



ORIGINAL

Aplicaciones (APPS), una innovadora tendencia en salud: desarrollo de una aplicación móvil para manejo de sucesos críticos durante la cirugía ortopédica y traumatológica



Stefanos Akillefs Betancourt Kaltsidou^{a,*}, Adolfo Mario Llinás Volpe^{b,1}, Catherine P. Novoa Ramírez^c, Guillermo Ortiz Ruiz^d, María Claudia Villalba Gaviria^e, Roosevelt Fajardo Gómez^f, Luis Gerardo García Herreros^g, José Navas Sanz de Santamaría^h y Enrique Arango Galvisⁱ

^a Médico Asistente en Investigación, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia

^b Director Médico, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia; Profesor clínico, Ortopedia y Traumatología, Universidad de los Andes y Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

^c Ortopedista y traumatóloga, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia; Ortopedista, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

^d Director de Cuidados Críticos, Hospital Santa Clara, Bogotá; Director, Programa de Medicina Interna y Pulmonar, Universidad del Bosque, Bogotá, Colombia; Director ejecutivo, Instituto de Simulación Médica (INSIMED), Bogotá, Colombia

^e Anestesióloga, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia; Profesora clínica, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

^f Profesor clínico, Cirugía, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia; Director, Centro de Innovación y Educación en Salud (CIES), Bogotá, Colombia

^g Director, Departamento de Cirugía General, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia; Profesor clínico, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

^h Miembro Asociado, Departamento de Ortopedia, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia; Director operativo, Banco de Huesos y Tejidos, Fundación Cosme y Damián, Bogotá, Colombia

ⁱ Anestesiólogo, Jefe de Salas de Cirugía, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia; Profesor clínico, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Recibido el 12 de diciembre de 2015; aceptado el 28 de junio de 2017

Disponible en Internet el 27 de julio de 2017

PALABRAS CLAVE

Aplicación;
Algoritmo;
Alarma
intraoperatoria;

Resumen

Introducción: La forma en que se afronta un suceso crítico intraoperatorio marca la diferencia entre la vida y la muerte. Evidencia robusta muestra el hecho de que los equipos quirúrgicos no manejan adecuadamente las complicaciones durante la cirugía. La bibliografía reporta una tasa de 145 sucesos críticos por cada 10.000 procedimientos y los errores médicos son

* Autor para correspondencia. Celular: 319 496 3494 Teléfono: 57-1 2168613, Dirección: calle 134^a No 9b- 35 (Bogotá, Colombia) Rosario. Correo electrónico: betancourt.akkilles@gmail.com (S.A. Betancourt Kaltsidou).

¹ Ortopedista Universidad del Rosario.

Emergencia intraoperatoria

la principal causa de lesión evitable y de muerte en pacientes durante la cirugía. Mediante una iniciativa nacional y con un equipo interdisciplinario se desarrolló un *software* en forma de aplicación (APP), para tabletas y teléfonos inteligentes (*smartphones*) que permite afrontar sistemáticamente sucesos críticos en cirugía ortopédica. La herramienta se probó en escenarios de simulación de alta fidelidad de salas de cirugía, con casos clínicos reales. Hasta la fecha, no hay reportada en la bibliografía una herramienta similar.

Materiales y métodos: Se desarrolló una aplicación para móviles y tabletas en formato para Android e IOS, que utilizan POP (prototyping on paper) y Microsoft. Esta aplicación contiene un diagrama de flujo que permite la identificación temprana de un suceso crítico durante la cirugía y, una vez que se ha detectado, provee de los pasos para su adecuado afrontamiento basado en la mejor evidencia disponible. En un ambiente de simulación de alta fidelidad de salas de cirugía se probó la utilidad de la aplicación y el diagrama, así como la percepción de los miembros del equipo médico sobre su uso.

Resultados: El uso de la aplicación mejoró los tiempos de respuesta y la adherencia a los procesos críticos de cuidado. Los equipos quirúrgicos refirieron comodidad con el uso de la aplicación.

Discusión: Las APPS como ayudas cognitivas han probado su utilidad en diversas aéreas del conocimiento. Dado el reducido tamaño de muestra, es difícil inferir la importancia de los resultados. Además, la bibliografía es contundente en cuanto a la utilidad de las ayudas cognitivas para la resolución de problemas médicos. Iniciativas como la propuesta tienen el potencial de mejorar la seguridad del paciente y son un ejemplo nacional de innovación para el mundo, que va de la mano del pensamiento de la Ortopedia y la Traumatología de nuestro país.

Nivel de evidencia clínica. Nivel II.

© 2017 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

APP;
Algorithm;
Intra-operative
alarm;
Intra-operative
emergency

Applications (APPS), an innovative health trend: development of a mobile application for the management of critical events during orthopaedic and trauma surgery

Abstract

Background: The manner in which a critical intra-operative event is addressed can make the difference between life and death. Robust evidence shows that surgical teams do not adequately handle complications during surgery. The literature reports a rate of 145 critical events per 10,000 procedures, with medical errors being the leading cause of preventable injury and death in patients during surgery. Through a national initiative and an interdisciplinary team, we developed a software program in the form of an application (APP), for tablets and smartphones that allows to systematically deal with critical events in orthopaedic surgery. The tool was tested in high-fidelity simulation scenarios of operating theatres, with real clinical cases. To date, no similar tool has been reported in the literature.

Materials and methods: An application was developed for mobile phones and tablets in format for Android and IOS using POP (prototyping on paper) and Microsoft. This application contains a flowchart that allows the early identification of a critical event during surgery, and once detected provides the steps for appropriate coping based on the best available evidence. In a high-fidelity simulation theatre environment, the usefulness of the application and the diagrams, as well as the perception of the members of the medical team on its use were tested.

Results: The application use improved response times and adherence to critical care processes. Surgical teams reported comfort with the use of the application.

Discussion: Applications as cognitive aids have proven useful in different areas of knowledge. Given the small sample size, it is difficult to infer the significance of the results. On the other hand, the literature is conclusive as far as the usefulness of the cognitive aids for the resolution of medical problems. Initiatives, such as that proposed have the potential to improve patient safety, and are a national example of innovation for the world, and goes hand in hand with the thinking of Orthopaedics and Traumatology in Colombia.

Level of evidence: II.

© 2017 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

En una crisis en salas de cirugía, la forma y el tiempo con que el equipo médico afronta dicha situación marca la diferencia entre la vida y la muerte. La evidencia es contundente en el hecho de que los equipos quirúrgicos son, con frecuencia, incapaces de manejar de forma adecuada las crisis intraoperatorias, además de presentar un cumplimiento deficiente de las prácticas apropiadas y poca retención de conocimiento después del entrenamiento¹⁻³. En una publicación del *Journal of the American Medical Association* (JAMA) se pone de manifiesto cómo los errores médicos, errores en la medicación y sucesos adversos en cirugía son la tercera causa de muerte en Estados Unidos, solo por detrás del cáncer y la enfermedad coronaria. En el ambiente quirúrgico, los errores en el equipo operatorio son una de las causas principales de lesión evitable y muerte, y aunque individualmente un suceso crítico intraoperatorio es raro, a nivel institucional es un gran problema, donde hay reportes de hasta 145 sucesos por cada 10.000 cirugías. El origen de este problema es multifactorial y generalmente se asocia con fallas en comunicación y de trabajo en equipo^{4,5}.

Un ensayo clínico muticéntrico y de distribución aleatoria reciente demostró, mediante escenarios de simulación, que las ayudas cognitivas disminuían la tasa de falla en el cumplimiento en los procesos críticos de cuidado hasta el 75% y en escenarios de crisis donde no había ayuda cognitiva disponible hasta uno de cada tres pasos del cuidado no se realizaban. De nuevo, la falla en la comunicación era una de las principales causas, donde se hace evidente la creciente necesidad en los cirujanos de mejorar su asertividad personal.

Los cirujanos encuentran su mayor déficit en las habilidades de comunicación, un elemento vital a la hora de enfrentar un suceso intraoperatorio. Es contrario a la naturaleza humana aceptar que existe un problema cuando este depende directamente de la capacidad de ejecución de quien tiene que reportar la contrariedad. El aceptarlo se refleja negativamente en el prestigio de quien hace explícito el problema y se convierte en una situación desagradable. Si ha ocurrido un suceso adverso grave reciente en la práctica del cirujano líder del equipo, la probabilidad de que esté dispuesto a aceptar el nuevo suceso puede ser aún menor que la de la línea de base para ese individuo. Sin embargo, existen estrategias establecidas para prevenir la ocurrencia de esta dinámica y para corregirla cuando el líder del equipo ignora las alarmas.

El manejo hospitalario de los pacientes produce una cantidad considerable de morbilidad, mucha de la cual es producto de procesos inseguros. La clarificación de este concepto ha conducido a una revolución de la medicina contemporánea, con un énfasis en procesos de seguridad verificables⁶. Considerando el entorno de salas de cirugía como de alto riesgo de accidentes, es necesario establecer mejores condiciones de seguridad con el objeto de prevenir la ocurrencia de complicaciones, fortalecer su detección temprana y asegurar su adecuado manejo. Por esta razón, las iniciativas que conducen a la seguridad de los pacientes se han convertido en una de las prioridades de los sistemas sanitarios.

Se desarrolló un diagrama de flujo compuesto de acciones tanto en serie como en paralelo y apoyadas con la

mejor evidencia disponible bajo los criterios del GRADE System, basado en la calidad de la evidencia y la fuerza de las recomendaciones. Mediante un equipo interdisciplinario se desarrolló un *software* en forma de aplicación (APP), para tabletas y teléfonos inteligentes (*smartphones*), que contiene el diagrama de flujo y que permite afrontar sistemáticamente sucesos críticos en cirugía ortopédica. Las pruebas de la herramienta se realizaron en escenarios de simulación de alta fidelidad de salas de cirugía. En esencia, la aplicación es una herramienta cuya fortaleza es la detección del problema y la articulación e implementación de una solución haciendo el mejor uso de los recursos disponibles. Mediante la implementación de esta aplicación se busca, además, mejorar de forma efectiva la asertividad y las habilidades de comunicación en el equipo quirúrgico con el fin de obtener una solución más integral, así como la generación y aplicación de conocimiento útil y al servicio de la construcción para la medicina en Colombia y el mundo. Hasta la fecha, no existe una herramienta similar reportada en la bibliografía.

Materiales y métodos

Basados en la mejor bibliografía médico-científica disponible según el sistema GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) para evaluación de la evidencia en cuanto a fuerza de recomendaciones y calidad metodológica, se desarrolló una herramienta en forma de diagrama de flujo, que permite identificar una potencial crisis quirúrgica intraoperatoria y, además, provee de una serie de acciones para su afrontamiento. Una vez desarrollada, el equipo de ingenieros incorporó el diagrama a una aplicación para móviles y tabletas en formato para Android e IOS que utiliza POP (*prototyping on paper*) y Microsoft, mediante Excel y Outlook.

Se realizó un ensayo clínico, donde la intervención es el *debriefing*. Se obtuvieron dos equipos quirúrgicos para tres escenarios clínicos con un total de doce participantes. Cada equipo quirúrgico estaba compuesto de un cirujano, un anestesiólogo, un residente de Anestesia, un residente de Cirugía, una instrumentadora quirúrgica y una enfermera jefe. Cualquiera de los participantes del equipo de salas tenía la capacidad de activar la alarma, tanto si el cirujano o el anestesiólogo confirmaban la existencia de una situación de riesgo o no. Esta acción obligaba a una suspensión temporal del proceso y una revisión del estado del acto quirúrgico. En caso de confirmarse un suceso crítico, se iniciaban las acciones, algunas en paralelo y otras en serie, acciones provistas por el flujograma con el fin de tomar las medidas necesarias y hacer acopio de los recursos que condujeran a resolver la emergencia (fig. 1).

El primer punto en el diagrama es la categorización de la emergencia: al declararse la emergencia, se evalúa si la complicación ha puesto en riesgo o tiene posibilidad de poner en riesgo la vida del paciente. En este momento se realiza una categorización de la lesión y se llama inmediatamente a cirugía vascular periférica y/o hemodinamia, en caso de una lesión vascular; a cirugía general, urología, ginecología y/o cardiología no invasiva si hay lesión de viscera hueca, o a neurocirugía y/o neurología en caso de una lesión neurológica. En caso de que la vida del paciente esté en

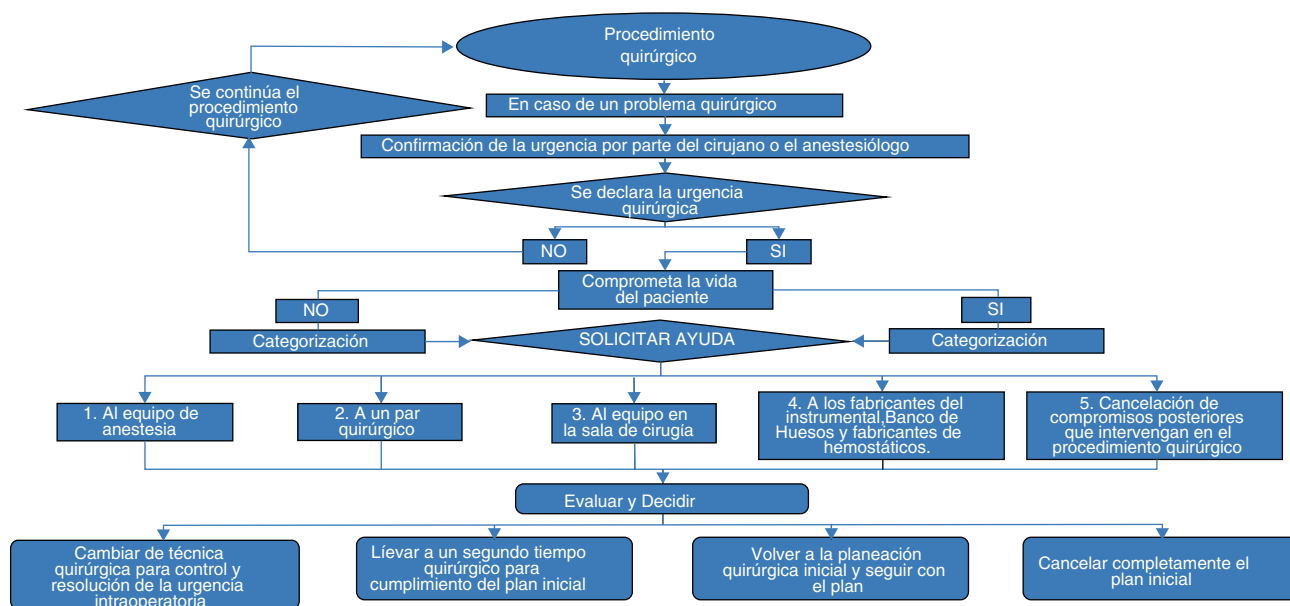


Figura 1 Flujograma.

riesgo, se toma la decisión de abortar el procedimiento quirúrgico o no. El siguiente paso es la construcción de una nueva ruta: en caso de que el procedimiento pueda continuar, se designa a una persona que realice una o varias de las siguientes acciones de acuerdo con la situación utilizando la guía del algoritmo presente en la aplicación:

Reserva adicional de productos al banco de sangre.

Unidad de cuidados intensivos.

Solicitud del apoyo técnico a radiología.

Notificación a quienes dependen de estos equipos para otras cirugías programadas.

Notificación a radiología intervencionista, al laboratorio clínico y a microcirugía.

Solicitud de apoyo para diferentes pruebas de emergencia por parte del laboratorio clínico.

El diagrama está compuesto de acciones que debe realizar el equipo quirúrgico:

1. Al equipo de anestesia:

- Solicitar los medicamentos necesarios para la estabilización del paciente.
- Evaluar la necesidad de hemoderivados u otros recursos para estabilizar al paciente.
- Evaluar la necesidad de la unidad de cuidados intensivos o unidad de cuidados intermedios para la recuperación posoperatoria del paciente.

2. A un par quirúrgico:

- Dentro de la sala: aporte de ideas para la resolución del suceso intraoperatorio.
- Fuera de la sala: dar información específica y en tiempo real a la familia, aporte de ideas para la resolución del suceso intraoperatorio y comunicación con otras especialidades de apoyo. La aplicación puede enviar un mensaje de texto o correo de manera automática a los cirujanos de la especialidad que se requieran y esté preseleccionada en la aplicación.

3. Al equipo en la sala de cirugía:

f. Estéril: ayudantes quirúrgicos e instrumentación quirúrgica.

g. Verificación del plan resolutivo esbozado antes de su llegada.

h. No estéril: equipo de anestesia, enfermera jefe, auxiliar de enfermería y personal de mantenimiento de las salas de cirugía (en caso de que la complicación esté relacionada con la sala de cirugía).

4. A los fabricantes del instrumental o material de osteosíntesis, banco de huesos y fabricantes de hemostáticos:

i. Verificar los horarios en que funcionan las oficinas del instrumental y la disponibilidad de envío del instrumental necesario o injertos óseos del banco de huesos.

j. Solicitar el instrumental que falta en salas de cirugía.

5. A la/al secretaria(o) del cirujano:

k. Cancelación de compromisos posteriores del cirujano y su equipo para reducir al mínimo el riesgo de distracción en el procedimiento que interfiera en la resolución de la complicación intraoperatoria.

Los equipos quirúrgicos estaban formados por el personal de Anestesia, que incluye especialista, residente y/o estudiante o enfermera, además de enfermera de salas, cirujano y ayudantes del cirujano. Cada equipo fue evaluado en una sala de cirugía simulada de alta fidelidad donde afrontaron una serie de escenarios quirúrgicos de crisis y se evaluaron el cumplimiento de las mejores prácticas basadas en la evidencia actual disponible. Se tuvieron en cuenta para la evaluación los siguientes parámetros:

Adherencia a los procesos críticos en la resolución de la emergencia.

Tiempo de acción.

Facilidad y comodidad de uso.

En un ambiente de simulación de alta fidelidad, los dos equipos quirúrgicos expusieron los tres escenarios clínicos. El primer contacto era sin el diagrama ni la aplicación y se midieron los siguientes parámetros: tiempo, identificación

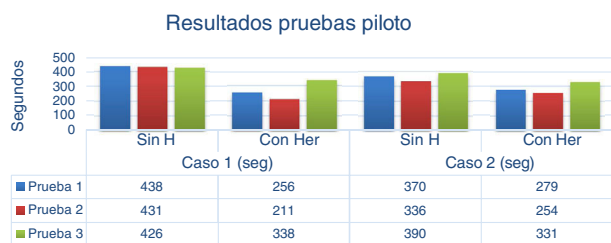


Figura 2 Resultado de las pruebas piloto.

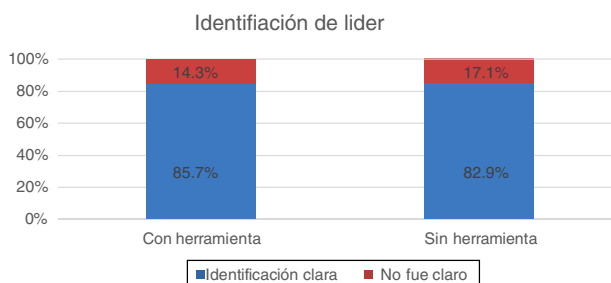


Figura 3 Identificación de líder.

de un líder, comunicación efectiva y cumplimiento de procesos críticos de cuidado. Se realizó una segunda simulación, con el mismo caso, pero con el uso de la aplicación. Se midieron los mismos parámetros.

La aplicación está ligada a una macro realizada en código VBA en el programa MS-Excel. Este algoritmo busca, en función de la necesidad, en la base de datos respectiva, con el fin de ponerse en contacto, vía correo electrónico, con todos los médicos que se requieran para atender el suceso dentro de sala.

Para facilidad en el entendimiento también es necesario un pseudocódigo, el cual se muestra a continuación:

Recibir (sub)especialidad requerida en sala.

Buscar correos de médicos de lo requerido en 1.

Elegir el asunto y cuerpo del correo.

Abrir MS-Outlook.

Adjuntar lista de correos elegidos en 2, asunto y cuerpo del mensaje.

Enviar correos de emergencia.

La aplicación tiene una base de datos del personal de salud. Al ser activada, dirige los correos de los médicos requeridos con un asunto y un cuerpo de texto a través de MS-Outlook.

Resultados

La reducción en el tiempo para tomar y realizar las acciones osciló entre el 15 y el 32% de acuerdo con el caso simulado en los grupos que utilizaron la aplicación. Los resultados son clínicamente importantes a pesar del número de la muestra (fig. 2).

No se identificó ningún impacto estadísticamente significativo en cuanto a la identificación de un líder con el uso de la aplicación o sin él. El 85,7% de los participantes refirieron identificar un líder con el uso de la aplicación, el 82% de los encuestados identificaron el líder sin el diagrama de flujo (fig. 3).

En cuanto al uso de la aplicación en un suceso crítico, la totalidad (100%) del personal encuestado y que participó en las simulaciones estuvo de acuerdo en que usaría la APP y que le gustaría tenerla a disposición en el momento de enfrentarse a una emergencia dentro de sala.

Discusión

El análisis estadístico mostró una reducción significativa en el tiempo de acción con el uso de la herramienta. Sin embargo, dado el reducido tamaño de muestra, es difícil asegurar que los hallazgos no se deban al azar. Clínicamente, los resultados son importantes ya que respetan la lógica fisiopatológica y estimulan el seguimiento de las mejores prácticas médicas soportadas por la bibliografía y disponibles en la actualidad⁷⁻⁹.

Es importante mencionar otra de las limitaciones de la herramienta y es que está ligada al accionar de un ser humano dentro de la sala; si bien es cierto que se han tomado estrategias ya mencionadas en este documento para mitigar el escrutinio humano, se está supeditado a la decisión de los actores en sala y, por tanto, prono a errores.

La mejora de la seguridad clínica en Colombia y en el mundo requiere un enfoque multidisciplinario que incluya, además del factor humano, los factores ambientales, los problemas de comunicación y el análisis de los procesos asistenciales. Esta herramienta busca promover el uso y entendimiento del diagrama de flujo en formato digital para que médicos y equipos quirúrgicos puedan aprovechar estas inestimables herramientas con el potencial de mejorar el cuidado operatorio.

Reconocimientos y acreditaciones

Daniel Alejandro Díaz Granados, estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Bogotá.

Iván Alejandro Solano, Ingeniería de Sistemas, Universidad de los Andes, Bogotá.

Jairo Rizo Rojas, Medicina, Universidad de los Andes, Bogotá.

Nicolás Jiménez, Medicina, Universidad de los Andes, Bogotá.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Arriaga AF, Bader AM, Wong JM, Lipsitz SR, Berry WR, Ziewacz JE, et al. Simulation-based trial of surgical-crisis checklists. *N Engl J Med*. 2013;368:246–53.
2. Charuluxananan S, Punjasawadwong Y, Suraseranivongse S, Sri-sawasdi S, Kyokong O, Chinachoti T, et al. The Thai Anesthesia Incidents Study (THAI Study) of anesthetic outcomes: II. Anesthetic profiles and adverse events. *J Med Assoc Thai*. 2005;88 Suppl 7:S14–29.
3. Starfield B. Is US health really the best in the world? *JAMA*. 2000;284:483.
4. Novoa DC, Llinás A, Daccach JA, Navas J, Novoa DC. Resolución de emergencias durante cirugía ortopédica y traumatológica: desarrollo de un listado de verificación. *Rev Col Or Trau*. 2010;3:153–7.
5. Medicine I of. To Err Is Human [Internet]. Washington, D.C.: National Academies Press; 2000 [citado: 10 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/9728/to-err-is-human-building-a-safer-health-system>
6. Pronovost PJ, Weast B, Holzmueller CG, Rosenstein BJ, Kidwell RP, Haller KB, et al. Evaluation of the culture of safety: survey of clinicians and managers in an academic medical center. *Qual Saf Health Care*. 2003;12:405–10.
7. New England Journal of Medicine Image Challenge becomes an iPhone medical app [Review] [Internet]. [citado: 12 de diciembre de 2015.] Disponible en: <http://www.imedicalapps.com/2010/12/new-england-journal-medicine-iphone-image-challenge-medical-app-review/>
8. Kahn SR, Morrison DR, Cohen JM, Emed J, Tagalakis V, Roussin A, et al. Interventions for implementation of thromboprophylaxis in hospitalized medical and surgical patients at risk for venous thromboembolism. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013: CD008201.
9. Andrews J, Guyatt G, Oxman AD, Alderson P, Dahm P, Falck-Ytter Y, et al. GRADE guidelines: 14. Going from evidence to recommendations: the significance and presentation of recommendations. *J Clin Epidemiol*. 2013;66:719–25.