

## Editorial

## ¿Prendas inteligentes para cuidar a las personas o personas inteligentes que utilizan prendas para cuidarse?



## Smart Clothes to Take Care of People or Smart People Who Use Clothes to Take Care of Themselves?

Julián Pérez-Villacastín<sup>a,\*</sup> y Eugenio Gaeta<sup>b</sup><sup>a</sup> Unidad de Arritmias, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España<sup>b</sup> Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería, Grupo LST, ETSIT, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

Historia del artículo:

On-line el 27 de mayo de 2015

Desde el origen del hombre, la ropa y los complementos han cuidado nuestra salud protegiéndonos de los elementos y defendiéndonos de las agresiones. A mediados de los años noventa, investigadores del *Massachusetts Institute of Technology* comenzaron a explorar la posibilidad de integrar microprocesadores en tejidos textiles<sup>1</sup>. Desde entonces, 3 áreas de innovación han favorecido extraordinariamente el desarrollo de las «prendas inteligentes»: la incorporación de nuevas fibras en los tejidos (p. ej., materiales conductores), la miniaturización de la electrónica y el desarrollo de la comunicación inalámbrica. Esto último ha hecho posible que las prendas se comuniquen e interactúen con los ordenadores personales y con los teléfonos móviles.

Las prendas inteligentes se diseñaron inicialmente para utilizarlas en entornos clínicos. Sin embargo, en los últimos años, y gracias a la miniaturización y la tecnología móvil que permite su ubicuidad, se ha disparado su uso en la población general como herramienta de salud y bienestar. Se ha creado la denominada *mHealth* o «salud móvil», la cual, según la Organización Mundial de la Salud, pronto será asequible al 90% de la población mundial. Su crecimiento es exponencial y actualmente ya existen más de 100.000 aplicaciones médicas que pueden utilizarse en el ordenador o en el teléfono móvil, de las cuales el 30% se dirige a los pacientes y los profesionales de la salud y el 70%, a la población general<sup>2,3</sup>. Las previsiones para dentro de unos años estiman que el 65% de las aplicaciones de salud estarán orientadas a monitorizar enfermedades crónicas. En términos globales, se cree que el negocio de la *mHealth* moverá más de 27.000 millones de dólares en 2017, con una cuota de mercado del 90% dividida proporcionalmente entre Europa, Asia y Norteamérica. Pero esta cifra es pequeña si se la compara con los beneficios indirectos derivados de esta tecnología. En un informe publicado en mayo de 2011, se ha estimado que, utilizando los datos generados por las aplicaciones móviles (*big data*), se podrá disminuir el fraude y mejorar la eficiencia, hasta el punto de ahorrar 150.000 millones de euros al año en el sector público europeo<sup>4</sup>.

En general, todos los desarrollos de ropa «inteligente» se basan en detectar señales utilizando sensores, los cuales transforman un tipo de señal en otra, casi siempre eléctrica. Actualmente los sensores pueden medir casi todo: presión, tensión, temperatura, humedad o incluso diversas sustancias en sangre como la glucosa. Además, su tamaño es tan pequeño que se pueden insertar, por ejemplo, en un diente o una lentilla<sup>5</sup>.

En el mundo de los sensores textiles y las prendas inteligentes, desde el principio se ha intentado conseguir una buena señal electrocardiográfica<sup>6,7</sup>. Los primeros sensores medían y transmitían una derivación electrocardiográfica completa, es decir, una señal con frecuencia de muestreo de 4 ms. Esta señal es difícil de utilizar en dispositivos móviles por la cantidad de espacio de almacenamiento que precisa y por la dificultad para interrelacionarse con los diferentes sistemas operativos. Debido a esto, la mayor parte de las aplicaciones se han limitado a medir y transmitir solo la frecuencia cardiaca y a utilizar tecnologías con estándares mejor definidos, como *Smart Bluetooth*, lo que ha resuelto el problema de la interoperabilidad y ha disminuido enormemente los costes<sup>8</sup>. De esta forma, la frecuencia cardiaca se adquiere de una señal derivada, que no necesariamente hay que obtener a partir de una señal electrocardiográfica. No obstante, la señal de ECG todavía es la más utilizada, ya que su calidad es fiable para medir la frecuencia cardiaca y los dispositivos son baratos y duraderos (hasta un año sin necesidad de cambiar la batería, incluso utilizándolo varias horas al día). Esta tecnología se utiliza en muchos sensores textiles para medir solo la frecuencia cardiaca. No obstante, existen algunas prendas deportivas con tecnología propia que analizan el ECG y, a partir de su señal, obtienen no solo la frecuencia cardiaca, sino también las morfologías del QRS y la onda P en algunas derivaciones. Serían como un Holter convencional, con la ventaja de más comodidad, movilidad y duración del periodo de observación<sup>9</sup>.

Además de la señal electrocardiográfica, se están desarrollando otras tecnologías como la fotopleletismografía (PPG). Esta tecnología, que tiene visos de consolidarse, se basa en la posibilidad de detectar la variación del volumen de la sangre midiendo la reflexión de luz con emisor y detector en la misma superficie (*Reflective PPG*). Es lo que se está utilizando para la medición de la frecuencia cardiaca en pulseras y relojes. Empresas como Apple,

\* Autor para correspondencia: Jalisco 9, 28220 Majadahonda, Madrid, España.  
Correo electrónico: [jvillacastin@secardiologia.es](mailto:jvillacastin@secardiologia.es) (J. Pérez-Villacastín).

Full English text available from: [www.revespcardiol.org/en](http://www.revespcardiol.org/en)

Google y Samsung están apostando por ella en sus «relojes inteligentes». Aunque el empuje empresarial es muy potente, el coste todavía es más elevado que el de los monitores basados en ECG y, hoy por hoy, la batería de estos dispositivos debe ser recargada a diario.

Como tecnología futura, hay que mencionar la *Modulated Magnetic Signature of Blood* (MMSB)<sup>10</sup>. Esta tecnología detecta la perturbación del campo magnético creado por la sangre que fluye a través de una sección del sistema cardiovascular. La firma magnética es capaz de mostrar el pulso y la información del flujo sanguíneo y se puede captar a través de tela (p. ej., ropa), fluidos corporales (como la sangre) y contaminantes ambientales (p. ej., agua). Con la MMSB es posible obtener información sobre la frecuencia cardíaca sin necesidad de contacto eléctrico u óptico con la piel, y se la ha comparado con éxito con las señales de ECG y PPG<sup>10</sup>.

Si excluimos los proyectos militares, la mayor parte de los ensayos que han utilizado «ropa inteligente» se han orientado hacia la monitorización de la salud, y muchos de ellos a la salud cardiovascular.

En Europa, entre los proyectos pioneros hay que destacar *MyHeart*<sup>6</sup> y *HeartCycle*<sup>7</sup>, que se iniciaron hace más de 10 años en el seno del VI y el VII Programa Marco de la Unión Europea, con más de 30 socios internacionales (empresas de tecnología sanitaria y telefonía, universidades y hospitales). Su finalidad ha consistido en idear soluciones para el autocuidado de los enfermos, fomentando un estilo de vida cardiosaludable y aportando seguridad mediante el acceso ubicuo a una atención rápida y eficaz. Se han diseñado y utilizado textiles y prendas con sensores de frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, análisis electrocardiográfico, acelerómetros, movimientos tridimensionales y saturación de oxígeno. Además, se han implementado herramientas para el control de la obesidad y de la depresión, para la prevención del infarto de miocardio y del infarto cerebral, para la rehabilitación cardíaca no presencial y para la relajación y la prevención del estrés. Desde el punto de vista cardiológico, estos estudios se han centrado especialmente en los pacientes con insuficiencia cardíaca y en la rehabilitación de los enfermos con cardiopatía isquémica. Dada la enorme cantidad de recursos sociosanitarios necesarios para asistir a los enfermos con estas enfermedades, uno de los objetivos principales de estos estudios ha sido conseguir suficiente información de la vida diaria de los pacientes para poder predecir las reagudizaciones antes de que ocurran, tratarlas precozmente y evitar el ingreso hospitalario.

Actualmente se dispone de prendas inteligentes capaces de analizar la frecuencia cardíaca, las alteraciones en el ritmo y la morfología del ECG. Pueden comprobar si hay bradicardias o taquicardias, medir la variabilidad de la frecuencia cardíaca e incluso realizar un diagnóstico diferencial grosero entre arritmias supraventriculares y ventriculares. Esto ya de por sí es un logro. Más difícil (pero esto ocurre también en el Holter convencional) resulta valorar las alteraciones del segmento ST, sobre todo si estas no coinciden con síntomas que indiquen isquemia miocárdica.

En la práctica clínica diaria necesitamos herramientas de monitorización cardíaca que nos ayuden a tratar adecuadamente a los pacientes, de tal manera que cuando tengan síntomas conozcamos lo que pasa en su corazón. Es primordial que se pueda detectar fibrilación auricular silente y así iniciar anticoagulación si es necesario, y sería importante que pudiéramos prevenir la muerte súbita en pacientes con corazones dañados y que además presentan arritmias ventriculares premonitorias. En cualquier caso, estas prendas nos permiten disponer de muchísima información y así progresar en nuestro conocimiento.

Sin duda alguna, las prendas inteligentes están modificando la sanidad en el mundo. Su capacidad de monitorización hará que pronto dispongamos de ingentes cantidades de datos de una gran diversidad de enfermedades. Ello, unido a su utilización por parte de los profesionales y de los pacientes, conseguirá que muchos

procesos se automaticen, lo que modificará el papel del médico. En un futuro muy próximo, la persona/paciente es la que va a experimentar el mayor cambio, al convertirse en un elemento activo en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la enfermedad. No es difícil imaginar todos estos datos, conectados a través de una historia clínica electrónica y sujetos a una red de inteligencia artificial.

Pero probablemente la mayor incertidumbre actual es conocer si las prendas inteligentes van a ser capaces de modificar el estilo de vida de las personas. Cuando se trata de enfermos crónicos, el diseño y el desarrollo de los estudios clínicos dirigidos a conocer el beneficio independiente proporcionado por las prendas inteligentes es extremadamente complicado. Factores como la adherencia a los protocolos son decisivos y difícilmente solucionables. No sabemos si la tendencia a utilizar prendas inteligentes selecciona a las personas que se preocupan más por su salud y están dispuestos a llevar a cabo una vida más saludable. Por el contrario, los pacientes más difíciles de fidelizar son los enfermos más crónicos, con múltiples comorbilidades en los que a veces da la sensación de que han «tirado la toalla». Este es el desafío más importante: el de las personas mayores, con menos recursos y en las que hay que mantener un estímulo constante que les haga perseverar en los autocuidados necesarios para mantener su salud. En muchos casos, se trata de sustituir la habitación del hospital por la monitorización desde el domicilio y transformar muchas consultas presenciales en consultas virtuales. Hasta ahora, hay muy pocos estudios publicados sobre la ayuda que pueden brindar las prendas inteligentes, que hayan finalizado con éxito clínico<sup>11,12</sup>. Hay estudios en marcha, pero hasta que dispongamos de sus resultados, nos seguiremos sorprendiendo con los nuevos desarrollos de la tecnología aplicada a la medicina, y con los datos que nos proporcionen los distintos sensores, implantables y no implantables<sup>13,14</sup>. Por ejemplo, a pesar de la falta de adherencia a determinados tratamientos, algunos pacientes con insuficiencia cardíaca pueden tener un curso clínico más favorable de lo esperado<sup>7,15</sup>.

## CONFLICTO DE INTERESES

J. Pérez-Villacastín ha participado como investigador en los proyectos *MyHeart* y *Heart Cycle*.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Post R, Orth M, Russo P, Gershenfeld N. E-broidery: design and fabrication of textile-based computing. *IBM Syst J*. 2000;39:840-60.
2. Aitken M, Gauntlett C. Patient apps for improved health. From novelty to mainstream. IMS Institute for Healthcare Informatics. 2013 October [citado 13 Mar 2015]. Disponible en: [http://www.imshealth.com/deployedfiles/imshealth/global/Content/Corporate/IMS%20Health%20Institute/Reports/Patient\\_Apps/IIHI\\_Patient\\_Apps\\_Report.pdf](http://www.imshealth.com/deployedfiles/imshealth/global/Content/Corporate/IMS%20Health%20Institute/Reports/Patient_Apps/IIHI_Patient_Apps_Report.pdf)
3. The App Date. El crecimiento de las apps de salud en el mercado internacional. Informe 50 mejores Apps de salud en español (p. 9-10) [citado 13 Mar 2015]. Disponible en: <http://madrid.theappdate.com/wp-content/uploads/2014/03/Informe-TAD-50-Mejores-Apps-de-Salud.pdf>
4. Manyika J, Chui M, Brown B, Bughin J, Dobbs R, Roxburgh C, et al. The next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey Global Institute. 2011 (p. 2) [citado 13 Mar 2015]. Disponible en: [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/big\\_data\\_the\\_next\\_frontier\\_for\\_innovation](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation)
5. Bandodkar AJ, Wang J. Non-Invasive wearable electrochemical sensors: a review. *Trends Biotechnol*. 2014;32:363-70.
6. MyHeart Consortium. MyHeart Project [citado 12 Mar 2015]. Disponible en: [cordis.europa.eu/project/rcn/71193\\_en.pdf](http://cordis.europa.eu/project/rcn/71193_en.pdf)
7. HeartCycle. Compliance and effectiveness in HF and CHD closedloop management. HeartCycle Consortium; 2013. [citado 13 Mar 2015]. Disponible en: <http://www.heartcycle.eu/>
8. Bluetooth Developer Portal. Heart Rate Monitor. Heart Rate Profile Specification [citado 13 Mar 2015]. Disponible en: [https://www.bluetooth.org/docman/handlers/downloadaddc.aspx?doc\\_id=239865&\\_ga=1.34851812.452980616.1426172354](https://www.bluetooth.org/docman/handlers/downloadaddc.aspx?doc_id=239865&_ga=1.34851812.452980616.1426172354)

9. Olmos C, Franco E, Suárez-Barrientos A, Fortuny E, Martín-García A, Viliani D, et al. Wearable wireless remote monitoring system: an alternative for prolonged electrocardiographic monitoring. *Int J Cardiol.* 2014;172:e43–4.
10. Phua CT, Lissorgues G, Gooi BC, Mercier B. Statistical validation of heart rate measurement using modulated magnetic signature of blood with respect to electrocardiogram. *Int J Biosci Biochem Bioinforma.* 2012;2:110–6.
11. Cleland JG, Louis AA, Rigby AS, Janssens U, Balk AH; TEN-HMS Investigators. Non-invasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:1654–64.
12. Hamine S, Gerth-Guyette E, Faulx D, Green BB, Ginsburg AS. Impact of mHealth chronic disease management on treatment adherence and patient outcomes: a systematic review. *J Med Internet Res.* 2015;17:e52.
13. Rogers JA. Electronics for the human body. *JAMA.* 2015;313:561–2.
14. Lau CP, Siu CW, Tse HF. Future of implantable devices for cardiac rhythm management. *Circulation.* 2014;129:811–22.
15. Vera-Muñoz C, Arredondo MT, Ottaviano M, Salvi D, Stut W. HeartCycle: User Interaction and Patient Education. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2013;2013:6988–91. <http://dx.doi.org/10.1109/EMBC.2013.6611166>.