

Especial redes sociales y cirugía

mHealth en la detección de complicaciones de heridas quirúrgicas

mHealth in the detection of surgical wound complications

 Segura Sampedro JJ^{1,2,3}, Craus Miguel A^{1,2}, Munar Covas M⁴, González Hidalgo M⁴, González Argenté X^{1,2,3}

 ¹Servicio de Cirugía General y del Aparato Digestivo. Hospital Universitario Son Espases. Palma de Mallorca.

²Grupo de Investigación en Enfermedad Oncológica Peritoneal. Instituto de Investigación Sanitaria de las Islas Baleares (IdISBa).

³Facultad de Medicina. Universidad de las Islas Baleares. Palma de Mallorca.

⁴Grupo de investigación SCOPIA. grupo de investigación UGiVIA: Universidad de las Islas Baleares. Palma de Mallorca.

Introducción

La OMS define la telemedicina como: “La aportación de servicios de salud, donde la distancia es un factor crítico, por cualquier profesional de la salud, usando las nuevas tecnologías de la comunicación para el intercambio válido de información en el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de enfermedades o lesiones, investigación y evaluación, y educación continuada de los proveedores de salud, todo con el interés de mejorar la salud de los individuos y sus comunidades”¹.

A esta definición se suman otras que comparten diversos puntos clave: Proporcionar atención médica superando barreras geográficas, involucrando uno

o varios tipos de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), tener el objetivo de mejorar la salud de nuestros pacientes.

Actualmente el concepto de eHealth puede ser mucho más apropiado que la telemedicina en determinados aspectos, ya que abarca un campo más amplio e integrador, siendo definido por la OMS como: “el apoyo que la utilización costoefficaz y segura de las tecnologías de la información y las comunicaciones ofrece a la salud y a los ámbitos relacionados con ella, con inclusión de los servicios de atención de salud, la vigilancia y la documentación sanitarias, así como la educación, los conocimientos y las investigaciones en materia de salud”. Integrando como componentes de la eSalud: la telemedicina o la mSalud (salud móvil)².



Juan José Segura Sampedro
Hospital Universitario Son Espases
07120 Palma de Mallorca



segusamjj@gmail.com



@SeguraJuanJ

mHealth

Haciendo de nuevo referencia a la OMS, el uso del móvil y de las tecnologías portátiles está transformando la atención sanitaria de manera global. El avance en las tecnologías móviles y las nuevas app, ofrecen un sinfín de oportunidades para su integración en la eHealth, acorde con el avance y el estilo de vida de nuestros pacientes.

De hecho desde la propia Organización Mundial de la Salud se ha creado la iniciativa **Global Observatory for eHealth (GOe)** que tiene como objetivo el estudio de la eHealth, su evolución e impacto, así como determinar la situación de la **mHealth** dentro de los estados miembros. Entre las iniciativas que se utilizan de manera más frecuente de **mHealth** se encuentran: call centers especializados en salud (59%), herramientas telefónicas para servicios de emergencia (55%), manejo de emergencias y desastres (54%) y la telemedicina a través de dispositivos móviles (49%).

Europa Occidental es una de las regiones más activas en cuanto al uso de la **mHealth** gracias al acceso a la tecnología móvil de nuestros pacientes, y que la creación de nuevas app que permitan una atención adecuada y costoefectiva en el campo de la cirugía es un paso más en el desarrollo de la eHealth.

La carga asistencial en un servicio de Cirugía General aumenta al sumar a los nuevos pacientes que acuden a consultas externas (CCEE) con un reciente diagnóstico, con los pacientes postoperados que acuden a revisiones tras haberse realizado una intervención quirúrgica. En la atención clásica tras el alta hospitalaria, los pacientes acuden en muchas ocasiones a CCEE simplemente para comprobar el estado de la herida quirúrgica (HQ) y/o el resultado de anatomía patológica.

Apps para el seguimiento de la Herida quirúrgica

La infección del sitio quirúrgico (SSI) representa la primera causa de infección nosocomial en nuestro país, con una prevalencia de hasta el 27%, siendo la infección de HQ la complicación más frecuente de estos pacientes. A pesar del seguimiento postoperatorio, en

muchas ocasiones, el diagnóstico y la detección de estos pacientes se realiza de manera tardía en los servicios de urgencias o centros de salud con infecciones más avanzadas, elevando los costes directos e indirectos derivados y saturando las urgencias.

Con el propósito de realizar una mejora en la calidad asistencial de los pacientes, en la literatura se encuentran diferentes estudios piloto acerca del tratamiento a distancia, que pretenden evaluar la eficacia del tratamiento y la opinión que puede producir al paciente. En un primer estudio de telemedicina aplicada el ámbito de la cirugía se entregó un dispositivo móvil para poder enviar imágenes en tiempo real de las heridas a los facultativos encargados de su seguimiento. A parte de tomar imágenes, se efectuaba un cuestionario con preguntas sobre su estado general de salud. Los resultados obtenidos muestran que, de todos los pacientes examinados, tan solo a uno se le citó para una exploración exhaustiva en el hospital; a los demás pacientes se les evitó el desplazamiento innecesario al centro médico³.

Otro estudio incorporó el envío de imágenes vía correo electrónico para evaluar la validez del seguimiento telemático en el diagnóstico de complicaciones de la



- 1 Dolor: Medido en una escala numérica de 0 a 10, considerando 0 sin presencia de dolor y 10 un dolor agudo.
- 2 Rubor: Presencia de color rojizo local.
- 3 Temperatura: Aumento del calor local.
- 4 Tumefacción: Inflamación local.
- 5 Dehiscencia: Apertura de la herida sobre la línea de sutura.
- 6 Supuración: Presencia de pus en la herida.
- 7 Fiebre: Aumento de temperatura superior a 37,8°C.



herida quirúrgica. En este caso se combinó la toma de imágenes por parte del paciente con un cuestionario con una serie de preguntas que podían ayudar al diagnóstico de infección⁴. El cuestionario planteado incluía los siguientes aspectos:

La información recopilada era enviada a dos especialistas independientes que realizaban una evaluación independiente, posteriormente se realizaba una valoración presencial ciega a las valoraciones telemáticas. En este trabajo el 100% de pacientes afirmaba que el seguimiento telemático les ahorró el tiempo de desplazamiento hacia el hospital. El 71% resaltó que se había evitado ausentarse del trabajo o universidad. Un 93% prefería el seguimiento telemático en lugar de la consulta presencial.

En otros estudios se implementó un portal web mejorando la facilidad de uso del paciente, donde podía consultar su historial clínico, recordatorios médicos y comprobar el diagnóstico que los diferentes facultativos realizaban sobre las imágenes adjuntadas⁵.

Como aspecto a destacar en todos los estudios planteados es el funcionamiento común que presentan con un facultativo a cargo de inspeccionar los resultados. Esto hace que algo que podría ser ágil y rápido para el paciente, se vea enlentecido, pues al suponer un aumento de la carga de trabajo del facultativo se disminuye considerablemente la automatización e inmediatez del proceso.

Automatización del seguimiento telemático de heridas median APPs

Con el propósito de disponer de herramientas automatizadas que permitan el seguimiento y detección de complicaciones se han postulado ya diferentes algoritmos automáticos que aplicados a app de dispositivos móviles permitan evaluar el estado del paciente.

Es necesario entrenar modelos matemáticos que sean explicables. Actualmente se encuentra en auge el *deep learning*, fundamentado en el aprendizaje automático de las máquinas, con técnicas bien conocidas como son las redes neuronales; en estos métodos, son las máquinas las que realizan de forma autónoma el

aprendizaje, dando finalmente un resultado. Resulta lógico que, en un área como la medicina, donde los algoritmos pretenden ser una ayuda en lugar de un reemplazo, apenas se use el *deep learning* ya que no se pueden analizar los pasos que han conducido al algoritmo a tomar esa decisión, visualizándose como una caja negra.

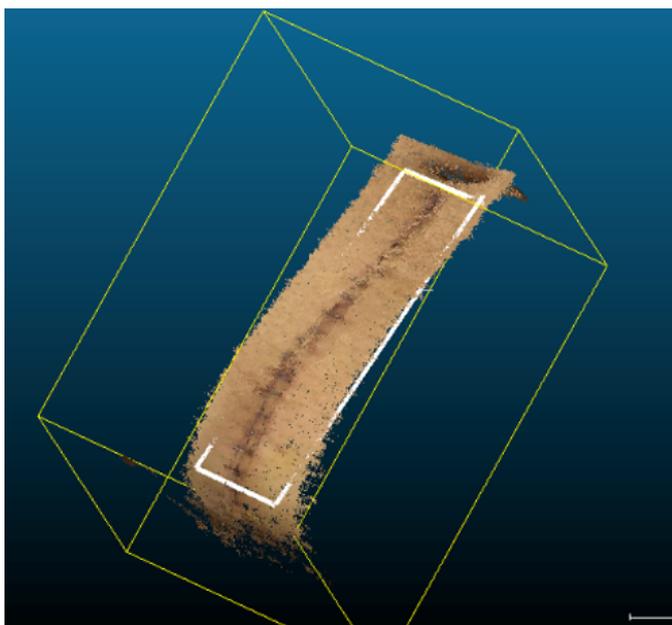
En cualquier caso, también resulta necesario analizar con detalle la infraestructura que se desarrolle para el paciente. En efecto, atendiendo a las estadísticas del INE en 2018⁶, en el 97% de los hogares se dispone de al menos un dispositivo móvil, en comparación al 78% de los hogares que tiene un ordenador, por lo que resulta ventajoso implementar servicios para plataformas móviles en lugar de continuar desarrollándolos para su uso en navegadores.

Esta tecnología se ha aplicado por primera vez a las úlceras de decúbito. Se desarrolló una aplicación móvil que analizaba de forma automática las imágenes tomadas en tiempo real estas heridas⁶. El algoritmo propuesto determina las dimensiones de la herida y desglosa los diferentes colores que aparecen en la imagen clasificándolos en ciertos conjuntos de colores predefinidos a partir del histograma en el espacio de color RGB. De esta manera, a partir de los resultados obtenidos, se observa el porcentaje de rojo, amarillo y negro presente en la imagen; posteriormente, mediante el uso de aprendizaje automático *machine learning* se determinan la relación entre las proporciones de color y el estado de la herida.

Las primeras experiencias con herramientas automatizadas para la detección de complicaciones de heridas quirúrgicas se han centrado en la tumoración (volumen) y el enrojecimiento de la herida.

Respecto a volumen se diseñó un algoritmo automatizado⁷ basado en una secuencia de video de la herida quirúrgica, tomada con un dispositivo móvil, de modo que se recogió el mismo área desde diferentes perspectivas y puntos de vista. Tras esto, el algoritmo extrae imágenes de la secuencia de video y rastrea características visuales comunes en todas las imágenes para construir una nube de puntos dispersos en 3D usando un algoritmo de **Structure From Motion** (SFM) y construir una nube de puntos densa y una malla texturizada en superficie para establecer una polilínea y un plano ajustado en esta polilínea en una porción

seleccionada del modelo 3D (**Figura 1**). Con esto se pretende que este plano sea tangente a la superficie del abdomen o cruzando el área abdominal, debajo de la herida y calcule la distancia entre cada punto del modelo 3D y el plano, para emitir una función de diagnóstico de estas distancias. Este trabajo presentó un sistema innovador para la valoración de la tumefacción de las heridas, que una vez integrado en futuras Apps podrá permitir la automatización completa de este proceso.



#Figura 1

Reconstrucción 3D de la herida con la poliúnea y el plano ajustado.

Respecto a detección telemática automatizada de heridas complicadas mediante color, se ha desarrollado un algoritmo que automatiza el análisis de las singularidades de la herida, extrayendo las características prefijadas y que evalúa la existencia o no de complicaciones. Cada imagen se dividió en diferentes subimágenes de menor tamaño, para poder centrar el estudio en las características locales. La inspección de estas subimágenes, y el estudio de la distorsión que provocan las grapas, permitió definir tres medidas que representan las amplitudes de los histogramas de diferentes canales, entrenando con esta información una **Support Vector Machine (SVM)** como algoritmo de aprendizaje supervisado, permitiendo generar un modelo que clasifique si una región contiene herida o no.

De las regiones que sí contenían herida se aplicó el algoritmo de detección de posición de grapas, que proporcionó una máscara binaria, donde en blanco se encuentra la posición de cada grapa presente en la herida⁸.

A continuación, considerando cada etiqueta de color como un conjunto borroso, se puede determinar el nivel de infección como la proporción de píxeles marcados como rojos (**Figura 2**). Finalmente, poder validar que los algoritmos desarrollados previamente pueden ser viables para su uso a la telemedicina se ha llevado a cabo la implementación de una aplicación móvil en la que, a partir de una imagen tomada con la cámara del dispositivo, se pueda determinar el grado de infección siguiendo los métodos propuestos⁹.



#Figura 2

Subimagen en que se aprecia viraje a rojo de herida quirúrgica detectada mediante algoritmo automatizado.

Partiendo de estos estudios, se pueden extraer algunas observaciones que permiten definir como deberá ser una plataforma de telemedicina que integre la máxima información y que preste un servicio automático de diagnóstico.

En primer lugar, se extrae la necesidad de formular un cuestionario previo, la imagen no puede sustituir a una serie de parámetros básicos de anamnesis y exploración. Este cuestionario ha de asignar a cada pregunta y respuesta la importancia correspondiente y que, en función de las respuestas, recomendar la visita presencial al facultativo. En segundo lugar, respecto a la aplicación móvil, es fundamental formular un algoritmo que automatice el análisis de las singularidades de la



herida, extrayendo las características prefijadas y que evalúe la existencia o no de complicaciones en la herida.

Bibliografía

1. WHO. Telemedicine: Opportunities and Developments in Member States: Report on the Second Global Survey on eHealth 2009 (Global Observatory for eHealth Series, Volume 2). Healthc Inform Res 2012; 18: 153.
2. WHO. Building foundations for eHealth : progress of member states : report of the Global Observatory for eHealth. Glob Obs eHealth Ser 2006; : 339.
3. Martínez-Ramos C, Cerdán MT, López RS. Mobile phone-based telemedicine system for the home follow-up of patients undergoing ambulatory surgery. Telemed J E Health 2009; 15: 531-537.
4. Segura-Sampedro JJ, Rivero-Belenchón I, Pino-Díaz V et al. Feasibility and safety of surgical wound remote follow-up by smart phone in appendectomy: A pilot study. Ann Med Surg 2017; 21: 58-62.
5. Kummerow Broman K, Oyefule OO, Phillips SE et al. Postoperative Care Using a Secure Online Patient Portal: Changing the (Inter)Face of General Surgery. J Am Coll Surg 2015; 221: 1057-1066.
6. Poon TWK, Friesen MR. Algorithms for size and color detection of smartphone images of chronic wounds for healthcare applications. IEEE Access 2015; 3: 1799-1808.
7. Estarellas NM, Bonin-Font F, Segura-Sampedro JJ et al. Towards a Pre-diagnose of Surgical Wounds through the Analysis of Visual 3D Reconstructions. In: Proceedings of the 13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2018, pp 589-595.
8. González-Hidalgo M, Moyà-Alcover G, Munar-Covas M et al. Detection and Automatic Deletion of Staples in Images of Wound of Abdominal Surgery for m-Health Applications. In: Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics. 2019, pp 219-229.
9. Munar-Covas M, González-Hidalgo M, Moyá-Alcover G, Segura-Sampedro JJ. Viabilidad y seguridad para el seguimiento por smartphone de complicaciones postquirúrgicas en cirugía abdominal. 2019.