

DISTANCE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF CARDIOVASCULAR DISEASES IN RURAL AREAS

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES A DISTANCIA EN EL MEDIO RURAL

PhD. Diego Jugo⁽¹⁾, PhD. Rubén Rojas⁽²⁾, PhD. Rubén Medina⁽²⁾

⁽¹⁾Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Pamplona-Colombia

⁽²⁾Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Los Andes-Venezuela
djugo@unipamplona.edu.co

Abstract: This work describes a telemedicine system that allows the diagnosis and treatment of cardiovascular illnesses at distance. The implementation of rural tele-cardiology consultation is made by means of low cost telemedicine station. To practice a patient cardiovascular evaluation, it was necessary the transmission and storage of minimum medical information, the selection and validation of the software and hardware acquisition, and analog-to-digital conversion.

Resumen: Este trabajo describe un sistema de telemedicina que permite el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares a distancia. Se plantea la implementación de una consulta de Tele-Cardiología Rural de bajo costo utilizando una estación de Telemedicina. Para ello se contempla la selección y validación del Software y Hardware necesarios para la adquisición, digitalización, almacenamiento y transmisión de la información médica mínima que se necesita para practicar la Evaluación Cardiovascular de un paciente.

Keywords: Telemedicine system, Cardiovascular evaluation, Virtual consulting room, Real consulting room.

I. INTRODUCCION

Las Enfermedades Cardiovasculares (ECV) constituyen en la actualidad, la primera causa de muerte en el planeta. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), para 1.999, una de cada tres muertes en el mundo fue causada por las ECV. La Hipertensión Arterial Sistémica, la Cardiopatía Isquémica y la Enfermedad Cerebrovascular son las principales causas de morbimortalidad dentro de las ECV, pero si se logra un control adecuado de dichas patologías, estas estadísticas pueden ser modificadas [1].

En el Medio Rural de los países latinoamericanos no se dispone de suficientes servicios médicos especializados en Cardiología, por lo cual los pacientes deben trasladarse a las grandes ciudades o capitales de estado, con los elevados costos que ello conlleva, y para agravar más la situación, por tratarse de enfermedades crónicas, se debe mantener un control periódico lo cual es muy difícil en esta situación. Una solución para este problema la ofrece la telemedicina: uso de la tecnología de las comunicaciones y la informática para el diagnóstico y cuidado médico a distancia [2].

La Telemedicina ha demostrado ser una herramienta útil y de bajo costo [3]; con un amplio rango de aplicabilidad. En Cardiología se ha implementado desde hace más de una década, demostrando su gran utilidad tanto en tiempo real (comunicación en vivo) [4], como en tiempo diferido, por lo que la Telecardiología se muestra como una gran alternativa para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares a distancia. Una consulta rutinaria en un Centro de Cardiología comprende cuatro aspectos: La Historia Clínica, el Examen Clínico, el Electrocardiograma de superficie (ECG) y la Radiografía de Tórax simple (RxTórax).

La Historia Clínica consiste en el interrogatorio del paciente para recolectar todos los síntomas de la enfermedad actual y conocer los antecedentes que identificarán la presencia e intensidad de los factores de riesgo cardiovascular. El Examen Clínico del paciente permite detectar los signos que están presentes. En este examen hay que destacar que la Auscultación Cardíaca es la parte más compleja y amerita un entrenamiento especial que sólo dispone y ha desarrollando con la experiencia, el Médico Cardiólogo, y que, con frecuencia, llega a ser un factor decisivo para el diagnóstico de las enfermedades cardíacas.

El ECG de superficie permite conocer el estado funcional eléctrico del corazón y sus alteraciones pueden identificar patologías específicas del mismo. La RxTórax muestra los aspectos anatómicos del corazón y los grandes vasos sanguíneos al igual que algunas alteraciones funcionales cardiopulmonares. Es de hacer notar que la interpretación de estos dos últimos estudios conlleva gran complejidad y exige entrenamiento especializado. La manipulación de esta información a través de una red de comunicaciones exige su digitalización. Se requiere de un Estetoscopio Electrónico (EE), los equipos para obtener el (ECG) y la RxTórax digitalizados y los programas para su manejo, los cuales deben resultar adecuados para trabajar en un ambiente de comunicaciones con ancho de banda reducido.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La metodología para la implementación de un sistema de Telecardiología Rural se realiza a través de las siguientes fases: Análisis Situacional, Diseño e Implementación de la consulta, Instalación del sistema, y finalmente la Implementación y validación del Sistema [5].

1. Análisis situacional: Consta de 3 partes, una evaluación epidemiológica regional, un estudio acerca de la viabilidad de la implementación, y un trabajo de campo. La evaluación epidemiológica consiste en la revisión de las estadísticas de Morbilidad y Mortalidad en el mundo según la Organización Mundial de la salud (OMS) y su comparación con las estadísticas de la región donde se desea implantar el sistema de Telecardiología. En la Viabilidad de la implementación se consideraron tres aspectos: La viabilidad técnica; esto tiene que ver con la posibilidad real de instalación de los equipos y conexiones necesarias para el funcionamiento del sistema de Telecardiología, la viabilidad Institucional; se refiere a la aceptación de los directivos y personal médico del centro de salud seleccionado, la viabilidad económica; se refiere a todos los gastos que involucra la implementación del sistema, El trabajo de campo está asociado a las visitas que son necesarias hacer al centro de salud, para la instalación y prueba de los equipos, instalación de hardware y software, entrenamiento, mantenimiento, supervisión de las sesiones iniciales y planificación de las nuevas etapas.

2. Diseño e implementación de la consulta: La Consulta de Telecardiología comprende la HCC Electrónica, la adquisición, digitalización, almacenamiento y transmisión del FONOGRAFÍA, el ECG y la RxTórax. Esta fase comprende la selección, adquisición y desarrollo de hardware y software necesarios para disponer de estos estudios, y la posterior validación de los equipos utilizados.

Historia clínica cardiovascular electrónica:

Se plantea la elaboración de la HCC, la cual debe contener la información y el orden exigidos por el protocolo médico convencional. Se propuso la digitalización de esta información utilizando un archivo de texto con la finalidad de poder ser almacenada y posteriormente transmitida. La transmisión de la información se realiza utilizando el protocolo de la base de datos MySQL. La Validación de la HCC Electrónica se considera innecesaria por tratarse de un archivo de texto de uso rutinario y ya suficientemente validado con anterioridad. Sin embargo, se propone el respaldo de la información a ser transmitida antes de ingresar a la red para luego practicar las comparaciones pertinentes con la información recibida en el lugar de destino a donde fueron transmitidas, con la finalidad de verificar si hubo alteración, deformación o pérdida de información.

El fonocardiograma digital:

Para realizar la auscultación cardíaca se dispone de un Estetoscopio Electrónico (EE). La señal proveniente del EE es introducida en la estación de Telemedicina a través de la tarjeta de sonido de la computadora. El EE además, requiere un software complementario [6], que permita adquirir y almacenar la señal acústica de salida del EE, el despliegue en pantalla para su interpretación y audio de salida. El micrófono del EE será fijado en cada Foco de Auscultación con una banda de goma alrededor del pecho del paciente, de manera tal que toda la superficie del micrófono se encuentre en contacto con la piel, evitando que pueda quedar alguna zona sin el adecuado contacto, lo que daría lugar a una mayor contaminación por ruido ambiental. El proceso de validación se realizó mediante la selección de pacientes normales y con Enfermedades Cardiovasculares que provoquen alteraciones de la Auscultación Cardíaca, a los cuales se les practicó el FONO Convencional en el ICIC-HULA y el FONO Digital usando el Software en validación. Luego se harán comparaciones en parámetros de tiempo, evaluación de sonidos cardíacos (Primer y Segundo Ruidos) y sus componentes (Tricuspídeo, Mitral, Pulmonar y Aórtico), evaluación de nuevos sonidos (tercero y Cuarto Ruidos), sonidos adicionales (Chasquido, Clic, Frote), fenómenos soplantes, uso de filtros. Las gráficas de ambas adquisiciones serán comparadas y evaluadas por Especialistas en Cardiología y su opinión será considerada como argumento definitivo.

El electrocardiograma:

La consulta de Telecardiología requiere de la digitalización del ECG. Con esta finalidad se dispone de electrocardiógrafo comercial. Este equipo permite la adquisición, digitalización, almacenamiento, interpretación y transmisión de un Electrocardiograma (ECG). Trabaja con una interfaz amigable al usuario a través de ventanas de diálogo. La interpretación y conclusión finales las realizará el especialista de acuerdo a los criterios convencionales utilizados en Cardiología. La validación de este procedimiento se considera innecesaria ya que, por tratarse de un equipo comercial, ha debido cumplir con las normas de validación exigidas por los organismos internacionales competentes.

La radiografía de Torax digital:

Para la realización de la Evaluación Cardiovascular se exigirá al paciente que se practique previamente una Radiografía de Tórax (RxTórax),

Posteroanterior, de pié, en Apnea Post-inspiratoria, razón por la cual el Centro de Salud seleccionado debe disponer de un equipo de Rayos X. La digitalización de la RxTórax se realizará utilizando una Cámara Digital por ser el método más efectivo y de menor costo.

3. Instalación del sistema:

Comprende todo lo relacionado con la instalación de equipos y programas necesarios para el funcionamiento de la estación de Telecardiología Rural.

Conexión a la red:

Una vez seleccionado el Centro de Salud y realizados los estudios de viabilidad, se procede a la conexión del centro con la red si no estuviese conectada, en cuyo caso este paso sería obviado.

Implementación del consultorio real:

Dentro de las instalaciones del Centro de Salud y con la aprobación de las autoridades del mismo, se seleccionará un Consultorio Médico que disponga de escritorio, silla, camilla, tensiómetro, Negatoscopio y tomas de corriente eléctrica. Funcionará como Consultorio Real y en él se instalará una Computadora (PC) con las siguientes características mínimas: Procesador de 500 MB ó mayor, Tarjeta de Sonido con umbral mínimo de frecuencia de 0 a 20 Hz, Disco Duro de 10 GB ó mayor, RAM de 256 MB ó mayor, Tarjeta de Red Ethernet, Sistema Operativo Windows NT 4.0, 2000 ó XP. En ella se instalarán los programas comerciales ó desarrollados necesarios para la adquisición de los datos: Historia Clínica, FONO, ECG, RxTórax y el software de envío utilizando el protocolo de transmisión de base de datos MySQL. Se activarán claves de acceso al usuario para garantizar la seguridad de la información almacenada.

Esta PC se interconectará a la Antena de conexión con la Red WAN a través de cableado tipo par trenzado UTP categoría 5, sin blindaje interno y tubería EMT de media pulgada. En el Consultorio Real se instalarán los equipos de adquisición de datos: el EE, el electrocardiógrafo digital, el equipo seleccionado para digitalización de la RxTórax: cámara digital con trípode. Se tomarán medidas de seguridad para estos equipos colocando un contenedor con cerrojo donde se guardarán y, en cuanto al acceso al consultorio, se instalará una reja de seguridad en la puerta con entrada restringida al Director del Centro y al personal médico involucrado en el proyecto.

Implementación del consultorio virtual:

En el Hospital se seleccionará un ambiente que funcionará como Consultorio Virtual y allí se instalará una PC con las siguientes características: Procesador de 500 MB ó mayor, Tarjeta de Sonido con umbral mínimo de frecuencia de 0 a 20 Hz, RAM de 256 MB ó mayor, Disco Duro de 20 GB ó mayor, Tarjeta de Red Ethernet, Sistema Operativo Windows NT 4.0, 2000 ó XP, Cornetas, Impresora, Monitor de 1274 x 1028 ó mayor. Esta PC deberá estar conectada a INTERNET. En ella deberán instalarse todos los programas necesarios para acceder la información recibida desde el Consultorio Real. Necesita disponer de claves de acceso al usuario para garantizar la seguridad de la información almacenada.

Verificación de la integridad de la información transmitida:

En este punto se plantea la comprobación de que la información obtenida en el Consultorio Real no sufra alteración alguna durante su transmisión a través de la red de Telecomunicaciones. Para ello se harán copias fieles de la adquisición de señales (FONO y ECG) e imágenes (RxTórax) adquiridas en el Consultorio Real antes de ser transmitidas y se almacenarán en dispositivos portátiles como Diskettes 3 1/2. Posteriormente se compararán con esta misma información recibida en el Consultorio Virtual después de transitar la Red. No se procesarán archivos de texto por considerarse innecesario.

4. Implementación del sistema:

El sistema comprende un Consultorio Real donde se encontrará el paciente y el médico que lo atiende, allí se adquieren las señales e imágenes con el equipo adecuado y se envían por una red de Telecomunicaciones a un Consultorio Virtual donde se encuentra el Médico Cardiólogo que recibe la información y la despliega en pantalla para poder examinarla y emitir una Opinión Diagnóstica, para luego sugerir el tratamiento especializado más conveniente (figura 1). Un médico del centro de salud rural seleccionado será entrenado en el manejo básico de la estación de telemedicina y sus periféricos. Contará con una dirección de Correo Electrónico y se le adiestrará en el envío de paquetes de información al Hospital, contentivos de la Historia Clínica, el FONO, el ECG y la RxTórax.

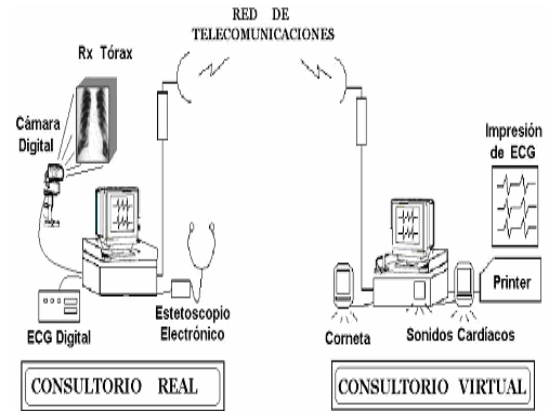


Fig. 1. Esquema de funcionamiento de una consulta de Telecardiología

Se seleccionó un día a la semana cuando serán citados al consultorio real, un grupo de 3 a 5 pacientes con sospecha de patología cardiovascular, vendrán con su respectiva RxTórax. A cada paciente se le abrirá un archivo y se le practicará la Historia Clínica standard. Se auscultará con el EE y se hará adquisición del Fonocardiograma durante 10 segundos en cada foco estándar: Foco Pulmonar (C_{2,2}), Foco Aórtico (C_{1,2}), Foco Aórtico Accesorio (C_{2,3}), Foco Tricuspidio (C_{2,5}) y Foco Mitral (C_{4,5}). Tanto la gráfica como el audio serán grabados. Inmediatamente se le practicará un ECG de reposo convencional con 12 derivaciones standard con el ECG digital. La RxTórax será digitalizada por el método seleccionado y la imagen será anexada al archivo del paciente. Con toda esta información el médico rural elaborará un paquete de información que enviará por correo electrónico al Centro Especializado.

A continuación se enumeran las acciones necesarias para poner en funcionamiento la estación de Telecardiología Rural después de disponer de la infraestructura tecnológica:

Plan de capacitación del usuario:

Se seleccionará un Médico del Personal del Centro de Salud que realice actividad clínica en la Consulta Externa en forma regular y que después de conocer los objetivos del proyecto, demuestre interés espontáneo en la participación activa para el desarrollo del mismo. Recibirá entrenamiento en las siguientes áreas: Manejo básico de una computadora, Uso del Estetoscopio Electrónico, Instalación del equipo y manejo del Software de FONO, Uso del ECG convencional, Instalación y manejo del equipo para digitalización del ECG, Instalación y manejo del equipo para digitalización

de la RxTórax, Manejo del Correo Electrónico (Apertura de una cuenta por cualquier servicio y envío de información adjunta ó attachment). En el Hospital, inicialmente la función del especialista será realizada por el autor del proyecto. Mas adelante, con el proceso mas refinado, se propone la intervención de otros especialistas de este centro, en cuyo caso recibirán entrenamiento similar pero con mayor énfasis en el manejo del Software del ECG y de la base de Datos.

Protocolo para usuario:

Se propone el desarrollo de un Protocolo para el Usuario en el Consultorio Real donde se especifique paso a paso todas las acciones que debe realizar durante una sesión desde el momento de encender la PC hasta finalizar la sesión. Este protocolo deberá respetar los diferentes protocolos convencionales conocidos y utilizados universalmente para la realización de cada estudio: elaboración de la historia Clínica, Auscultación cardíaca, adquisición del ECG. Es muy importante que sea lo suficientemente explícito para permitir la suficiente fluidez en la secuencia de acciones por parte del usuario y presentar soluciones ante potenciales fallas predecibles. Además debe contener acciones que permitan verificar la eficacia del envío de la información. Un Protocolo similar para uso en el Consultorio Virtual será desarrollado, donde se especifique clara y detalladamente los beneficios que ofrece cada Software y la forma de implementación. Adicionalmente debe presentar las acciones para editar la Impresión Diagnóstica, Tratamiento y Plan de Estudio sugeridos.

Programación de sesiones:

Se propone la selección entre el Médico del Consultorio Real y el Especialista en el Consultorio Virtual, de un día a la semana para realizar una sesión de Telecardiología y el horario respectivo. Los pacientes serán seleccionados por el Médico del Centro de Salud durante el ejercicio profesional en la semana y serán informados de todos los detalles del procedimiento, de la inocuidad del mismo, del envío de información de carácter confidencial a través de la red de telecomunicaciones y de los beneficios del sistema. Se les exigirá la firma de un documento que aclare que se han cumplido estos requisitos y que el paciente acepta su inclusión en el proyecto. El día seleccionado, el paciente será atendido en el Consultorio Real por el Médico del Centro de Salud, se le practicará el Acto Médico convencional y la adquisición de toda la información planificada.

Una vez finalizada la consulta, el Médico le pedirá al paciente que espere en la antesala ó que regrese en un lapso de tiempo que dependerá de la severidad del cuadro clínico que presente. Posteriormente se mantendrá la supervisión técnica para la corrección de fallas técnicas y refinamiento del procedimiento. Finalmente, se eliminará todo tipo de supervisión en las sesiones y se harán revisiones periódicas planificadas ó como resultado de fallas en el sistema que ameriten asistencia especializada. El mismo día, en el Consultorio Virtual, el Médico Especialista estará pendiente de la llegada de información a su correo electrónico. Una vez que disponga de la información procederá a evaluar el caso y emitir la Impresión Diagnóstica, el Tratamiento sugerido y un Plan de Estudio si fuese necesario. Se propone que el Médico Especialista pueda gestionar la facilitación en cuanto a fecha y hora de las citas correspondientes a los estudios que deban realizarse en el Hospital, de acuerdo al Plan de Estudio propuesto, tratando que coincidan el mismo día para disminuir el número de traslados del paciente hasta la ciudad. Debido a la lentitud del tráfico en la Red, la información puede tardar en arribar al Consultorio Virtual, por lo cual el Médico Especialista, una vez finalizado el horario de recepción de información, podrá retirarse y posponer el análisis de la información para el día siguiente. La información será almacenada en la Base de Datos.

Recolección de datos:

Una vez implementada esta fase, la realización de sesiones se programarán a razón de una semanal con uno a cuatro pacientes por sesión durante un período no menor a seis meses. Debido a la forma de presentación crónica característica de la mayoría de las enfermedades Cardiovascular, se propone un control y seguimiento de los pacientes ingresados al proyecto, lo cual contempla Consultas de Control que serán registradas en el área de Evolución en la Historia Clínica. Esta información se irá almacenando en una Base de Datos y podrá ser examinada exhaustivamente en el contexto de otra fase del proyecto general, ya que no está contemplada en este proyecto.

Refinación de los procedimientos:

Durante el desarrollo de cada etapa del proyecto se mantendrá una supervisión permanente con la finalidad de ir analizando los avances en la implementación, detectando las omisiones y fallas del mismo y se procederá a realización de las modificaciones que sean necesarias en la metodología, cambios en el desarrollo de software,

elaboración de nuevos programas, mejoramiento del sistema.

Evaluación de resultados:

Los resultados obtenidos serán analizados minuciosamente para obtener las conclusiones que puedan surgir en la implementación de la Telecardiología Rural y presentar sugerencias orientadas al mejoramiento de la implementación y eficacia del sistema.

5. Implementación de un sistema de evaluación:

Es conveniente y necesario implementar un sistema de evaluación que comprenda todas las fases del proyecto. La evaluación se divide en 5 grandes grupos de impacto: Impacto en el proceso clínico, Impacto en la salud del paciente, Impacto en la accesibilidad, económico, e impacto en la aceptabilidad del sistema de atención de salud [7].

3. CONCLUSIONES

Es factible y realizable la implementación de un sistema de Telecardiología en nuestro medio, ya que se tiene acceso a la tecnología. Entre los beneficios que ofrece el sistema podemos enumerar:

Permite ofrecer atención Médica especializada en Cardiología a poblaciones remotas

Buena parte de los pacientes con ECV pueden ser manejados clínicamente fuera del Centro Especializado bajo la asesoría del Especialista en Cardiología y solo será referido a estos centros los casos seleccionados. Los beneficios de la atención médica cardiológica serán llevados hasta aquellos pacientes que por diversas razones no pueden trasladarse a la ciudad; ello debe repercutir sobre los índices de morbilidad en estos grupos poblacionales.

Ayudará al descongestionamiento de hospitales y bajará los costos para el paciente

Actualmente, Los hospitales enfrentan una sobrecarga marcada en la demanda de atención médica. La implementación de este sistema permitirá el manejo clínico adecuado de un volumen de pacientes que pueden ser controlados a distancia y esto disminuirá la demanda y mejorará el funcionamiento en la prestación del servicio. Además evitará el traslado innecesario de pacientes hasta la ciudad con la consiguiente disminución de los costos para la economía familiar, ya que el paciente se ahorra los gastos de traslado y estadía en la ciudad.

REFERENCIAS

- Braunwald, E. “*Tratado de Cardiología*” Vol.1. Interamericana 1984.
- Miranda P., Rojas R., Medina R., Jugo D. “*La telemedicina como herramienta al servicio de la Salud*”. Memorias del VI Coloquio de Bioingeniería, Octubre 2000.
- Scalvini S, Zanelli E, Volterrani M, Castorina M.º. Ital Heart J, Oct. 2001.
- Borovkov NN, Matusova AP, Bubel', et al. “*The automated diagnosis of different forms of ischemic Heart disease in the practice of a telecardiology diagnostic center*”. Ter Arkh, 1990.
- Bellera Jesús “Telecardiología Rural en el Estado Mérida”, Tesis de Maestría, Mérida, 2003.
- Bautista, Mauricio “*Informe Técnico Interno*”. GIBULA, febrero 2002
- Jugo D, Bellera J, Rojas R, Medina R. “Evaluación del Impacto del Proyecto de Telecardiología desarrollado en el Estado Mérida”, Avances en Ingeniería Biomédica, Pag. 453-457, 2004