

Análisis de un Sistema de Información para Retinopatías del Prematuro (ROP)

A. Salvatelli¹, A. Hadad¹, D. Evin¹, G. Bizai¹, B. Franseschini¹, B. Drozdowicz¹

¹Laboratorio de Sistemas de Información, Facultad de Ingeniería,
UNER, Oro Verde, Entre Ríos.

Abstract—This paper proposes the development of an ophthalmological information system focused on the problem of retinopathy of prematurity, a condition characterized by an alteration in the development of retinal blood vessels that in our country affects thousands premature children per year, and that if it is not treated in time can lead to a loss of visual capacity and even blindness. The needs and motivations that justify its development and the criteria for the design of a low-cost and distributed system which allow its use in telemedicine are described. In addition, the details of a procedure for the registration of this type of images that are currently used in the clinic by a group of experts, representing the starting point for the definition of the system, are also presented.

Keywords—information systems, retinopathy, standard DICOM machine learning.

Resumen— En el trabajo se propone el desarrollo de un sistema de información oftalmológico centrado en la problemática de retinopatías del prematuro, condición caracterizada por una alteración en el desarrollo de los vasos sanguíneos de la retina que en nuestro país afecta miles de niños prematuros por año, y que de no ser tratada a tiempo puede conducir a una pérdida de capacidad visual e incluso la ceguera. Se describen las necesidades y motivaciones que justifican su desarrollo, los criterios para el diseño de un sistema de información de bajo costo y características distribuidas que permitan su empleo en telemedicina, y los detalles de un procedimiento para el registro de este tipo de imágenes actualmente empleado en la clínica por un grupo de expertos, que representa el punto de partida para la definición del sistema.

Palabras clave—sistemas de información, retinopatías, estándar DICOM, aprendizaje automático

I. INTRODUCCIÓN

La retinopatía del prematuro (ROP) es una alteración de la vasculogénesis de la retina, que puede causar pérdida total o parcial de la visión, siendo la principal causa de ceguera infantil en Argentina. Afecta principalmente a prematuros menores de 1500 gramos de peso al nacer y/o menores de 32 semanas de edad gestacional. Según datos de la Dirección de Estadísticas e Información de Salud y Estadísticas Vitales del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación [1], en 2017 nacieron en Argentina 704.609 niños, un 8,75% fueron pretérmino (61.705) y de éstos se estima que una tercera parte constituyen la población de riesgo para ROP, incluyendo los nacidos con un peso menor de 1500 gramos (1,03% del total de nacimientos: 7.288) que son los que presentan riesgos más elevados.

Es una enfermedad prevenible, que se puede abordar a tres niveles. A nivel primario, mediante capacitación y un correcto manejo de conductas perinatales, que controlen los factores de riesgo asociados. A nivel secundario mediante diagnóstico y tratamientos tempranos. Finalmente, a nivel terciario, una vez que los niños curan con secuelas (baja visión o ceguera) mediante el acceso precoz a programas de rehabilitación [2].

En particular, respecto al nivel secundario, la velocidad de su evolución (entre 48 horas y 3 semanas según la gravedad de la retinopatía) expone la necesidad de contar con un diagnóstico ágil, haciendo conveniente contar con sistemas que permitan el screening y seguimiento de esa patología. Asimismo, contar con métodos y sistemas para captura, procesamiento y análisis de imágenes de retina haría factible la implementación de programas de telemedicina. Esto posibilitaría el acceso al conocimiento de expertos desde lugares remotos para diagnóstico y tratamiento, interconsulta y entrenamiento de nuevos profesionales.

Para la realización del estudio de retinopatías se pueden encontrar dos métodos de referencia: el denominado OBI, un Oftalmoscopio Binocular Indirecto, y los sistemas de imágenes de contacto de gran angular, de los cuales el más difundido se denomina RetCam. Según el reporte presentado por el Ministerio de Salud de Argentina en [3] el rendimiento comparativo entre OBI y RetCam para detección de ROP es equivalente. Se indica que en el caso de RetCam el rendimiento varía según el momento del examen, siendo de menor calidad entre las semanas 32 a 34. En el caso del tipo de ROP, el rendimiento entre ambos procedimientos es similar para ROP severa, mientras que en ROP leve, sobre todo, aquella localizada en la parte periférica de la retina, se obtienen mejores resultados empleando OBI.

Por otra parte, a diferencia del método OBI convencional, la RetCam permite la adquisición y almacenamiento de las imágenes digitales, lo que permite transferir las imágenes a

centros de diagnóstico alejados que cuenten con especialistas entrenados, además de resultar útil para documentar objetivamente los hallazgos en el fondo de ojo y como método de docencia e investigación. Sin embargo, el alto costo y lo delicado de ese equipo hacen inviable su aplicación como equipo móvil en telemedicina.

Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados, el Dr. Guillermo Monteoliva y la Dr. Gabriela Saidman pertenecientes a la Red ROP Argentina [4], han desarrollado un sistema de registro denominado ODI (Oftalmoscopio Digital Indirecto) que consiste en un casco sobre el que se puede acoplar un Smartphone para la filmación de exámenes de fondo de ojo. Este sistema de montaje deja las manos libres para que el oftalmólogo pueda sostener al niño y una lupa de examen al mismo tiempo, Figura 1.



Fig. 1: Dr. Gabriela SAIDMAN con el casco, soporte de smartphone (iPhone) y lupa Volk 28 D, realizando Video ROP.

Ese método como se asemeja al procedimiento OBI, presenta una curva de aprendizaje accesible, el operador aprovecha los movimientos de su cabeza en la exploración, y al utilizar como elemento de registro un smartphone lo convierten en una solución económica.

Una vez obtenidas las imágenes a través del Smartphone los profesionales analizan por inspección visual y de forma manual los fotogramas de interés y en los casos que consideren necesario reconstruyen una panorámica del fondo retinal manualmente como se muestra en la Figura 2. Por otro lado, para compartir las imágenes entre profesionales se recurre a aplicaciones y plataformas de mensajería tradicionales, lo que las hace susceptibles a degradación por compresión y vulnerables respecto a su confidencialidad.

En este trabajo se presenta la arquitectura propuesta para un sistema de información de soporte en la problemática ROP, en el marco de ese sistema se realiza un análisis preliminar de imágenes y videos obtenidos por el método de adquisición de imágenes ODI, con el objetivo de determinar su aplicabilidad en un módulo de gestión y procesamiento de imágenes, y finalmente se detalla un estudio del estándar DICOM para oftalmología, a fin de establecer la factibilidad de su adopción en el sistema de información propuesto.



Fig. 2: Retinoblastoma, con reconstrucción y recorte manual.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se describe el sistema de información propuesto indicando las características de cada módulo

Arquitectura del Sistema Propuesto

A pesar de las ventajas mencionadas del método ODI por sobre los tradicionales (OBI y RetCam), es posible encontrar aspectos de mejoras en su aplicación clínica tanto a nivel de la adquisición, el procesamiento y el uso de datos. Respecto a la adquisición se propondrá establecer un protocolo que contemple las características del hardware a emplear para el registro de imágenes, en el software y formato para la grabación y almacenamiento de datos, la iluminación ambiente, como en la técnica o el procedimiento para llevarlo adelante. Todos estos factores inciden en la posibilidad de obtener registros consistentes entre diferentes profesionales y locaciones.

Con respecto al procesamiento de datos, se aplicarán [5,6,7,8,9] técnicas de procesamiento digital de imágenes para mejorar su calidad diagnóstica. Entre las tareas a aplicar se encuentran: estandarización y normalización de imágenes en color o tonos de grises, recorte (cropping) de regiones de interés, unificación de tamaño y resolución de las imágenes, identificación de fotogramas clave que representen una secuencia de video, detección automática de regiones y estructuras anatómicas de la retina, detección y clasificación automática de fases ROP, etc. Además, se establecerá un formato de almacenamiento y transporte de este tipo de datos bajo estándares que permitan garantizar confiabilidad al compartir estudios en una red de telemedicina con alto grado de interoperabilidad, como se propone en [2].

Por último, esta información diagnóstica ROP puede conformar una gran base de datos de casos clínicos no sólo con diagnóstico, sino con datos que pueden vincularse con la historia clínica materna, datos demográficos, datos alimenticios, del estado nutricional del bebé y su ganancia de peso, tratamientos sobre el propio prematuro, etc. Esta base de datos contendrá grandes volúmenes de información que es casi imposible analizarlos individualmente a todos y obtener nueva información de la dinámica en los casos y tratamientos. Con estos elementos en consideración, se definió la arquitectura del sistema de información según el esquema de la Figura 3.

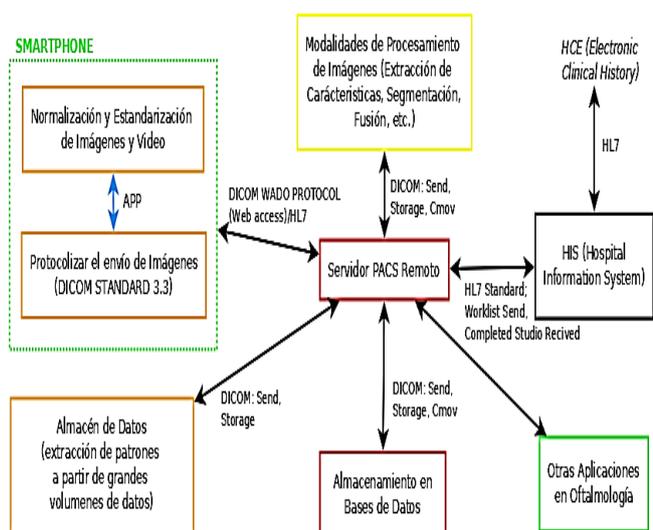


Fig. 3: Resumen metodológico de trabajo con sus respectivos protocolos estándar de comunicación. Línea punteada verde: Primera etapa del trabajo Aplicación Smartphone. Recuadro superior amarillo: Segunda etapa del trabajo.

Se plantea un sistema telemédico integral, basado en APPs que capturen, preprocesen y estandaricen las secuencias de imágenes registradas, de forma tal que se pueda considerar a esta parte del sistema como un proveedor de imágenes de un PACS (Modality Type), adoptando el estándar DICOM. Esta característica fue pensada para permitir la interoperabilidad, la mejora de imágenes y/o su aplicación a sistemas de información.

Para la implementación de este sistema se dividieron tres etapas. La primera consiste en constituir con el smartphone una Modalidad de imágenes médicas mediante el desarrollo de una APP que registre los videos del ODI y los conforme al estándar DICOM. Para ello deberá interoperar con un servidor PACS empleando HL7 para obtener los worklist o cargar los atributos del paciente en forma manual. Sin dudas esta aplicación deberá convertirse en un SCU o SCP.

En segundo lugar, se definió una etapa de procesamiento y estandarización de las imágenes obtenidas. Esta etapa implica dos pasos inevitables, el primero es mejorar y protocolizar la toma de imágenes de tal manera de poder comparar estudios sucesivos en un mismo paciente, agregar al PACS la modalidad de procesamiento de imágenes de tal manera que del video adquirido no sólo se obtenga la zona de interés, sino que, ésta pueda tener la suficiente calidad para aplicar algoritmos para su caracterización y diagnóstico.

Por último, la tercera etapa consiste en el desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático para la delineación, registración y diagnóstico automático que permitan automatizar algunas de las tareas en el screening de ROP.

Clasificación

La clasificación de ROP se realiza en base a criterios internacionales que se actualizan periódicamente y tiene en cuenta localización, extensión y estadios o grados:

- Localización: para definirla, el fondo del ojo se divide en tres zonas, Figura 4:
 - Zona I: círculo con centro en la papila y radio equivalente al doble de la distancia entre papila y mácula.

- Zona II: zona que va desde el borde de la zona I hasta la ora serrata del lado nasal, y en el medio entre el ecuador y la ora serrata del lado temporal.
- Zona III: zona restante en forma de medialuna que se ubica del lado temporal por fuera de la zona II.
- Extensión: Indica la cantidad de retina afectada. Se especifican mediante el huso horario (horas 1 a 12) según el observador o en sectores de 30°.
- Estadios (o Grados) de la enfermedad: Se identifican
 - ROP 0: Vascularización incompleta sin signos de ROP
 - ROP 1: línea de demarcación blanca ubicada entre la retina vascular y avascular.
 - ROP 2: cordón prominente de color blanco o rosado, que hace relieve sobre la retina.
 - ROP 3: cordón con proliferación fibrovascular extrarretinal que se caracteriza por el desarrollo de neovasos y tejido fibroso desde el cordón hacia la cavidad vítrea. Se divide en leve moderado y grave.
 - ROP 4: Desprendimiento parcial de retina.
 - ROP 5: Desprendimiento de retina total.
 - Enfermedad Plus (+): dilatación y tortuosidad de los vasos posteriores de la retina, Figura 5

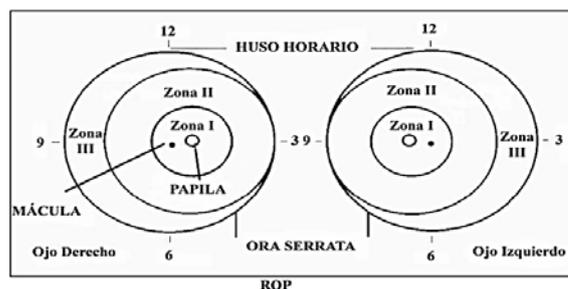


Fig. 4: Esquema de la retina de ambos ojos que muestra los límites de las zonas y las horas del reloj usadas para describir la localización y extensión de esta.

Estándares en Salud y Oftalmología

El estándar DICOM (Digital Imaging and COMMUNICATIONS in Medicine) es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para su manejo, visualización, almacenamiento, impresión y transmisión. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación de red. El protocolo de comunicación es un protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Los ficheros DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM.

DICOM permite la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras y hardware de red de múltiples proveedores dentro de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes. Las diferentes máquinas, servidores y estaciones de trabajo tienen una declaración de conformidad DICOM (conformance statements) que establece claramente las clases DICOM que soportan. DICOM ha sido adoptado ampliamente por hospitales y está haciendo incursión en pequeñas clínicas y consultorios. Cumple con tres premisas

principales, Interoperabilidad, seguridad y sostén de la calidad de datos e imágenes.

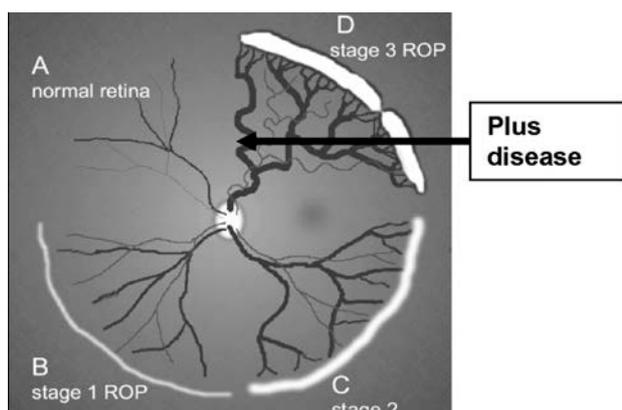


Fig.5: Representación de las diferencias entre los estadios de la ROP.

III. RESULTADOS

Como se ha mencionado, el presente trabajo se ha dividido en tres etapas. Actualmente se ha comenzado con los desarrollos de prototipos de las dos primeras etapas a manera de ensayo, a saber: desarrollo de APP para transformar el smartphone en modalidad parte de un PACS, y la segunda etapa el análisis de los videos obtenidos con el objetivo de realizar un servidor de procesamiento automático de imágenes conectado al PACS. Todos los softwares utilizados en este desarrollo de prototipo son de uso libre o fuentes abiertas, a excepción de Matlab.

Primera etapa:

Aplicación Smartphone – Servidor Dicom Web

Para este desarrollo se ha optado por trabajar con un modelo por capas encargados de la comunicación de archivos en base de datos, comunicación de imágenes y secuencias de ellas; por último, controlar los procesos de consultas, agregado, modificación y borrado de archivos.

Para la comunicación y acceso de la aplicación vía web, como es común, se ha separado las tecnologías aplicadas según la interacción con el usuario. Fronted: (ejecución del lado del cliente), se ha utilizado Bootstrap [10] que es un framework gratuito para desarrollo web rápido y fácil (HTML, CSS y Java Script). Backend: (ejecución del lado del servidor), se ha optado por la programación con Python y su herramienta de desarrollo FLASK micro framework (usada por Printerest y LinkedIn) que no depende de otras librerías. Para la Base de datos en esta primera etapa se ha recurrido a Google FIREBASE [11], para desarrollos de app y servicio que puede autenticar a los usuarios en el código del lado del cliente. Este es compatible con proveedores de inicio de sesión, incluyendo sistema de administración de usuarios. (última versión Firebase Cloud Firestore).

En la Figura 6, podemos observar el desarrollo de la versión PRUEBA para Android, puede observarse el menú de “configuración” de la aplicación con el servidor PACS y en la Figura 7 los datos solicitados del paciente en forma manual o a través de Worklist (HL7). Completado los datos y presionar el botón “Capturar Imagen” se abre la aplicación de captura del propio smartphone pudiendo seleccionar una sola imagen o videos. Finalizada la misma

se envía automáticamente al servidor. Para verificar su envío es utilizado el menú “Sincronización” y automáticamente muestra las instancias realizada por el usuario en el servidor.

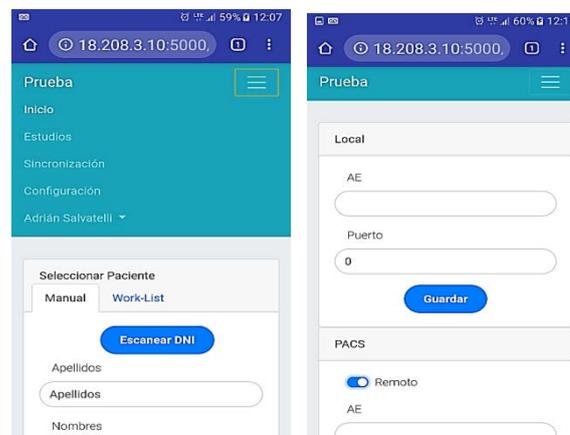


Figura 6. App Android “Prueba” menú de configuración con el servidor

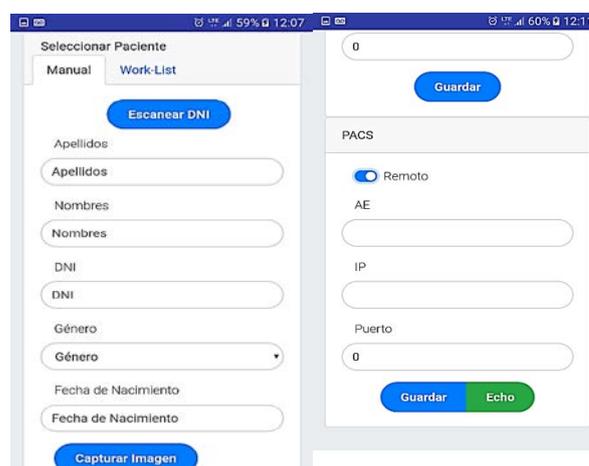


Figura 7. App Android “Prueba” menú de ingreso de datos de paciente y botón capturar imagen.

Los Datos del paciente y las imágenes del video convertidas a series de imágenes, son integrados en archivos Dicom adicionando como “Modality” al Smartphone ODI junto con los datos de captura. Los lineamientos son seguidos según indica WG-09 (Dicom Working Group 09): Ophthalmology, American Academy of Ophthalmology (AAO).

En lo que refiere al trabajo realizado sobre el servidor PACS, se ha implementado utilizando dos aplicaciones de fuentes abiertas. Orthanc [16], que es un servidor DICOM ligero de código abierto para imágenes médicas que admite la transferencia de estado de representación. Tiene licencia bajo la GPLv3 con excepción de OpenSSL, versión 1.5.7, y permite la implementación de un servidor WADO o Dicom Web.

El otro servidor de fuentes abiertas utilizado es DCM4CHEE Archive 5 con tecnologías Postgresql, Archive, OpenLDAP y Keycloak integrados en un Docker Host. De esta manera se puede tener control de accesos y claves seguras, servidor HL7 y puerto WADO [13].

Segunda etapa: Análisis de imágenes y videos ODI.

Por intermedio de los expertos en ROP, Dres. Saidman y Monteoliva, fueron obtenidos 50 archivos que incluyen el video en crudo del procedimiento, los fotogramas que a su criterio muestran la patología y una planilla donde se establece el diagnóstico ROP según la clasificación estándar. De estos 50 archivos se han descartado 4 por no tener la información completa.

La mayoría de los videos tienen una resolución digital de 3840 x 2160 (8 Mpíxels aprox.) con una duración de entre 7 y 32 segundos en formato MOV y MP4. Un 10% de estos estudios, fueron realizados con resolución digital de 1920 x 1080 (2 Mpíxels). Ambos estudios fueron obtenidos con un equipo iPhone 8. Iphone y Ipad son dos dispositivos móviles aceptados para uso médico de imágenes por FDA, quien establece una resolución digital mínima, de la imagen completa capturada para uso oftalmológico de 4 Mpixels.

La cantidad de fotogramas seleccionados por los expertos varía entre 3 y 4 mayormente representativos por video capturado. El formato del fotograma es RGB con 8 bits por canal de color, totalizando 220. Dentro de estos fotogramas, solo una parte son píxeles de interés para un futuro diagnóstico. Estos “píxeles útiles” se encuentran dentro de la imagen que proyecta la lupa de 28 o 66 Dioptrías. Para un análisis cuantitativo de esta cantidad de píxeles útiles se ha desarrollado un script de Matlab que segmenta dicha lupa de cada fotograma y enmascara con color negro la información irrelevante. Luego, obteniendo el centroide de la imagen del disco de la lupa, fue recortado el fotograma en su región rectangular más próxima. Figura 8.

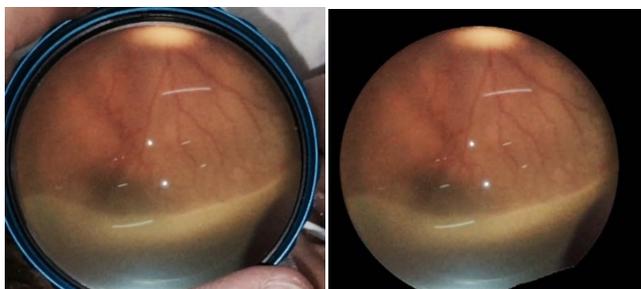


Figura 8. Procesamiento de los fotogramas con información de interés de ROP, recorte y máscara para coteo de píxeles útiles

Analizando cada fotograma procesado y recortado se ha obtenido que el 58% de los fotogramas tienen una resolución digital de 2 Mpixels, mientras que el resto una resolución muy inferior. De este 58% la cantidad de píxeles útiles es inferior a 1,2 Mpixels, es decir un promedio aproximado del total de píxeles del %55.

En este mismo análisis se ha incluido parámetros obtenidos de los histogramas de los píxeles útiles, resultando sus medias entre los colores 60 y 140 con desvío estándar promedio de 77 valores. Morfológicamente los histogramas presentan más de 3 modas y los rendimientos de color de cada fotograma es muy disperso.

Como puede observarse de las imágenes de la Figura 8, presentan una relación señal ruido baja y artefactos de iluminación tales como el reflejo de las luminarias del ambiente de captura, reflejo de la luz puntual de smartphone en la cara anterior y posterior de la lupa. El mayor enfoque de las imágenes se encuentra en el borde de la lupa, dejando desenfocado en fondo retiniano.

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado la propuesta de trabajo para la conformación e integración de un Smartphone como una nueva modalidad SCP y SCU de una PACS de imágenes médicas. Específicamente en un nuevo instrumento para el diagnóstico digital en oftalmología respetando los estándares internacionales.

En este diseño se ha perseguido los objetivos de dar valor agregado al diagnóstico, facilitando su utilización y asegurando la calidad diagnóstica, portabilidad e interoperabilidad. Estos objetivos, abren un gran espacio de trabajo para una tercera etapa que cumpliría los requerimientos de ROP Argentina, siendo estos la aplicación de sistemas inteligentes tales como, big data, machine learning, convolutional neural network, etc.

En el análisis de las aplicaciones de la primera etapa, Aplicación Smartphone – Servidor Dicom Web, podemos mencionar que ambas son de fácil implementación y actualmente se comienza con la etapa de estudios de seguridad de accesos y accesos simultáneos, validación de datos enviados entre otros. A priori, ambos sistemas funcionan de manera aceptable, aunque DCM4CHEE presenta un sistema con mayor seguridad.

En la aplicación para móviles se han propuesto cambios para facilitar el uso por parte del experto médico. Uno de los más importantes es la incorporación de un visualizador DICOM de los estudios con la posibilidad de sincronización automática con el servidor. Esto permitiría que el profesional pueda elegir cuales, y cuando serán enviados los estudios definitivos, así como también, observar estudios anteriores. Otro aspecto importante es seguir trabajando en la autenticación de accesos y poder adicionar un prediagnóstico.

En lo referente a la segunda etapa, análisis de imágenes y videos ODI, se observa que la cantidad de píxeles útiles solo alcanzan 1 Mpixel en promedio, esto no solo afecta a la calidad de imágenes, sino que se encuentra por debajo de lo necesario para trabajar con sistemas de procesamientos digitales. La mayor afectación se observa en la futura detección automática de vasos sanguíneos pequeños, recordando que esta enfermedad se caracteriza por una anormal angiogénesis.

Por los motivos antes descriptos se ha propuesto trabajar fuertemente en el sistema de captura tratando de mejorar dos áreas principales.

La primera es el mejoramiento en la parte física (hard) tratando de minimizar los reflejos sobre la lupa. Una de las posibles medidas es dotar a la lupa de una fuente de luz y no utilizar la del propio smartphone a través de sistemas difusos o iluminación de campo oscuro. Por otra parte, trabajar con los médicos expertos sobre la posibilidad de oscurecer el ambiente de trabajo y cambiar la relación zoom de la cámara del smartphone, versus distancia de este equipo y la lupa. El cambio de esta relación se debe orientar a que la imagen de los píxeles útiles tenga la resolución digital más próxima a la de la cámara.

La segunda mejora se podría lograr aplicando técnicas de procesamiento y restauración. El objetivo de esta mejora debe ser la detección automática de los vasos y su tortuosidad, ya que describen la progresión de la enfermedad. Es bien sabido que utilizando el canal verde del modelo RGB, enfatiza el contraste de dichos vasos para facilitar luego la aplicación de detectores o clasificadores a través de CNN.

Por último, se ha desprendido del análisis de los histogramas que es necesario normalizar las imágenes, en su media y desvío, con el objetivo de facilitar la aplicación de técnicas automáticas con la menor variabilidad posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos enormemente al Grupo ROP Argentina, especialmente Dra. Gabriela Saidman y Dr. Guillermo Monteoliva, por confiar en nuestro grupo de trabajo su Desarrollo innovativo en oftalmología.

Agradecemos por su permanente colaboración al Dr. Rodrigo Torres del Centro de Ojos Dr. Lódolo, Paraná, Entre Ríos.

REFERENCIAS

- [1] Dirección de Estadísticas e Información de Salud y Estadísticas Vitales del Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la Nación. Accedido online el 16/08/2019 desde <http://www.deis.msal.gov.ar/index.php/anuario-2017/>, Tabla 11.
- [2] Benítez A M, Visintín P. ¿Qué es la retinopatía del Prematuro? En: Prevención de la ceguera en la infancia por ROP. Buenos Aires, Ministerio de Salud de la República Argentina - UNICEF, 2008. Cap 1: 12-20.
- [3] Guía de Práctica Clínica para la prevención, diagnóstico y tratamiento de la Retinopatía del Prematuro (ROP), Edición 2016, Ministerio de Salud de la República Argentina 2016.
- [4] Grupo ROP Argentina, <http://gruporopargentina.blogspot.com/>.
- [5] N. Londoño, G. Bizai, B. Drozdowicz, "Implementación y aplicación de algoritmos Retinex al preprocesamiento de imágenes de retinografía color", Revista Ingeniería Biomédica, ISSN 1909-9762, volumen 3, número 6, julio-diciembre 2009, págs. 36-46.
- [6] M. E. Insfrán, J. A. Yancovich, A. Salvatelli, G. Bizai, B. Drozdowicz, Análisis e implementación de metodologías de segmentación automática de vasos sanguíneos en imágenes digitales de fondo ocular en color, Escuela y Workshop Argentino de Ciencia de las Imágenes, ECIMAG 2012, del 16 al 20 de Julio, Santa Fe, Argentina.
- [7] Adrián Salvatelli, Gustavo Bizai, Bartolomé Drozdowicz FIUNER, Claudio Del Rieux UNS, "Clasificador de Retinopatías Diabéticas en Imágenes de Fondo ocular Utilizando la Pendiente Espectral Multifractal", 39 JAIHO Jornadas Argentina de Informática, del 30 de agosto al 3 de Setiembre de 2010, UADE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Capitulo CAIS, Congreso Argentino de Informática en Salud.
- [8] Luciano Cárdenes, Amilcar Martínez, Adrián Salvatelli, Bartolomé Drozdowicz, "Comparación de dos métodos de Registración Aplicados a Imágenes Retinográficas". 37 JAIHO Jornadas Argentina de Informática, 34 CLEI Conferencia Latinoamericana de informática – 8 al 12 de Setiembre de 2008., Santa Fe Argentina.
- [9] R. M. Torres, A. Gelroth, D. Rodríguez, A. Salvatelli, B. Drozdowicz, G. Bizai "Monitoring of Changes in Fundus Image", ARVO/ISIE Imaging Conference Saturday, May 5, 2012, Grand B Ballroom, Greater Fort Lauderdale/Broward County Convention Center, Fort Lauderdale, Fla., Poster, <http://www.arvo.org/eweb/startpage.aspx?site=isie>
- [10] Bootstrap v4.3.1, <https://getbootstrap.com>, Open source.
- [11] Google FIREBASE, <https://firebase.google.com/?hl=es-419>.
- [12] Pacs Server Orthanc, <https://www.orthanc-server.com/download.php>, Open source.
- [13] Pacs server DCM4CHEE, <https://www.dcm4che.org>, Open source.