cirugía Robótica. Hospital Universitario de Caracas.

Correspondencia: Instituto de Medicina Tropical - Facultad de Medicina - Universidad Central de Venezuela.

Consignado el 28 de Octubre del 2013 a la Revista Vitae Academia Biomédica Digital.

RESUMEN

El entrenamiento de la cirugía laparoscópica debe hacerse mediante un programa escalonado, que incluya laboratorios de práctica y el uso de modelos virtuales o inanimados. Dentro de estos programas, se hace necesario disponer de parámetros objetivos de evaluación que permitan monitorear el desarrollo de destrezas y determinar el punto en el cual el cirujano en formación puede pasar al próximo nivel de enseñanza, con su participación en cirugías in vivo. En esta investigación se plantea el análisis de patrones de movimientos mediante la utilización de un equipo de fácil disponibilidad, como lo es el iPod Touch de cuarta generación de Apple®. Este dispositivo cuenta con acelerómetros que registran el movimiento en tres ejes (x,y,z) y permiten una aproximación a la calidad de los movimientos ejecutados por el cirujano durante la realización de una tarea determinada.

PALABRAS CLAVE: cirugía laparoscópica, entrenamiento, evaluación, acelerómetros, iPod

EVALUATION OF SURGICAL SKILLS FOR LAPAROSCOPIC SURGERY: STUDY OF MOVEMENT PATTERNS BY MEANS OF ACCELEROMETERS

SUMMARY

Laparoscopic surgical training should be done through a phased program that includes practical labs and the use of virtual or inanimate models. Within these programs, it is necessary to have objective evaluation parameters that could monitor the development of skills, and serve to establish the level at which the surgeon in training can proceed to the next level of education, including participation during actual surgery. In this research we present an analysis of movement patterns using readily available equipment, such as the iPod Touch fourth generation of Apple ®. This device has accelerometers sensors of movement in three axes (x, y, z) allowing an approximation of the quality of movements of the surgeon during the performance of any particular task.

KEY WORDS: Laparoscopic surgery, training, assessment, accelerometers, iPod

EVALUACIÓN DE DESTREZAS EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA: ESTUDIO DE PATRONES DE MOVIMIENTO MEDIANTE EL USO DE ACELERÓMETROS.

INTRODUCCIÓN

La cirugía laparoscópica tiene grandes ventajas sobre la cirugía abierta⁽¹⁻³⁾, pero requiere la adquisición de habilidades específicas para superar las dificultades propias de la técnica, como lo son la visión en dos dimensiones, menor rango de movimientos, disminución de la sensación táctil y el efecto *fulcrum*^(4,5).

Las cirugías tutorizadas para la enseñanza en cirugía mínimamente invasiva elevan los costos y tienen obvias implicaciones médico legales, por lo cual los métodos de enseñanza tradicionales han venido quedando atrás. El entrenamiento de la cirugía laparoscópica debe hacerse mediante un programa escalonado, que incluya laboratorios de práctica y el uso de modelos virtuales o inanimados, teniendo estos últimos la ventaja de su bajo costo y alta disponibilidad⁽⁶⁻⁸⁾. . Dentro de estos programas, se hace necesario disponer de parámetros objetivos de evaluación que permitan monitorear el desarrollo de destrezas y determinar el punto en el cual el cirujano en formación puede pasar al próximo nivel de enseñanza, con su participación en cirugías in vivo.

Si bien el tiempo es uno de los parámetros más utilizados en el programa de formación, éste no siempre es reflejo de una adecuada práctica quirúrgica^(9,10). Recientemente se ha dirigido la atención hacia el estudio de patrones de movimientos, lo cual se puede realizar con distintos sistemas; en su mayoría se trata de equipos especializados y de elevado costo⁽¹¹⁾.

En esta investigación se plantea el análisis de patrones de movimientos mediante la utilización de un equipo de fácil disponibilidad y menor costo, como lo es el *iPOD Touch* de cuarta generación de Apple®, para diferenciar individuos con distinto nivel de destreza psicomotora en cirugía laparoscópica. Este dispositivo cuenta con acelerómetros que pueden registrar el movimiento en tres ejes (x,y,z) y permiten una aproximación a la calidad de los movimientos realizados por el cirujano durante la realización de una tarea determinada. El dispositivo no requiere de calibración y va colocado en la muñeca dominante del cirujano. Consideramos que la muñeca es el lugar adecuado para poder registrar los movimientos con la mayor precisión sin interferir en el procedimiento que se intenta realizar. No existen en la literatura mundial reportes similares ni experiencias previas con el uso de este equipo para el estudio de destrezas en cirugía mínimamente invasiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

EL *iPOD touch*, diseñado por Apple Inc®, cuenta con un sensor de movimiento que permite medir la aceleración lineal en tres ejes (x,y,z). Éste incluye un elemento receptor y una interface serial capaz de proveer a un programa determinado la información obtenida, la cual puede ser almacenada en la memoria del dispositivo⁽¹²⁾ (Figura 1).



Figura N°1. iPod touch – Apple Inc®. Acelerómetro LIS302DI (ST Microelectronics).

A través de la aplicación *Acelerometer Data Pro*, (Wavefront Labs, disponible en www.applestore.com) se obtiene información relacionada con la aceleración y orientación del equipo en tres dimensiones, permitiendo la posterior transmisión o transferencia de los mismos vía internet como un “archivo de datos separados por coma” (CSV), el cual puede ser importado al Excel de Microsoft Office® para su manejo y análisis.

Métodos

Se trata de un estudio de corte transversal donde se comparó el desempeño de dos grupos de individuos con diferente nivel de experiencia en cirugía laparoscópica mediante el método propuesto. Un primer grupo (novatos) formado por cinco (5) estudiantes de medicina, sin ninguna experiencia en cirugía laparoscópica, y un segundo grupo (expertos) constituido por cinco (5) cirujanos con una experiencia superior a veinte casos de cirugía laparoscópica.

La tarea realizada durante el estudio corresponde a la estación número tres del modelo de entrenamiento en cirugía laparoscópica de la vía biliar principal desarrollado en nuestro servicio por Sánchez y colaboradores, el cual ha sido ampliamente validado y ha demostrado ser una tarea con gran capacidad para distinguir entre individuos con diferente nivel de destrezas en cirugía mínimamente invasiva (Figura 2) ^(13,14).

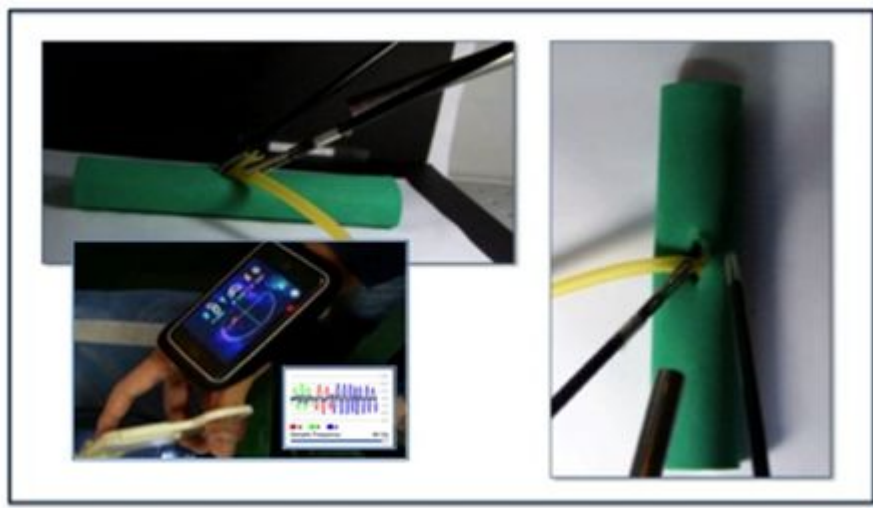


Figura N°2. Tarea a realizar. Estación III del modelo de entrenamiento en cirugía laparoscópica de la vía biliar. El recuadro inferior izquierdo muestra el dispositivo en la muñeca del operador.

El ejercicio se llevó a cabo con el dispositivo colocado en la muñeca de la mano dominante del operador y se inició en un punto de partida predeterminado por el evaluador. A todos los individuos se les presentó un video explicativo de la tarea que debían realizar y se les permitió realizar un primer ejercicio no evaluado para permitir la familiarización con el modelo.

Para cada grupo en estudio se determinó el tiempo en el cual se realizó la tarea, así como la *aceleración promedio* y *aceleración máxima* en cada uno de los ejes (x,y,z). La diferencia entre novatos y expertos se determinó mediante la prueba de Mann-Whitney, con un nivel de significancia de 5%.

RESULTADOS

Se estudiaron un total de 10 individuos, cinco novatos y cinco expertos, quienes llevaron a cabo la tarea determinada. No manifestaron incomodidad producto de la colocación del dispositivo en la muñeca de la mano dominante.

El análisis de los datos obtenidos por el acelerómetro permite obtener gráficos representativos de los movimientos de aceleración realizados por los individuos en cada uno de los ejes (Figuras 3-5). Los datos obtenidos para valoración objetiva de las variables aceleración promedio y máxima, se resumen en la tabla N°1.

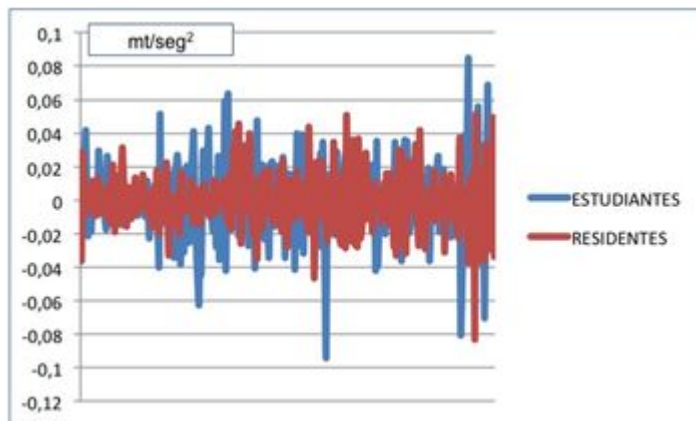


Figura N°3. Movimientos en el eje X de aceleración y desaceleración. Nótese la diferencia entre estudiantes y residentes.

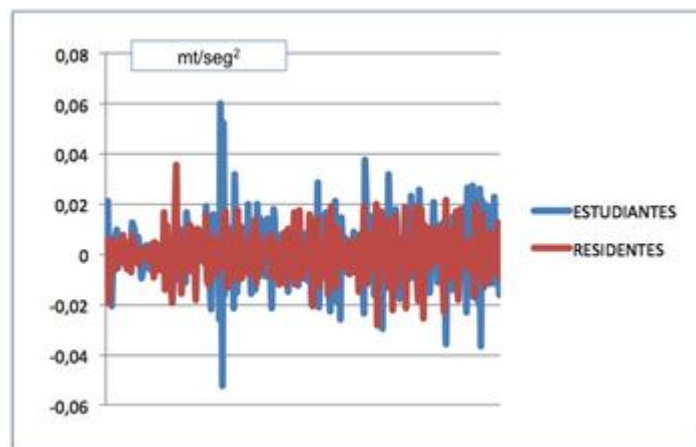


Figura N°4. Movimientos en el eje Y de aceleración y desaceleración. Nótese la diferencia entre estudiantes y residentes.

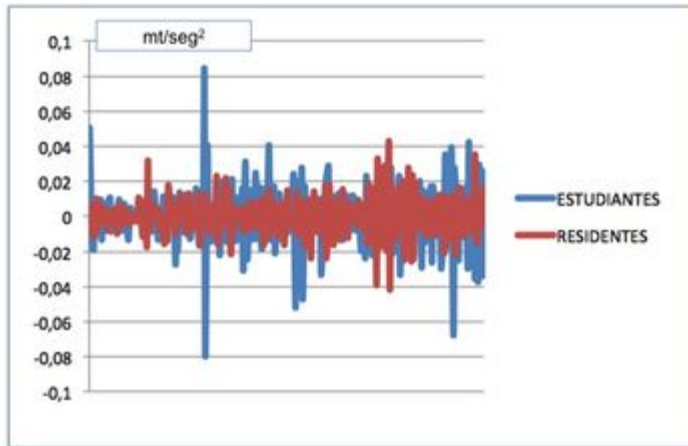


Figura N°5. Movimientos en el eje Z de aceleración y desaceleración. Nótese la diferencia entre estudiantes y residentes.

El análisis de la *aceleración promedio* evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos tanto en el eje "y" ($p=0.04$), como en el eje "z" ($p=0.04$). De igual manera la variable *aceleración máxima* demostró capacidad para distinguir entre individuos novatos y expertos en ejes "y" "z" ($p= 0.03$ $p= 0.04$). El análisis y comparación de las variables en estudio en el eje "x" no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla N° 1. RESULTADOS (Expresados en m/s^2) (fuerza-G)

	NOVATOS	EXPERTOS	p Valor
EJE "X"			
Ac PROMEDIO	0.0355 ± 0.0056	0.0282 ± 0.0078	0.1184
Ac MÁXIMA	0.2388 ± 0.0597	0.2023 ± 0.0727	0.3938
EJE "Y"			
Ac PROMEDIO	0.0187 ± 0.0035	0.0138 ± 0.0027	0.0411 *
Ac MÁXIMA	0.1234 ± 0.0426	0.0724 ± 0.0162	0.0367 *
EJE "Z"			
Ac PROMEDIO	0.0249 ± 0.0045	0.0179 ± 0.0049	0.0481 *
Ac MÁXIMA	0.1772 ± 0.0619	0.0954 ± 0.0427	0.0413 *

Ac: ACCELERACIÓN

* ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVO

DISCUSIÓN

La creciente complejidad de los procedimientos quirúrgicos ha conducido al desarrollo de nuevos y seguros métodos de entrenamiento en cirugía basados en simuladores. El entrenamiento en ambientes seguros permite al cirujano aprender de sus propios errores sin poner en riesgo el bienestar del paciente. Luego de la práctica en modelos inertes y el

dominio de algunos pasos *ex vivo*, el cirujano tiene un mejor desempeño en el quirófano; proceso conocido como transferencia de entrenamiento, disminuyendo de esta forma los fracasos y las complicaciones de la cirugía, a la vez que se avanza en la curva de aprendizaje. (15,16)

Basados en la necesidad de implementar el entrenamiento escalonado en la enseñanza de la cirugía laparoscópica, los autores han descrito múltiples modelos de entrenamiento y el impacto de algunos de estos en la adquisición de habilidades. Sin embargo, el parámetro de evaluación utilizado en los estudios lo constituyó el tiempo en el cual se realizaba cada tarea, el cual no es del todo preciso a la hora de evaluar el desempeño.^(17,18) La determinación del momento en el cual el cirujano adquiere la destreza necesaria para enfrentarse a situaciones reales requiere de objetivas técnicas de evaluación. Se hace necesario el estudio de la “economía del movimiento”, partiendo de la premisa de que el cirujano experimentado tendrá una mayor precisión y realizará menos acciones bruscas o innecesarias.^(19,20)

En la literatura mundial se ha demostrado que la adquisición de destrezas psicomotoras se puede determinar mediante el análisis del movimiento de los instrumentos, siendo un eficiente y objetivo método de evaluación.⁽²⁰⁾ Según la revisión reciente de Chmarra et al, al menos dieciséis equipos se han desarrollado a nivel mundial con este fin durante la última década.⁽²¹⁾ Darzi et al, con el dispositivo de rastreo en un campo electromagnético, estudian el trazado producto del cambio de posición de los instrumentos llamado “firma del movimiento”, que permite establecer una clara diferencia entre individuos con diferente nivel de experiencia.⁽²²⁾ Rosen et al, con el diseño de una unidad electromecánica conocida como el “Dragón Azul”, permite medir los movimientos realizados por las manos, y la fuerza que es aplicada en los instrumentos.⁽²³⁾ Cristancho,⁽²⁴⁾ describió su experiencia con el uso de sistemas electromagnéticos, enfatizando la importancia del estudio del movimiento como un parámetro objetivo y práctico a la hora de determinar la competencia. Así mismo, Yamaguchi enfatiza la importancia de la evaluación de habilidades psicomotoras mediante detección de movimientos a la hora de realizar una compleja tarea en cirugía laparoscópica, como lo es la sutura y el anudado intracorpóreo.⁽²⁵⁾ El simulador ProMIS (Haptica INC®) se basa en el estudio de la trayectoria de instrumentos marcados, mediante el análisis del video capturado por tres diferentes cámaras (x,y,z) presentes en el interior del simulador. Este se encuentra comercialmente disponible pero su tamaño y elevado costo lo hacen poco accesible.⁽²⁶⁾

En definitiva, múltiples dispositivos de rastreo se han utilizado en los últimos años en un intento por darle objetividad a la evaluación de destrezas psicomotoras en cirugía mínimamente invasiva. Sin embargo, todos estos resultan costosos, lo cual constituye una gran limitante a la hora de su aplicación en nuestro medio.

No encontramos en la literatura mundial experiencias previas en el uso del dispositivo (*iPOD Touch* Apple®) que se propone en el presente trabajo para el análisis de patrones de movimiento en relación con aceleración como una herramienta de evaluación versátil y de bajo costo. La incorporación de este método de evaluación a nuestros programas de formación requiere de la validación del mismo. Este proceso de validación incluye múltiples aspectos tales como accesibilidad, posibilidad de obtener datos de fácil interpretación y la

capacidad para diferenciar entre cirujanos expertos e individuos sin entrenamiento, lo cual se traduce en su aplicabilidad como herramienta para evaluar los avances del cirujano en la medida en que desarrolla las destrezas necesarias.⁽²⁷⁾ Si los parámetros que contempla el modelo o método de evaluación resultan útiles para diferenciar entre novatos y expertos, los mismos podrán utilizarse para determinar objetivamente el nivel mínimo de desempeño requerido y además evaluar los progresos a lo largo del tiempo.

El método propuesto demostró tener la capacidad de distinguir entre individuos de diferente nivel de destreza en cirugía mínimamente invasiva cuando se analizan los ejes “y” “z”. Pensamos que la tarea considerada para la evaluación (Estación III del modelo de entrenamiento en cirugía laparoscopia de la vía biliar principal: colocación del tubo en t de Kehr), involucra pocos movimientos en el plano horizontal lo cual explicaría porque no se documentó diferencia en los movimientos realizados en el eje “x” entre los novatos y expertos. Sin embargo, este hecho se estudiará en futuros protocolos relacionados con esta línea de investigación de nuestro servicio.

La validación del método propuesto y el desarrollo de tecnologías dirigidas al entrenamiento escalonado contribuirá positivamente en nuestros programas de formación. El disponer de una herramienta objetiva de evaluación de desempeño como la propuesta permitirá decidir el momento en el cual el cirujano en entrenamiento participará en cirugías en quirófano, garantizando el bienestar del paciente sin comprometer la formación de nuestro personal. El fin que se persigue es la realización de procedimientos novedosos con alta efectividad y mínima morbilidad.

CONCLUSION

El análisis de patrones de movimientos mediante el uso de acelerómetros permite diferenciar entre individuos con diferente nivel de destreza en cirugía laparoscópica, por lo tanto pudiera constituirse en una útil herramienta para evaluar el desarrollo de habilidades de cirujanos en entrenamiento.

REFERENCIAS

1. Southern Surgeons Club. A prospective analysis of 1518 laparoscopic cholecystectomies. N Engl J Med 1991; 324(16):1073-8
2. Sánchez A, Rodríguez O, Bellorín O, Sánchez R, Benítez G. Laparoscopic common bile duct exploration in patients with gallstones and choledocholithiasis. JSLS 2010; 14(2):246-50
3. Sánchez A, Cruz G, Sánchez R, Sánchez R, Rodríguez O, et al. Manejo laparoscópico de las anomalías sintomáticas del uraco. Actas Urol Esp 2009; 33(3):284-9
4. Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. Br J Surg 2004; 91(12):1549-58
5. Scott D, Young W, Tesray S, Frowley W, Rege R, Jones D. Laparoscopic skills training. Am J

Surg 2001; 182(2):137-142

6. Tsuda S, Scott D. Surgical skills training and simulation. *Curr Probl Surg* 2009; 46(4):271-370
7. Roberts K, Bell R, Duffy A. Evolution of surgical skills training. *World J Gastroenterol* 2006; 12(20):3219-24
8. Bridges M, Diamond D. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg* 1999; 177(1):28-32
9. Smith S, Torkington J, Brown T, Taffinder N, Darzi A. Motion analysis. A tool for assessing laparoscopic dexterity in the performance of a laboratory-based laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 2002; 16(4):640-5
10. Mason J, Ansell J, Warren N, Torkington J. Is motion analysis a valid tool for assessing laparoscopic skill? *Surg Endosc* 2013; 27(5):1468-77
11. Reiley C, Lin H, Yuh D, Hager G. Review of methods for objective surgical skill evaluation. *Surg Endosc* 2011; 25(2):356-66
12. ST Electronics [sede Web] LIS302DL MEMS motion sensor 3-axis - $\pm 2g/8g$ Smart digital output "piccolo" accelerometer. [Acceso el 17 de junio de 2013] Disponible en: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00135460.pdf>
13. Otaño N, Sánchez A, Rodríguez O, Sánchez R, Benítez G, Visconti M. Exploración laparoscópica de la vía biliar. Validación de un modelo de entrenamiento. *Rev Fac Med* 2010; 33(2):141-50
14. Sánchez A, Otaño N, Rodríguez O, Sánchez R, Benítez G, Schwitzer M. Laparoscopic common bile duct exploration four task training model: Construct validity. *JSLs* 2012; 16(1):10-5
15. Figert P, Park A, Witzke D, Schwartz R. Transfer of training in acquiring laparoscopic skills. *J Am Coll Surg* 2001; 193(5):533-7
16. Sturm L, Windsor J, Cosman P, Cregan P, Hewett P, Maddern G. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. *Ann Surg* 2008; 248(2):166-79
17. Sánchez A, Rodríguez O, Sánchez R, Benítez G, Pena R. Impacto de la práctica en un modelo de entrenamiento en la adquisición de habilidades para la exploración laparoscópica de la vía biliar. *Rev Venez Cir* 2010; 63(3):121-7
18. Rodríguez O, Sánchez A, Sánchez R, Pena R, Salamo O. Construct validity for an inanimate training model for laparoscopic appendectomy. *JSLs* En prensa 2103.
19. Hiemstra E, Chmarra M, Dankelman J, Jansen F. Intracorporeal suturing: Economy of instrument movements using a box training model. *J Minim Invasive Gynecol* 2011; 18(4):494-9
20. Fried G, Feldman L. Objective assessment of technical performance. *World J Surg* 2008;

21. Chmarra M, Grimbergen C, Dankelman J. System for tracking minimally invasive surgical instruments. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2007; 16(6):328-40.
22. Datta V, Mackay S, Mandalia M, Darzi A. The use of electromagnetic motion tracking analysis to objectively measure open surgical skill in the laboratory-based model. *J Am Coll Surg* 2001;193(5):479-85
23. Rosen J, Brown J, Barreca M, Chang L, Hannaford B, Sinanan M. The Blue Dragon – A system for monitoring the kinematics and dynamics of endoscopic tools in minimally invasive surgery for objective laparoscopic skill assessment. *Stud Health Tech Inform* 2002; 85:412-8
24. Cristancho S, Hodgson A, Panton O, Meneghetti A, Warnock G, Qayumi K. Intraoperative monitoring of laparoscopic skill development base don quantitative measures. *Surg Endosc* 2009; 23(10):2181-90
25. Yamaguchi S, Yoshida D, Kenmotsu H, Yasunaga T, Konishi K, Ieiri S, Nakashima H, Tanoue K, Hashizume M. Objective assessment of laparoscopic suturing skills using a motion-tracking system. *Surg Endosc* 2011; 25(3):771-5
26. Van Sickle K, McClusky D, Gallagher A, Smith C. Construct validation of the ProMIS simulator using a novel laparoscopic suturing task. *Surg Endosc* 2005; 19(9):1227-31
27. McDougall E. Validation of surgical simulators. *J Endourology* 2007; 21(3):244-47