

Telemonitorizaciones en cardiología

JUAN C. CHACHQUES¹, CARLOS BILICH², MARCELO FIGUEROA³

Dirección para separatas:

Dr. Juan Carlos Chachques
 Servicio de Cirugía
 Cardiovascular
 Hospital Pompidou
 20 rue Leblanc, 75015 París,
 Francia
 Tel. 0033613144398.
 Fax: 0033140728608
 e-mail: j.chachques@brs.aphp.fr

RESUMEN

La telemonitorización (*home monitoring*) establece un puente entre el clínico y el paciente por medio de nuevas tecnologías de comunicación. Las aplicaciones actuales de las telemonitorizaciones cardiológicas son: seguimiento continuo de pacientes en insuficiencia cardíaca (medición de frecuencia cardíaca, oximetría, presiones intracardíacas e impedancia pulmonar para diagnosticar edema), monitorización del funcionamiento de marcapasos y desfibriladores, monitorización de tratamientos farmacológicos de la hipertensión pulmonar, seguimiento de pacientes con apnea del sueño, prevención de la muerte súbita infantil y monitorización de pacientes portadores de prótesis valvulares cardíacas. La monitorización telefónica o a través de Internet es simple y no requiere ningún equipo excepcional en los hogares. Nuestro grupo investiga la aplicación de las tecnologías de RADAR en la monitorización cardiológica. La *home monitoring* tiene el potencial para ser aplicada en grandes poblaciones de pacientes y ser integrada en los sistemas actuales de asistencia médica. El objetivo final es mejorar los resultados de los tratamientos actuales y disminuir los gastos de salud.

REV ARGENT CARDIOL 2008;76:137-144.

Palabras clave >

Insuficiencia cardíaca congestiva - Fibrilación ventricular - Desfibriladores - Marcapasos artificial - Hipertensión pulmonar - Prótesis valvulares cardíacas - Síndromes de la apnea del sueño - Muerte súbita del lactante - Monitorización - Análisis costo-beneficio

Abreviaturas >

AOS Apneas obstructivas del sueño	ICC Insuficiencia cardíaca congestiva
CDI Cardiodesfibriladores implantables	MHI Monitores hemodinámicos implantables
ECG Electrocardiograma	RADAR <i>RA</i> dio <i>D</i> etection <i>A</i> nd <i>R</i> anging
ETT Ecocardiograma transtorácico	SMSI Síndrome de muerte súbita infantil
IC Insuficiencia cardíaca	UWB <i>U</i> ltra <i>W</i> ide <i>B</i> and

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca congestiva (ICC) es un problema sanitario importante por su prevalencia, alta morbimortalidad y por el costo que implica su tratamiento (Figura 1). La insuficiencia cardíaca (IC) se asocia con un alto índice de hospitalización y con mal pronóstico. (1-4) Las presiones altas de llenado cardíaco y la sobrecarga concomitante del volumen son causas frecuentes de admisión hospitalaria por insuficiencia cardíaca congestiva. El tratamiento efectivo para la ICC está dirigido en parte a bajar las presiones de llenado y mejorar el funcionamiento ventricular. (5-9) La telemonitorización (*home monitoring*) podría ayudar a implementar y a mantener una terapia eficaz y, además, detectar el empeoramiento de la ICC y de su causa puntualmente para prevenir las descompensaciones sintomáticas.

OBJETIVO DE LA TELEMONITORIZACIÓN

En la práctica clínica se utilizan diversas estrategias para controlar el estado de volumen y presión del circuito cardiopulmonar; ellas son: consultas médicas para control de presiones de llenado por examen físico, mediciones múltiples a través de procedimientos no invasivos y cateterismos cardíacos repetidos. Estas estrategias ocasionan gastos y molestias considerables para el paciente, pero fundamentalmente estos métodos detectan sólo un estado de la presión y del volumen en un punto definido en el tiempo, sin reflejar las alteraciones producidas por la actividad o la tensión diaria. Para superar esta limitación, actualmente se encuentra en investigación el papel de la información hemodinámica “continua ambulatoria” en el manejo de la ICC. (10, 11)

El uso de monitores hemodinámicos implantables (MHI; en inglés IHM, *implantable hemodynamic*

¹ Hospital Europeo Georges Pompidou, París, Francia
² Departamento de Telecomunicaciones, Universidad de Trento, Italia
³ Instituto Modelo de Cardiología, Córdoba, Argentina

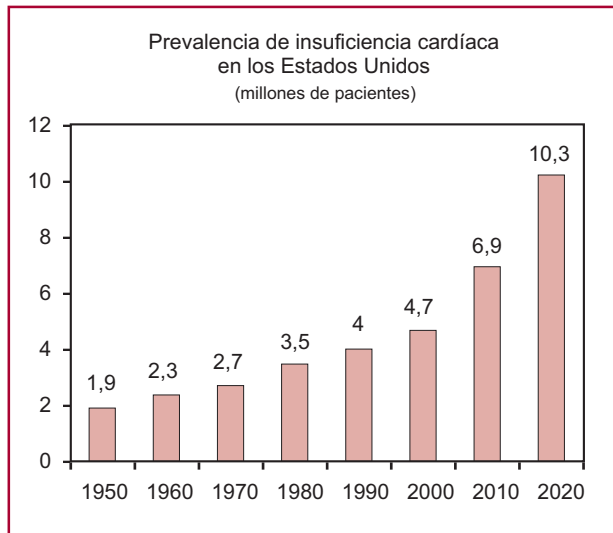


Fig. 1. Estimaciones de mortalidad por insuficiencia cardíaca en los Estados Unidos. (Fuente: CTSNet, the Cardiothoracic Surgery Network).

monitors) puede ayudar en el manejo de pacientes que presentan signos y síntomas avanzados de insuficiencia cardíaca con la medición en tiempo real y de manera continua presiones intracardiacas para el manejo hemodinámico óptimo. Los sistemas de monitorización hemodinámicos implantables son capaces de medir en forma continua en pacientes ambulatorios la saturación de O₂ en el ventrículo derecho y detectar si se está desarrollando hipertensión arterial pulmonar. Otros sistemas pueden efectuar la medición continua de la impedancia intratorácica para detectar edemas pulmonares.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la actualidad se dispone de dispositivos electrónicos implantables de dimensiones y formas similares a los marcapasos cardíacos. Se asocian con electrodos implantados por vía intravenosa en el ventrículo derecho o en la arteria pulmonar destinados a monitorizar presiones, temperatura y frecuencia cardíaca. Como ejemplo, podemos citar el sistema Chronicle, que incluye un monitor implantable, un electrodo de sensado de la presión con fijación pasiva, una referencia externa de la presión (EPR) y componentes de la recuperación de datos y de parámetros. Estos MHI miden la información continuamente y la almacenan para luego ser interrogada y teletransmitida. (12) Estos sistemas se implantan con la misma técnica que se utiliza para implantar marcapasos monocamerales, con el extremo del electrodo colocado cerca del tracto de salida del ventrículo derecho para minimizar el riesgo de encapsulado del sensor (Figura 2).

APLICACIONES

Insuficiencia cardíaca

Diversos estudios clínicos se encuentran en marcha con el objetivo de determinar si la telemonitorización

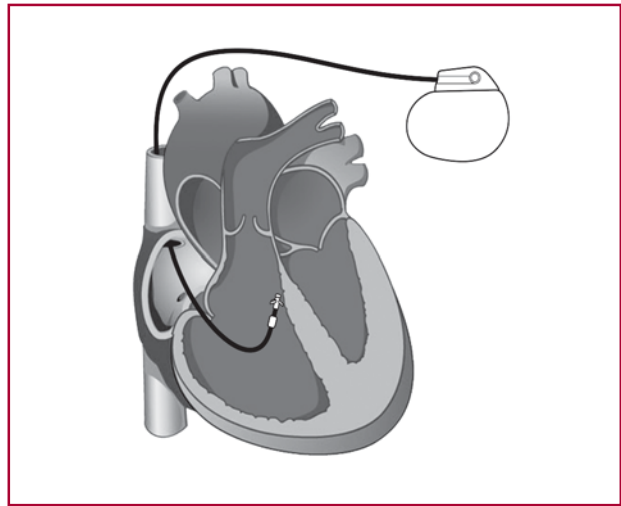


Fig. 2. Posicionamiento del electrodo en el monitor de temperatura, frecuencia y presiones intracardiacas para pacientes en insuficiencia cardíaca o que padecen hipertensión pulmonar (ejemplo: sistema Chronicle).

ambulatoria de pacientes con insuficiencia cardíaca crónica reduce el riesgo de readmisión hospitalaria (por cualquier causa) o de muerte después de una "hospitalización inicial" por ICC. La hipótesis es que, entre los pacientes dados de alta recientemente luego de una hospitalización por ICC, la telemonitorización disminuiría el índice de rehospitalización o de muerte en los 6 meses siguientes.

Los resultados preliminares muestran que los sensores implantables se toleran bien sin efectos colaterales significativos, funcionan de manera eficaz a largo plazo y proporcionan información confiable. (13, 14)

Edema pulmonar

La ICC es la causa más común de hospitalizaciones entre personas mayores de 65 años en países desarrollados y en países emergentes. A pesar de los avances terapéuticos recientes, la mayoría de estos eventos de readmisiones se deben a la descompensación aguda de la ICC crónica. La detección temprana de la sobrecarga de volumen y de congestión pulmonar permite el ajuste oportuno del tratamiento de la ICC y evitar la descompensación clínica de la ICC, las hospitalizaciones, la morbimortalidad y los gastos relacionados. Las pautas actuales utilizadas para tratar a estos pacientes recomiendan la educación acerca de signos y síntomas de ICC y del control regular del *status* de líquidos. Sin embargo, una proporción grande de descompensaciones de ICC se relaciona con la falta de seguimiento del tratamiento médico y la demora en la búsqueda de atención médica oportuna luego del deterioro clínico. Las medidas clásicas establecidas para supervisar el estado del volumen de pacientes ambulatorios proporcionan una confiabilidad clínica limitada. Por ejemplo, el aumento de peso tiene

una sensibilidad < 20% para detectar el deterioro clínico en la ICC crónica. (5, 7)

La impedancia intratorácica parece ser un parámetro eficaz para seguir cambios cotidianos en el estado del edema y del volumen pulmonar. La impedancia se puede medir de manera continua mediante un dispositivo implantado e inversamente correlacionada con los cambios en la presión de fin de diástole del ventrículo izquierdo y con los cambios en la presión capilar pulmonar. De esta manera se puede regular la pérdida de líquidos en los pacientes con sobrecarga de volumen. (15-17)

Teniendo en cuenta el número creciente de marcapasos para resincronización cardíaca y de desfibriladores que son implantados en los pacientes con ICC, a estos aparatos actualmente se están agregando algoritmos que alertan a los pacientes en caso de deterioro clínico y aumento de la congestión pulmonar (ejemplo: sistema InSync Sentry, Medtronic). Estos dispositivos alertan automáticamente al paciente con una señal audible. (18, 19) Luego, los pacientes pueden contactarse con el médico o automedicarse con diuréticos (Figura 3).

Hipertensión pulmonar

En pacientes que padecen de hipertensión pulmonar, el resultado óptimo del tratamiento farmacológico es la reducción de la presión pulmonar. Las mediciones habituales se realizan mediante cateterismo derecho o ecocardiografía Doppler. Sin embargo, ambas técnicas sólo proporcionan un parámetro en un punto fijo en el tiempo del estado hemodinámico. El objetivo de

la telemonitorización continua en pacientes con hipertensión pulmonar es fundamentalmente la evaluación de la eficacia a largo plazo de los tratamientos con medicamentos nuevos. (20, 21)

La presión de la arteria pulmonar puede, por ejemplo, monitorizarse con el sistema Chronicle. También se han diseñado otros dispositivos para la medición ambulatoria, como el sistema CardioMEMS® (Atlanta, USA). Este dispositivo de medición de la presión está incorporado a un *stent* que se implanta por vía transcutánea en la arteria pulmonar. Este sistema es capaz de enviar datos sobre el estado hemodinámico del paciente, obtenidos a través de un sensor de presión en contacto con la pared de la arteria pulmonar. Los datos de presión no son enviados de manera continua, sino que debe interrogarse periódicamente al sistema que almacena la información. (22)

Estudio de la exclusión del espacio entre la pared de aneurismas arteriales y prótesis endovasculares: el dispositivo CardioMEMS fue utilizado previamente como sensor de presión en aneurismas aórticos tratados con prótesis endovasculares. Para esa aplicación, el sensor se denomina EndoSure, sus dimensiones son $30 \times 5 \times 1,5$ mm y no necesita baterías pues utiliza como energía una fuente externa de radiofrecuencia. El objetivo del dispositivo EndoSure es evaluar la persistencia de la exclusión completa del aneurisma a través del control de parámetros de presión en el espacio situado entre la pared del aneurisma y la endoprótesis. Tradicionalmente, esta evaluación se realizaba mediante aortografías repetidas. El estudio clínico multicéntrico internacional APEX (Acute Pressure Measurement to Confirm Aneurysm Sac EXclusion) se encaró para evaluar ese sistema a largo plazo. (23)

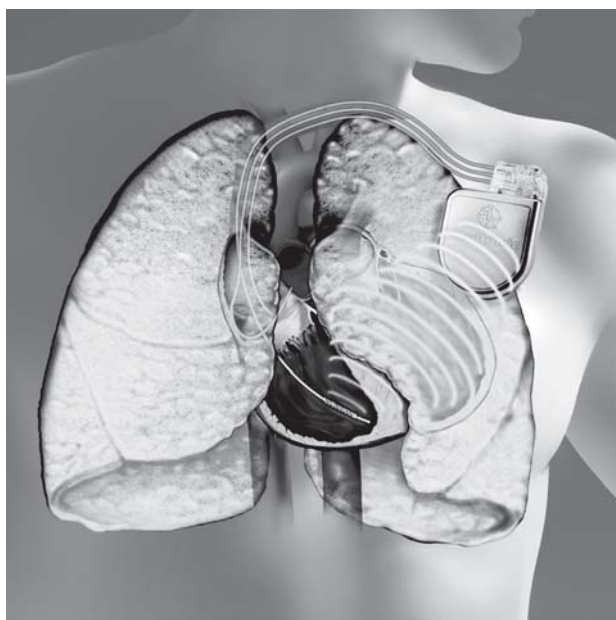


Fig. 3. Dispositivo que permite medir y transmitir la impedancia pulmonar para el diagnóstico precoz de edema (ejemplo: sistema SentryCheck).

TELEMONITORIZACIÓN CON SISTEMAS DE RADAR

Los métodos de monitorización citados anteriormente necesitan un sensor mayormente invasivo o al menos con cierto grado de intrusión como, por ejemplo, el contacto con el cuerpo. Esta característica reduce su campo de aplicación, principalmente para pacientes que presentan patologías de cierta gravedad. La utilización de técnicas de radiodetección y sensado a distancia, comúnmente conocidas por sus siglas en inglés como RADAR (*RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging), superaría esta limitación y así permitiría la monitorización continua de una población adulta o pediátrica mucho más amplia y por intervalos mucho más prolongados sin que esto implique una reducción en la movilidad o el confort del paciente.

La idea de monitorizar signos vitales en seres humanos mediante técnicas de RADAR no es nueva y se remonta a principios de los años setenta; (24) sin embargo, en aquellos años su aplicación se vio limitada por la compleja y costosa tecnología. La preocupación por la exposición continua a las microondas también constituyó otro impedimento para su avance. Recientemente, con el advenimiento de la tecnología

Ultra Wide Band (UWB), las técnicas de monitorización mediante RADAR están recobrando un interés creciente. La tecnología UWB se caracteriza por utilizar una gran porción del espectro electromagnético en las frecuencias que van aproximadamente desde 3,1 a 10,6 GHz. La ocupación eficaz de tal porción de espectro se logra a través de la utilización de impulsos de muy corta duración, alrededor de 200 picosegundos. El gran ancho de banda, y en consecuencia la corta duración de los impulsos, se traduce en una resolución elevada cuando se utiliza como RADAR y en una capacidad alta de transmisión de datos cuando se utiliza para comunicaciones digitales. Todo esto, sumado al hecho de que por “leyes internacionales” la potencia efectiva irradiada media (PIRE) no puede superar los -41,3 dBm/MHz, o sea bien por debajo de los niveles que se consideran potencialmente nocivos para el organismo, posicionan a la tecnología UWB como una excelente candidata para retomar la posibilidad de la monitorización a distancia a través de RADAR.

La primera publicación científica que describe la utilización de UWB RADAR se remonta a 1998. (25) También existen varias patentes que describen aplicaciones biomédicas. Una de las más citadas es la de Thomas McEwan, (26) que específicamente describe la utilización de UWB para la monitorización de la frecuencia cardíaca, con énfasis en que la potencia de emisión utilizada por su prototipo, cercana al mW, es aproximadamente tres órdenes de magnitud inferior al máximo reglamentado por los estándares internacionales, por lo que el resultado es un dispositivo médicamente inocuo. Previamente, en un artículo del año 1996, el mismo autor describió numerosas aplicaciones de la tecnología UWB. (27) Entre otras, menciona la posibilidad de medir volúmenes cardíacos, movimientos respiratorios para la detección y el diagnóstico precoz del síndrome de muerte súbita infantil (SMSI) y apneas obstructivas del sueño (AOS). En teoría, cualquier objeto del tamaño adecuado se podría monitorizar; por ejemplo, entre otros, las cuerdas vocales, los vasos sanguíneos, los pulmones, la caja torácica, la evolución del crecimiento y el desarrollo fetal. Al presente, en la Universidad de California (en las sedes de Davis y de Berkeley) se están estudiando diversas aplicaciones alternativas de la tecnología UWB para la monitorización inalámbrica a distancia, como respiración y habla, entre otras. También en la Universidad de Iowa se está evaluando la monitorización de las cuerdas vocales mediante RADAR.

RADAR EN CARDIOLOGÍA: NUESTRAS INVESTIGACIONES

En relación con la insuficiencia cardíaca, recientemente hemos presentado en la Universidad de Trento, Italia, una aplicación que combina la monitorización a distancia de la frecuencia cardíaca y la comunicación de esos datos utilizando para ambos procesos el mis-

mo radiotransmisor UWB. (28) La aplicación está basada sobre la utilización de un dispositivo de comunicaciones UWB estándar disponible en el comercio al que se le incorporan algoritmos computacionales de última generación para el tratamiento de señal. Los algoritmos decodifican los paquetes de comunicaciones de datos que son reflejados por el corazón para obtener una lectura de la frecuencia cardíaca con una exactitud superior al 99%. Con el uso del dispositivo con su configuración estándar tal como es fabricado se logran distancias de monitorización de hasta 84 cm, lo cual hace presuponer que se podrán obtener distancias mayores con la optimización adecuada de la ganancia de la antena de recepción. En la Figura 4 se muestra el dispositivo y pueden observarse las dos antenas omnidireccionales utilizadas para la transmisión y la recepción de las señales.

Desde ya se vislumbran aplicaciones tales como monitorizaciones pediátricas (prevención de muerte súbita infantil en población con riesgo), en programas de rehabilitación cardiovascular mediante ejercicio físico y en salas de gimnasia y musculación.

MARCAPASOS Y DESFIBRILADORES

Los nuevos marcapasos y cardiodesfibriladores implantables, además de poseer sus circuitos específicos, son equipados con nuevas tecnologías capaces de supervisar las funciones del corazón y del mismo dispositivo y transmitirlos al médico de referencia vía Internet a través de un sistema instalado en el hogar.

Actualmente se encuentran en investigación y desarrollo cuatro sistemas para telemonitorización y/o

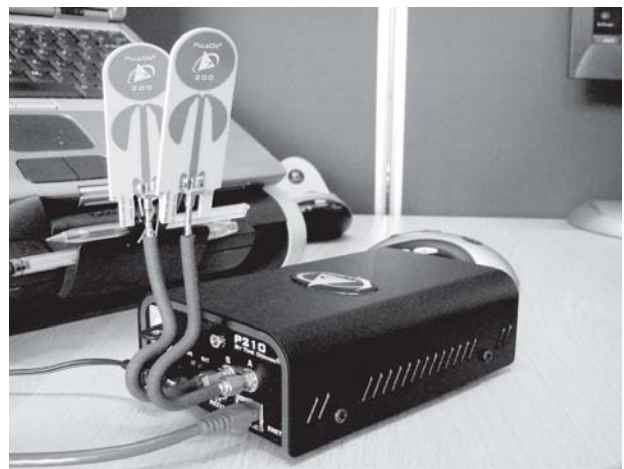


Fig. 4. Utilización de técnicas de radiodetección y sensado a distancia conocidas como RADAR (*RA*dio *D*etección *A*nd *R*anging). Dispositivo desarrollado por nuestro equipo (cita 28) para telemonitorización cardiológica; tiene dos antenas omnidireccionales que se utilizan para la transmisión y la recepción de las señales.

interrogatorio de marcapasos y desfibriladores implantables:

- Cardiomessenger & Home Monitoring Service (Biotronik).
- CareLink Programmer & Remote View Software (Medtronic).
- Latitude Patient Management System (Boston Scientific).
- Housecall Plus Remote Patient Monitoring System (St Jude Medical).

En pacientes portadores de marcapasos, la detección de problemas técnicos del sistema basados en hallazgos clínicos sigue siendo un punto crítico. (29, 30) Los gastos ocasionados por el uso de la telemonitorización parecen ser menores que los generados por las consultas en pacientes seguidos mediante visitas externas.

Los nuevos desfibriladores implantables (CDI) (p. ej., Lumax® ICD) contienen tecnologías teletransmisibles que supervisan el dispositivo y el corazón. El sistema transfiere automáticamente al cardiólogo esas informaciones sobre una red de telefonía móvil, una vez al día e inmediatamente en el caso de un acontecimiento crítico. (31-34)

El médico necesita abrir una sesión a través de un sitio de Internet seguro para conocer el estado cardíaco actual del paciente. Por otra parte, el dispositivo ambulatorio envía automáticamente un SMS, un e-mail o un fax al médico en caso de un cambio crítico en el ritmo cardíaco. El ECG intracardíaco de alta definición enviado sobre la red de GPRS le permite al médico detectar arritmias precozmente. Como característica adicional, el sistema también detecta desperfectos técnicos posibles en el dispositivo como, por ejemplo, baja calidad de señal que podría interferir con la precisión del futuro tratamiento. El médico puede distinguir a través de su computadora señales de desperfectos técnicos de los verdaderos acontecimientos cardíacos y entrar en contacto con el paciente para corregir el problema. Otro ítem de interés de esta tecnología es la mejora considerable de la duración de vida del CDI como resultado del número reducido de descargas eléctricas innecesarias. (35-38)

Marcapasos en pediatría: el seguimiento de marcapasos en niños a través de la monitorización telefónica despierta gran interés. Las características propias de los comportamientos en la infancia (p. ej., inhabilidad potencial de correlacionar síntomas con el funcionamiento del marcapasos) coloca al paciente pediátrico en una categoría prioritaria para el desarrollo de técnicas de telemonitorización. (39)

APNEA DEL SUEÑO DEL ADULTO Y SÍNDROME DE MUERTE SÚBITA INFANTIL

Aproximadamente el 20% de pacientes con ICC presentan problemas respiratorios. Diversos estudios

muestran que los pacientes con 15 o más episodios de apnea por hora tienen un índice más bajo de sobrevida por muerte cardíaca que los pacientes con menos de 15 episodios por hora, lo cual confirma que la apnea del sueño (en inglés, OSAS: *obstructive sleep apnea syndrome*) es un factor de riesgo en los pacientes con ICC. Estos episodios de apnea dan lugar a disminuciones de la oxigenación, que causan arritmias asociadas con una mortalidad más elevada. (40)

En la práctica cardiológica habitual es difícil reconocer la apnea del sueño. Las telemonitorizaciones cardiológicas y respiratorias asociadas con sistemas de alarma especiales se aconsejan en pacientes que presentan apnea del sueño y en poblaciones pediátricas con riesgo de muerte súbita. (41)

Se ha creado una unidad de neonatología destinada a la *home monitoring* de niños con riesgo de sufrir el síndrome de muerte súbita infantil. La unidad monitoriza respiración, electrocardiograma y saturación de hemoglobina en oxígeno (SpO₂). Utiliza alarmas audibles y/o luminosas para detectar y tratar precozmente eventos vitales (principalmente la apnea) y la información es memorizada. (42)

PRÓTESIS VALVULARES

Las prótesis valvulares mecánicas pueden presentar complicaciones, las cuales incluyen deterioro estructural, endocarditis, trombosis y formación de *pannus*. En conjunto, representan el 6% por paciente por año. El índice de tromboembolia es de entre 0,21% y 2% por paciente por año. (43, 44)

Se ha creado un sistema que permite la monitorización por análisis de espectro de señales sonoras (ThromboCheck®, Cardiosignal, Hamburgo, Alemania). Este dispositivo, que fue aprobado por la FDA, permite que el paciente autoevalúe en su domicilio el funcionamiento de su prótesis a través de un dispositivo que se aproxima al tórax y capta el espectro de frecuencia de los sonidos emitidos por la prótesis, los que son comparados con el espectro de frecuencia obtenido inmediatamente luego de la cirugía (línea de base). Los resultados son analizados por el propio sistema, el que al cabo de un minuto envía los resultados por teléfono o por Internet al centro médico de referencia. (45) En caso de sospecha de disfuncionamiento valvular se recurre a otros estudios (fluoroscopia o ETT) para el diagnóstico precoz de eventuales complicaciones e instituir el tratamiento adecuado de manera urgente.

Estudios realizados con el sistema ThromboCheck en pacientes portadores de prótesis valvulares mostraron un valor predictivo positivo del 97% y una sensibilidad del 100%. Estos dispositivos se recomiendan en pacientes portadores de prótesis valvulares, principalmente en casos con antecedentes de trombosis valvulares previas o en pacientes que viven en lugares alejados y tienen dificultad para controlar el tratamiento anticoagulante. (46)

MONITORIZACIONES CLÍNICAS CARDIOLÓGICAS

Existen telemonitorizaciones clínicas cardiológicas cuyo objetivo es registrar el peso corporal, la presión arterial, la frecuencia y el ritmo cardíacos, la frecuencia respiratoria y la saturación periférica de oxígeno. También pueden incorporar informaciones subjetivas sobre el estado de salud y cambios de la medicación.

Esa información puede ser recogida a través de Internet o de monitorizaciones transtelefónicas. La información es dirigida a "centros de telemedicina", donde es evaluada. Como respuesta, el tratamiento puede ser ajustado antes de que el paciente se descompense y sea necesaria una rehospitalización. De manera complementaria, esta modalidad operacional proporciona las pautas educativas que permiten a los pacientes participar activamente en el manejo de su propia condición hemodinámica. (47-51)

Los pacientes también pueden ser seguidos mediante "intervenciones telefónicas". En la Argentina se llevó a cabo el estudio DIAL (Randomized Trial of Telephone Intervention in Chronic Heart Failure). (52) Éste fue un ensayo abierto, controlado, prospectivo, multicéntrico y aleatorio. Incorporó 1.518 pacientes ambulatorios con IC estabilizada para comparar el efecto de una intervención telefónica centralizada más el seguimiento médico habitual *versus* el seguimiento médico habitual. La intervención telefónica tuvo por objetivo mejorar la adherencia al tratamiento y la dieta, brindar educación y monitorizar signos y síntomas de descompensación. Los resultados del estudio DIAL mostraron una reducción del 20% de internaciones por IC y/o muerte, del 30% en las internaciones por IC y del 5% en la mortalidad en comparación con el grupo control. También se observó una reducción de los costos en los pacientes intervenidos, una mejoría en la calidad de vida y mayor adherencia a la medicación y a la dieta. (52-54)

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El manejo óptimo de los pacientes con ICC debe incluir la detección de síntomas y signos desde el comienzo de la descompensación hemodinámica, con el objeto de poder administrar un tratamiento precoz apropiado, a fin de evitar la instauración de cuadros agudos y consecuentes rehospitalizaciones. Estudios recientes demostraron que la telemonitorización hemodinámica con un MHI era factible. Los datos recogidos mostraron que esta tecnología es de uso simple, de modo que los pacientes y sus familias pueden instalar y utilizar fácilmente los equipos de transmisión en sus hogares. (55, 56)

También se demostró que el éxito de la transmisión era independiente de la edad o del sexo del paciente. Mediante los sistemas de telemonitorización, los médicos y las instituciones médicas pueden recibir información antes de que los síntomas lleguen a un punto crítico y requieran una hospitalización. La

medicación puede ser modificada según las informaciones que llegan a través de la *home monitoring*.

De esta manera, la telemonitorización establece un puente entre el clínico y el paciente a través de nuevas tecnologías de comunicación. Esta tecnología es ya una realidad y tiene el potencial para ser aplicada en grandes poblaciones de pacientes y ser integrada en los sistemas actuales de asistencia médica. El objetivo final es mejorar los resultados de los tratamientos actuales y disminuir los gastos de salud. (57, 58)

La eficacia de la estrategia de la telemonitorización deberá probarse en estudios multicéntricos aleatorios y controlados, para determinar su efectividad en la disminución de readmisiones hospitalarias y muerte de pacientes con ICC. La *home monitoring* no se propone sustituir las consultas médicas en descompensaciones agudas; éstas siempre serán necesarias para tratar los cambios repentinos del estado de salud. En estos casos, los pacientes son instruidos para contactarse en forma directa e inmediata con su médico u hospital.

Las enfermedades cardiovasculares progresan con ritmo sostenido en hombres, mujeres y jóvenes. (59) Desde el punto de vista epidemiológico, asistencial y económico, las estimaciones de mortalidad para el futuro son preocupantes (Figura 1). La prevención y los futuros tratamientos constituyen un verdadero desafío para la imaginación y la creación científicas. (60, 61) La medicina electrónica (*E-medicine*) debe perfeccionarse e incorporarse a este desafío a través de los novedosos materiales y métodos que se ofrecen para la telemonitorización de pacientes. (62)

SUMMARY

Home Monitoring in Cardiology

Telemonitoring (home monitoring) builds bridges between clinicians and patients with communication technology. Telemonitoring in Cardiology is currently applied in the following situations: follow-up of patients with heart failure (by measuring heart rate, pulse oximetry, intracardiac pressures and pulmonary impedance for diagnosis of pulmonary edema), assessment of pacemaker and implantable cardioverter defibrillator function, monitoring of patients with pulmonary hypertension who are receiving long-term treatment with new drugs, follow-up of patients with sleep apnea, prevention of sudden infant death syndrome, and monitoring of patients with heart valve prosthesis. Trans-telephonic or Internet Monitoring are simple approaches which do not need any extraordinary devices at home. Our team is currently investigating the use of RADAR technology for telemonitoring in Cardiology. Home monitoring has the potential for widespread implementation as it can be easily applied to large patient populations and integrated into the current medical care systems. The final objective is to improve the outcomes of current treatments and to reduce the costs of health care.

Key words > Heart Failure, Congestive - Defibrillators - Pacemaker, Artificial - Hypertension, Pulmonary - Heart Valve Prosthesis - Sleep Apnea Syndromes - Sudden Infant Death - Monitoring - Cost-Benefit Analysis

BIBLIOGRAFÍA

1. Bocchi EA, Vilas-Boas F, Perrone S, Caamaño AG, Clausell N, Moreira Mda C, et al; Grupo de Estudos de Insuficiência Cardíaca; Brazilian Society of Cardiology; Argentine Federation of Cardiology; Argentine Society of Cardiology; Chilean Society of Cardiology; Costa Rican Association of Cardiology; Colombian Society of Cardiology; Equatorian Society of Cardiology; Guatemalan Association of Cardiology; Peruvian Society of Cardiology; Uruguayan Society of Cardiology; Venezuelan Society of Cardiology; Mexican Society of Cardiology; Mexican Society of Heart Failure; Interamerican Society of Heart Failure. I Latin American Guidelines for the Assessment and Management of Decompensated Heart Failure. *Arq Bras Cardiol* 2005;85:49-94;1-48.
2. Rizzo M, Thierer J, Francesia A, Bettati M, Pérez Terns P, Iglesias D y col. Registro Nacional de Internación por Insuficiencia Cardíaca 2002-2003. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:333-40.
3. Díaz A, Ferrante D, Badra R, Morales I, Becerra A, Varini S, et al. Seasonal variation and trends in heart failure morbidity and mortality in a South American community hospital. *Congest Heart Fail* 2007; 13:263-6.
4. Thierer J, Belziti C, Francesia A, Vulcano N, Bettati MI, Rizzo M y col. Manejo ambulatorio de la insuficiencia cardíaca crónica en la Argentina: Estudio OFFICE IC, en representación de los investigadores del Estudio OFFICE IC, Área de Investigación de la SAC. *Rev Argent Cardiol* 2006;74:109-16.
5. Chaudhry SI, Wang Y, Concato J, Gill TM, Krumholz HM. Patterns of weight change preceding hospitalization for heart failure. *Circulation* 2007;116:1549-54.
6. Binkley PF, Lesinski A, Ferguson JP, Hatton PS, Yamokoski L, Hardikar S, et al. Recovery of normal ventricular function in patients with dilated cardiomyopathy: predictors of an increasingly prevalent clinical event. *Am Heart J* 2008;155:69-74.
7. Cotter G, Felker GM, Adams KF, Milo-Cotter O, O'Connor CM. The pathophysiology of acute heart failure is it all about fluid accumulation? *Am Heart J* 2008;155:9-18.
8. Jessup M, Brozena SC. Guidelines for the management of heart failure: differences in guideline perspectives. *Cardiol Clin* 2007;25:497-506.
9. Rector TS, Benditt D, Chachques JC, Chiu RC, Delahaye F, Jessup M, et al. Retrospective risk analysis for early heart-related death after cardiomyoplasty. The Worldwide Cardiomyoplasty Group. *J Heart Lung Transplant* 1997;16:1018-25.
10. Braunschweig F, Linde C, Eriksson MJ, Hofman-Bang C, Rydén L. Continuous haemodynamic monitoring during withdrawal of diuretics in patients with congestive heart failure. *Eur Heart J* 2002; 23:59-69.
11. Adamson PB, Magalski A, Braunschweig F, Böhm M, Reynolds D, Steinhaus D, et al. Ongoing right ventricular hemodynamics in heart failure: clinical value of measurements derived from an implantable monitoring system. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:565-71.
12. Steinhaus D, Reynolds DW, Gadler F, Kay GN, Hess MF, Bennett T; Chronicle Investigators. Implant experience with an implantable hemodynamic monitor for the management of symptomatic heart failure. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005;28:747-53.
13. Pamboukian SV, Smallfield MC, Bourge RC. Implantable hemodynamic monitoring devices in heart failure. *Curr Cardiol Rep* 2006; 8:187-90.
14. Adamson PB. Ambulatory hemodynamics in patients with chronic heart failure: implications for volume management in elderly patients. *Am J Geriatr Cardiol* 2005;14:236-41.
15. Yu CM, Wang L, Chau E, Chan RH, Kong SL, Tang MO, et al. Intrathoracic impedance monitoring in patients with heart failure: correlation with fluid status and feasibility of early warning preceding hospitalization. *Circulation* 2005;112:841-8.
16. Lüthje L, Vollmann D, Drescher T, Schott P, Zenker D, Hasenfuss G, Unterberg C. Intrathoracic impedance monitoring to detect chronic heart failure deterioration: relationship to changes in NT-proBNP. *Eur J Heart Fail* 2007;9:716-22.
17. Ypenburg C, Bax JJ, van der Wall EE, Schalij MJ, van Erven L. Intrathoracic impedance monitoring to predict decompensated heart failure. *Am J Cardiol* 2007;99:554-7.
18. Maines M, Catanzariti D, Cemin C, Vaccarini C, Vergara G. Usefulness of intrathoracic fluids accumulation monitoring with an implantable biventricular defibrillator in reducing hospitalizations in patients with heart failure: a case-control study. *J Interv Card Electrophysiol* 2007;19:201-7.
19. Vollmann D, Nägele H, Schauerte P, Wiegand U, Butter C, Zanotto G, et al; European InSync Sentry Observational Study Investigators. Clinical utility of intrathoracic impedance monitoring to alert patients with an implanted device of deteriorating chronic heart failure. *Eur Heart J* 2007;28:1835-40.
20. Fruhwald FM, Kjellström B, Perthold W, Watzinger N, Maier R, Grandjean PA, et al. Continuous hemodynamic monitoring in pulmonary hypertensive patients treated with inhaled iloprost. *Chest* 2003; 124:351-9.
21. Karamanoglu M, McGoon M, Frantz RP, Benza RL, Bourge RC, Barst RJ, et al. Right ventricular pressure waveform and wave reflection analysis in patients with pulmonary arterial hypertension. *Chest* 2007;132:37-43.
22. Castro PF, Concepción R, Bourge RC, Martínez A, Alcaino M, Deck C, et al. A wireless pressure sensor for monitoring pulmonary artery pressure in advanced heart failure: initial experience. *J Heart Lung Transplant* 2007;26:85-8.
23. Ohki T, Ouriel K, Silveira PG, Katzen B, White R, Criado F, et al. Initial results of wireless pressure sensing for endovascular aneurysm repair: the APEX Trial Acute Pressure Measurement to Confirm Aneurysm Sac EXclusion. *J Vasc Surg* 2007;45:236-42.
24. Staderini EM. UWB radars in medicine. *Aerospace and Electronic Systems Magazine* 2002;17:13-8.
25. Holzrichter JF, Burnett GC, Ng LC, Lea WA. Speech articulator measurements using low power EM-wave sensors. *J Acoust Soc Am* 1998;103:622-5.
26. McEwan TE. Body monitoring and imaging apparatus and method. United States Patent 5,766,208; 1998. Available online: <http://www.uspto.gov/patft/>
27. McEwan T, Azevedo S. Micropower Impulse Radar. *Science & Technology Review*. Lawrence Livermore National Laboratory, US, 1996; Available online: http://www.lln.gov/str/pdfs/01_96.2.pdf.
28. Bilich C. Bio-Medical Sensing using Ultra Wideband Communications and Radar Technology. PhD Thesis Proposal, submitted for the 20th Cycle of the Program in Information and Communications Technologies. University of Trento, Italy, 2006. Ph.D. graduation on 9/11/2007, Jury: JC Chachques, O Mayora Ibarra, U Varshney. Available online: <http://eprints.biblio.unitn.it/archive/00001045/>
29. Dubner S, Valero E, Pesce R, Zuelgaray JG, Mateos JC, Filho SG, et al. A Latin American registry of implantable cardioverter defibrillators: the ICD-LABOR study. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2005;10:420-8.
30. Brugada P. What evidence do we have to replace in-hospital implantable cardioverter defibrillator follow-up? *Clin Res Cardiol* 2006;95:III3-9.
31. Theuns DA, Res JC, Jordaens LJ. Home monitoring in ICD therapy: future perspectives. *Europace* 2003;5:139-42.
32. Ritter O, Bauer WR. Use of "IEGM Online" in ICD patients early detection of inappropriate classified ventricular tachycardia via home monitoring. *Clin Res Cardiol* 2006;95:368-72.
33. Vollmann D, Erdogan A, Himmrich E, Neuzner J, Becker D, Unterberg-Buchwald C, et al. Patient Alert to detect ICD lead failure: efficacy, limitations, and implications for future algorithms. *Europace* 2006;8:371-6.
34. Siaplaouras S, Buob A, Neuberger HR, Mewis C. Remote detection of incessant slow VT with an ICD capable of home monitoring. *Europace* 2006;8:512-4.

35. Perings C, Korte T, Trappe HJ. IEGM-online based evaluation of implantable cardioverter defibrillator therapy appropriateness. *Clin Res Cardiol* 2006;95:III22-8.
36. Res JC, Theuns DA, Jordaens L. The role of remote monitoring in the reduction of inappropriate implantable cardioverter defibrillator therapies. *Clin Res Cardiol* 2006;95:III17-21.
37. Sinha AM, Koos R, Markus KU, Diem BH, Urbaszek A, Hanrath P, et al. Multicentre evaluation of a rule-based data filter for home monitoring of implanted cardioverter defibrillators. *J Telemed Telecare* 2006;12:97-102.
38. Schoenfeld MH, Compton SJ, Mead RH, Weiss DN, Sherfese L, Englund J, et al. Remote monitoring of implantable cardioverter defibrillators: a prospective analysis. *Pacing Clin Electrophysiol* 2004;27:757-63.
39. Vincent JA, Cavitt DL, Karpawich PP. Diagnostic and cost effectiveness of telemonitoring the pediatric pacemaker patient. *Pediatr Cardiol* 1997;18:86-90.
40. Stepnowsky CJ, Palau JJ, Marler MR, Gifford AL. Pilot randomized trial of the effect of wireless telemonitoring on compliance and treatment efficacy in obstructive sleep apnea. *J Med Internet Res* 2007;9:e14.
41. Machaalani R, Waters KA. Neuronal cell death in the Sudden Infant Death Syndrome brainstem and associations with risk factors. *Brain* 2008;131:218-28.
42. Burke MJ, Downes R. A fuzzy logic based apnoea monitor for SIDS risk infants. *J Med Eng Technol* 2006;30:397-411.
43. Reynolds KJ, Stephen RO. Detection of mechanical changes to prosthetic heart valves by spectral analysis of valve closing sounds. *J Acoust Soc Am* 1995;98:60-8.
44. Montorsi P, Cavoretto D, Alimento M, Muratori M, Pepi M. Prosthetic mitral valve thrombosis: can fluoroscopy predict the efficacy of thrombolytic treatment? *Circulation* 2003;108:II79-84.
45. Fritzsche D, Schenk S, Eitz T, Mantas J, Horstkotte D, Koerfer R. Patient self-monitoring of prosthetic heart valve function. *J Heart Valve Dis* 2007;16:558-66.
46. Lengyel M, Horstkotte D, Völler H, Mistiaen WP; Working Group Infection, Thrombosis, Embolism and Bleeding of the Society for Heart Valve Disease. Recommendations for the management of prosthetic valve thrombosis. *J Heart Valve Dis* 2005;14:567-75.
47. Kjellström B, Igel D, Abraham J, Bennett T, Bourge R. Trans-telephonic monitoring of continuous haemodynamic measurements in heart failure patients. *J Telemed Telecare* 2005;11:240-4.
48. Clark RA, Inglis SC, McAlister FA, Cleland JG, Stewart S. Telemonitoring or structured telephone support programmes for patients with chronic heart failure: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2007;334:942.
49. Brennan PF, Casper G, Kossman S, Burke L. HeartCareII: home care support for patients with chronic cardiac disease. *Medinfo* 2007;12:988-92.
50. Stergiou GS, Argyraki KK, Moysakis I, Mastorantonakis SE, Achimastos AD, Karamanos VG, et al. Home blood pressure is as reliable as ambulatory blood pressure in predicting target-organ damage in hypertension. *Am J Hypertens* 2007;20:616-21.
51. Shimbo D, Pickering TG, Spruill TM, Abraham D, Schwartz JE, Gerin W. Relative utility of home, ambulatory, and office blood pressures in the prediction of end-organ damage. *Am J Hypertens* 2007;20:476-82.
52. Grancelli H, Varini S, Ferrante D, Schwartzman R, Zambrano C, Soifer S, et al; GESICA Investigators. Randomized Trial of Telephone Intervention in Chronic Heart Failure (DIAL): study design and preliminary observations. *J Card Fail* 2003;9:172-9.
53. Zambrano C, Badra R, Cerezo G, Ferrante D, Soifer S, Varini S y col, por Investigadores GESICA. Seguimiento al año luego de finalizada la intervención telefónica en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica: estudio DIAL. *Rev Argent Cardiol* 2005;73:7-14.
54. Grancelli HO, Ferrante DC. Telephone interventions for disease management in heart failure. *BMJ* 2007;334:910-1.
55. Ellery S, Pakrashi T, Paul V, Sack S. Predicting mortality and rehospitalization in heart failure patients with home monitoring the Home CARE pilot study. *Clin Res Cardiol* 2006;95:III29-35.
56. Cleland JG, Louis AA, Rigby AS, Janssens U, Balk AH; TEN-HMS Investigators. Noninvasive 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.
57. Barlow J, Singh D, Bayer S, Curry R. A systematic review of the benefits of home telecare for frail elderly people and those with long-term conditions. *J Telemed Telecare* 2007;13:172-9.
58. Lin CC, Lee RG, Hsiao CC. A pervasive health monitoring service system based on ubiquitous network technology. *Int J Med Inform* 2007 Oct 10; [Epub ahead of print].
59. Mozaffarian D, Anker SD, Anand I, Linker DT, Sullivan MD, Cleland JG, et al. Prediction of mode of death in heart failure: the Seattle Heart Failure Model. *Circulation* 2007;116:392-8.
60. Chachques JC, Herreros J, Trainini JC. Cardiomioplastia celular. *Rev Argent Cardiol* 2003;71:138-45.
61. Chachques JC, Trainini J, Lago N, Masoli OH, Barisani JL, Cortes-Morichetti M, et al. Myocardial Assistance by Grafting a New bioartificial Upgraded Myocardium (MAGNUM Clinical Trial): One year follow-up. *Cell Transplantation* 2007;16:927-34.
62. Stone JH. Communication between physicians and patients in the era of E-medicine. *N Engl J Med* 2007;356:2451-4.