

Ultrasonidos en teleictus. Uso de i-Medicina

Ultrasound in Telestroke- iPhone services.

Carneado-Ruiz J, Ferrer-Roca O, Rojo-Aladro JA.

Abstract – The project presented is dealing with the use of the ultrasonography in the field of neurology with portable solutions in two main applications: diagnosis of carotid artery stenosis and diagnosis and treatment of the ictus .

The project aim to use the telemedicine and compared the results with the regular protocol at the hospital to see if the times and diagnosis can be reduced.

Index Terms— Teleictus, Ultrasound, iPhone, iMedicine, 3D-US, Telemedicine.

Abstract — El proyecto presentado trata del uso de la ultrasonografía en el campo de la neurología con soluciones portátiles en dos aplicaciones principales: el diagnóstico de la estenosis carotídea y el diagnóstico y tratamiento del ictus.

La finalidad del proyecto es implantar el uso de la telemedicina y comparar los resultados con los protocolos hospitalarios habituales para comprobar si mejoran los tiempos de diagnóstico.

Palabras clave— Teleictus, Sonografía, iPhone, iMedicina, 3D-US, Telemedicina.

I-INTRODUCCIÓN:

LA etiología aterotrombótica por estenosis de la arteria carótida interna, constituye la causa de alrededor del 11% de los infartos cerebrales en nuestro medio [1][2] tiene una frecuencia de recurrencia en los primeros seis meses superior a la de la de las otras etiologías[3].

No hay iniciativas sistemáticas de detección y prevención del infarto cerebral por estenosis carotídea, probablemente debido a que no contamos con los medios de screening adecuados.

Este tipo de estrategia sería útil porque cada vez podemos estratificar mejor el riesgo de ictus debido a la presencia de una estenosis carotídea asintomática[4] y porque contamos con un tratamiento útil (endarterectomía) cuando lo realiza un equipo con una morbi-mortalidad inferior al 3% [5][6].

Por otro lado la patología cerebrovascular supone en la actualidad un problema sanitario de primer orden. Los ictus son la segunda causa de muerte en nuestro medio (la primera en mujeres) y una de las principales causas de discapacidad en el adulto. En los últimos años se han desarrollado diferentes tratamientos que han mostrado

eficacia en la recanalización de las arterias obstruidas que provocan el infarto cerebral. Sin embargo, solo son efectivos si se aplican de forma precoz (en la llamada “*ventana terapéutica*”) y por tanto el porcentaje de pacientes que pueden beneficiarse de éstos sigue siendo mínimo: la mayoría de pacientes no llegan a tiempo a un hospital especializado y una vez allí, se precisa tiempo en realizar el estudio básico requerido para indicar el tratamiento.

Desde hace unos años se han ido desarrollando diferentes técnicas de ecografía en neurología (neurosonología), que han aportado una herramienta fundamental en el diagnóstico y manejo de los pacientes con ictus. Dentro de sus múltiples aplicaciones destacan la detección de estenosis y obstrucciones vasculares tanto extra como intracraneales, la valoración de la reserva hemodinámica cerebral, su efecto en la recanalización arterial (sonotrombolisis) y la diferenciación entre isquemia y hemorragia. Estos estudios se aplican habitualmente en el medio hospitalario y por personal experto, habitualmente neurólogos.

Recientemente y dada la importancia del diagnóstico precoz en la fase aguda del ictus, se ha planteado que el estudio de los pacientes debería iniciarse en el medio extrahospitalario (centros de atención primaria, hospitales comarcales y ambulancias de transporte sanitario). En este sentido, el uso de la neurosonología podría aportar grandes beneficios dada su portabilidad, a diferencia de otras técnicas de neuroimagen como el TC y la RM.

II-DESARROLLO:

A. *Objetivo General:*

1. Comparar la ecografía realizada con un terminal de teléfono móvil con el estudio Dúplex convencional en el diagnóstico de la estenosis carotídea.
2. El uso de la neurosonología dada su portabilidad, a diferencia de otras técnicas de neuroimagen como el TC y la RM, para el diagnóstico y tratamiento precoz del ictus.

B. *Hipótesis:*

El uso de la neuroimagen se ve limitado principalmente por la complejidad técnica de su realización y la interpretación de las imágenes obtenidas. Principalmente para el estudio intracraneal, la técnica suele ser complicada de realizar en manos no expertas, debido a que el hueso del cráneo permite solo la insonación a través de zonas muy limitadas (las “*ventanas óseas*”), por lo que puede ser difícil lograr insonar las diferentes arterias. Además, las técnicas ecográficas “clásicas”, al ser dinámicas y en tiempo real, son también operador-dependientes (a diferencia de la radiología “estática” con TC o RM), por lo que el técnico

Manuscript received December 2, 2010.

JCR is “Jefe de Sección” of Neurology of Infanta Elena Hospital of Madrid, Spain. Email: jcarnead@hotmail.com. Tel: +34-918 948 410.

OFR., is the Chair woman of the UNESCO Chair of Telemedicine at the University of La Laguna. Faculty of Medicine. Canary Islands. Spain. catai@teide.net. phone: +34-922-319321. Fax: +34-922-641855.

JARA Is responsible of the neurology service in the University Hospital of Canary islands. Tenerife. Phone: +34-922678758. rojoala@hotmail.com

ISBN13: 978-84-614-5997-1

CATAI Editions 2010

17

que las realiza debe simultáneamente interpretar su resultado.

Por todo esto, aplicar las técnicas clásicas de neurosonología puede ser muy difícil en el medio extrahospitalario: la formación específica de todos los sanitarios implicados puede resultar compleja y económicamente inviable.

Para resolver estos problemas deberían plantearse dos estrategias: disminuir la complejidad técnica para que las imágenes puedan ser obtenidas por personal no especializado y lograr sin embargo que la interpretación se lleve a cabo por personal altamente cualificado.

La última cuestión podría resolverse actualmente a través de la **telemedicina**: personal especializado en centros de alto nivel pueden recibir las imágenes obtenidas a distancia e interpretarlas. Sin embargo, las técnicas neurosonológicas clásicas son dinámicas y utilizan la medición de las velocidades del flujo sanguíneo para su interpretación. El análisis a distancia debería hacerse por tanto en tiempo real y además con el inconveniente de que mínimas variaciones en la obtención por parte del técnico no cualificado podrían invalidar el estudio.

Para solventar o minimizar estos problemas, y facilitar la técnica de la obtención de imágenes por personal no experto, proponemos la utilización de técnicas de ecografía tridimensional (3D y 4D).

La ecografía tridimensional ha mostrado su utilidad desde hace años, y está siendo aplicada ampliamente en otras especialidades como la obstetricia. Su utilidad en el estudio cerebrovascular de los adultos también ha sido descrita (1), principalmente en estudios extracraneales (2), aneurismas (3) y estenosis intracraneales (4). Sin embargo los estudios publicados son escasos y aún no se realiza de forma rutinaria en la práctica asistencial.

1) Utilidad

La utilidad de propuesta se basaría en tres aspectos fundamentales: (1) puede facilitar en gran medida su realización; (2) puede minimizar la variabilidad de los resultados, inherente a la obtención de imágenes dinámicas; (3) y su procesamiento e interpretación puede llevarse a cabo de forma diferida.

a) Simplificación en la obtención de imágenes

Con la técnica realizada habitualmente, el operador debe localizar cada uno de los vasos del Polígono de Willis a través de la “ventana ósea” apropiada. Con la técnica tridimensional, bastaría con lograr insonar alguna de las arterias principales y mantener unos segundos esa localización: el propio transductor realiza una captura de múltiples imágenes en barrido y puede obtener todo o gran parte del Polígono de Willis en unos segundos. La calidad de las imágenes podría optimizarse con el uso de ecocontrastes (5).

b) Variabilidad dependiente de la obtención

Con las técnicas habituales la interpretación se basa fundamentalmente en el estudio del flujo sanguíneo mediante velocidades e índices de resistencia/pulsatilidad. Las velocidades dependen en gran medida del ángulo de

insonación y puede existir gran variabilidad si no se han obtenido adecuadamente, por lo que su resultado podría ser erróneo. Con la técnica tridimensional, al obtenerse una imagen morfológica y no dependiente de ángulos, su posible variabilidad es mucho menor. Se asemejaría a estudios morfológicos como la angio-RM o el angio-TC.

c) Posibilidad de procesamiento e interpretación de forma diferida

Como ya se comentó, con las técnicas tridimensionales no es necesario que su interpretación se realice en tiempo real. El experto podría recibirlas, procesarlas e interpretarlas en cualquier momento, lo que permitiría realizarlo sin la sincronización que precisa hacerlo en el momento de su obtención. Además, las imágenes pueden ser transferidas a otros centros de mayor nivel que podrían actuar como consultores en casos dudosos.

2) Requerimientos técnicos.



Figure 1. *MobiUS* from *Mobisante*, Bifurcación carotídea.

a)Teleictus

Los requerimientos técnicos para poder trabajar con esta sistemática incluirían equipos de eco-doppler con transductores 3D/4D sectoriales y de baja frecuencia (1-3 MHz), una vía de transmisión de los datos y el software adecuado para el procesamiento. La portabilidad implicaría solamente a los equipos de obtención, pudiendo estar los de procesamiento ubicados en centros especializados. También podrían usarse ecopotenciadores que están actualmente comercializados y pueden ser administrados fácilmente por vía endovenosa.

b)Estenosis carotidea.

La técnica de la ecografía realizada con un terminal de teléfono móvil es útil para el diagnóstico de los pacientes con estenosis de la arteria carótida interna.

Por el momento la ecografía disponible sobre telefonía móvil aprobada por la FDA y por lo tanto pronta a aprobarse en la Union Europea es la de Mobius (Figura 1)

Como ya hemos especificado en el capitulo siguiente [7], sin embargo el costo inicial previsto para el sistema (20.000\$) es muy superior al sistema de GE de VSCAN [8] (6000 €) como puede verse en la imagen inferior, por lo que hemos de considerar su adecuación en el estudio.



Figure 2. VSCAN from GE, optimized for Heart-US with doppler.

El principal problema lo plantea la frecuencia de barrido, ya que las sondas 2D y 3D incluso las cardiacas (2.5MHz) poseen sistemas de barrido superiores a las deseadas para el SNC y las casas comerciales no se plantean su construcción. Es por ello que en conjunción con las casas comerciales vamos a utilizar una sonda de hardware abierto que permita frecuencia de barrido inferiores.

El segundo problema lo plantean que los sistemas “Hand-held” o “iPhone” están basados en sondas 2D, cuando lo esencial para una sonografía virtual a cargo de un inexperto es que el barrido sea tridimensional [9][10].

C. Metodología:

I) Diseño (tipo de estudio):

Se trata de un estudio transversal observacional.

II) Sujetos: (criterios de inclusión, exclusión, número y muestreo):

Estenosis Carotidea

La población la formarán los pacientes con placa de ateroma en la a carótida interna con o sin estenosis arterial $\geq 50\%$.

La muestra representativa de esta población la constituirán los pacientes con esta patología diagnosticados de forma consecutiva en el laboratorio de Neurosonología del Hospital Infanta Elena de Valdemoro Madrid.

El tamaño muestra será de 20 pacientes con placa de ateroma en la arteria carótida interna, de estos, 5 pacientes tendrán una estenosis de \geq del 50% de la a carótida interna diagnosticada mediante Duplex TSA.

Teleictus

Estudio inicial en el hospital Universitario de Canarias de 20 pacientes para comprobar la viabilidad de la tecnica

III) Criterios de inclusión:

Estenosis carotidea

Cumplir con los criterios clínicos y neurosicológicos de placa de ateroma en a carótida interna, con o sin estenosis de a carótida interna $\geq 50\%$. Edad Mayor de 40 años. Consentimiento informado por escrito.

Teleictus

Sin criterios específicos. Los enfermos serán escogidos consecutivamente.

IV) Criterios de exclusión:

Estenosis carotidea

Comorbilidad asociada. Pacientes con placa de ateroma calcificada en bifurcación carotídea. Deterioro cognitivo severo definido como puntuación en la escala MMSE < de 20 puntos. Infarto cerebral territorial con puntuación en escala de Rankin >2.

Teleictus

Inicialmente los pacientes con ventana osea inexistente por las técnicas habituales.

V) Variables a estudio:

a) Relacionadas con el estudio de Neurosonología

Estenosis carotidea

Consideraremos el grado de enfermedad aterotrombótica carotídea como una de estas tres categorías: placa de ateroma con estenosis de la arteria carótida interna \geq del 50%, placa de ateroma sin estenosis del 50% y ausencia de placa de ateroma. Y consideramos como tal el mayor grado de enfermedad aterotrombótica que exista en ambas carótidas, es decir si un paciente tiene en una de las arterias carótidas una estenosis \geq del 50%, consideramos este el grado de enfermedad de ese determinado paciente.

Como placa de ateroma en carótida definimos a los pacientes con placa de ateroma y estenosis $\geq 50\%$ y aquellos con placa de ateroma que no determina estenosis hemodinámicamente significativa.

Teleictus

Grado de detección diagnostica. Requerimientos de entrenamiento para la obtención de imagen. Parametros evaluados.

d) Relacionadas con el estudio de ecografía en Moviles

Estenosis carotidea

Igual que la anterior

Teleictus

Idem anterior

VI) Recogida de Variables:

El estudio del paciente se llevará a cabo mediante un protocolo que incluye:

- Una historia clínica detallada, recogida de forma semiestructurada.
- Una exploración neurológica pormenorizada.
- Estudio de la ecografía realizada con un terminal de teléfono móvil de troncos supra-aórticos.
- Estudio de neurosonología que incluye ecografía de troncos supra-aórticos y Doppler transcranial.

a) Protocolo del estudio de Neurosonología

Los estudios de Eco-Doppler de troncos supra-aórticos se realizarán con un equipo HITACHI 5500 con sonda de 7-12 MHz de frecuencia. Siguiendo un protocolo de estudio estándar publicado con anterioridad [11][12]. Para definir la enfermedad aterotrombótica carotídea extracraneal y de las arterias intracraneales utilizamos criterios validados y publicados. Definimos la placa de ateroma carotídea como el aumento focal en la medida del grosor íntima-media según criterios Mannheim [9] en el estudio eco-Doppler de troncos supra-aórticos. Consideraremos la estenosis de la arteria carótida interna extracraneal como un estrechamiento circunscrito de la luz arterial con una medida de la velocidad sistólica mayor o igual de 125cm/seg o un índice entre velocidades sistólicas de la arteria carótida interna y la de la arteria carótida común mayor o igual a 2[12].

II-DISCUSSION

El **piloto de control de la estenosis carotídea**, no parece tener dificultades técnicas, ya que tenemos disponibles hardware y software y sistemas móviles para realizarlo.

Mayor complejidad tiene el **piloto de teleictus basado en la ecografía 3D-4D** por personal inexperto para la evaluación global sin tener en cuenta la ventana osea y su posterior procesado y diagnostic por un experto. Las principales limitaciones actuales son:

- Desde el punto de vista de la interpretación, la valoración de la afectación vascular mediante ultrasonografía se realiza habitualmente mediante la medición de velocidades e índices de resistencia/pulsatilidad. Aunque realizar la medición de flujos mediante el análisis volumétrico ya se usa en otras disciplinas como la obstetricia y podría equipararse a otras técnicas de imagen cerebrovascular, está pendiente aún de validarse su utilidad en neurosonología.

- Las casas comerciales de equipos de ecografía no han desarrollado suficientemente esta tecnología para su uso específico en neurosonología y puede ser difícil conseguir transductores de las características requeridas y software específico para el procesamiento.

- Para su uso en centros extrahospitalarios y, sobre todo en transportes sanitarios, los equipos deberían ser portátiles o, mejor aún, con sondas conectadas a dispositivos móviles que enviaran los datos obtenidos a equipos sofisticados en los centros de referencia. Esta tecnología está aún en desarrollo.

En resumen, la aplicación de tecnología 3D/4D en la neurosonología puede significar un gran avance en el manejo de los pacientes con ictus. Deben ponerse en marcha tanto el desarrollo tecnológico requerido como la

investigación clínica para comprobar su verdadera utilidad en la práctica asistencial, ya que los estudios existente en la actualidad son muy limitados [14][15][16][17][18].

Pero los resultados como especifica Wessels et al [15] son espectaculares a juzgar por las imágenes publicadas y reproducidas en la Figura 3 o las de Klötzsch et al [16] en la Figura 4

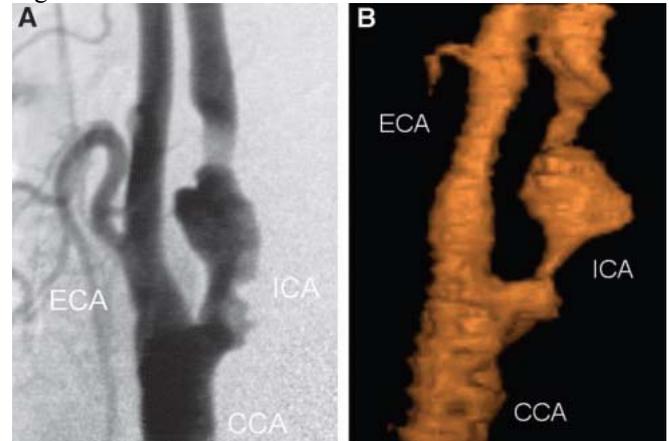


Figura 3. Comparacion entre las imágenes 4D de una sonografía Doppler extracraneal a la derecha frente a las de una angiografía por substraccion digital en la carótida [15].

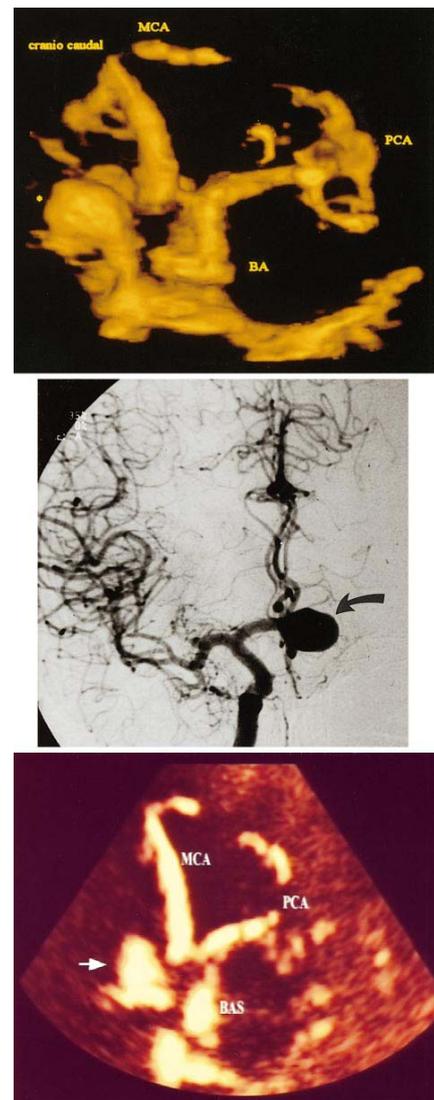


Figura 4.Reconstruccion sonografica 3D de un aneurisma en el poligono de Willis en la imagen superior. DSA (central) y sonografía en la inf.[16]

REFERENCIAS

- [1]. Carneado-Ruiz J, Sánchez-Payá J, Alfaro-Sáez A, Lezcano-Rodas M, Berenguer-Ruiz L, Mira-Berenguer F, et al. Preadmission statins treatment in stroke patients: opportunity to treat high vascular risk patients. *Rev Neurol.* 2007; 45 (8): 449-55.
- [2]. Bogousslavsky J, Van Melle G, Regli F. The Lausanne Stroke Registry: analysis of 1,000 consecutive patients with first stroke. *Stroke* 1988; 19 (9): 1083-92.
- [3]. Kolominsky-Rabas PL, Weber M, Gefeller O, Neundoerfer B, Heuschmann PU. Epidemiology of ischemic stroke subtypes according to TOAST criteria: incidence, recurrence, and long-term survival in ischemic stroke subtypes: a population-based study. *Stroke* 2001; 32 (12): 2735-40.
- [4]. Markus HS, King A, Shipley M, Topakian R, Cullinane M, Reihill S, et al. Asymptomatic embolisation for prediction of stroke in the Asymptomatic Carotid Emboli Study (ACES): a prospective observational study. *Lancet Neurol* 2010;9(7):663-71.
- [5]. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 1995; 273: 1421-1428.
- [6]. Halliday A, Mansfield A, Marro J, Peto C, Peto R, Potter J, et al; MRC Asymptomatic Carotid Surgery Trial (ACST) Collaborative Group. Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms: randomised controlled trial. *Lancet.* 2004;363(9420):1491-502.
- [7]. Ferrer-Roca O., Gonzalez Mendez D. iPhones in Telemedicine, The Health 4.0 and i2i era.(2010) In iPhones in Telemedicine. CATAI Ed. 2010.pp:21-29.
- [8]. Troyano L., Ferrer-Roca O., Padilla Pérez A, Alvarez de la Rosa M, Guerra AL, Mercé, LT, Pérez López F. Pérez Medina T, Sabatel López R (2011) Novel application of hand-held ultrasound device in Obstetrics and Gynaecology. Submitted to *J. Clin. Ultrasound.*
- [9]. Ferrer-Roca O, Kurjak A, Mario Troyano-Luque J, Bajo Arenas J, Luis Mercé A, Diaz-Cardama A. *J* (2006). Tele-virtual sonography. *J Perinat Med.*34(2):123-9.
- [10]. Ferrer-Roca O, Vilarchao-Cavia J, Troyano-Luque JM, Clavijo M.(2001) Virtual sonography through the Internet: volume compression issues. *J Med Internet Res.* 2001 Apr-Jun;3(2):E21. DOI: e2110.2196/jmir.3.2.e21
- [11]. Tegeler CH, Babikian V, Gómez CR, Neurosonology. St Louis: Mosby, 1996.
- [12]. Neumyer MM, Alexandrov AV. "Cerebrovascular anatomy and principles of extracranial ultrasound examination," in *Cerebrovascular Ultrasound in Stroke Prevention and Treatment.* A. Alexandrov, Ed. New York: Blacwell Publishing,2004, pp. 3-16.
- [13]. Touboul PJ, Hennerici MG, Meairs S, Adams H, Amarenco P, Bornstein N, et al. Mannheim Carotid Intima-Media Thickness Consensus (2004-2006). An Update on Behalf of the Advisory Board of the 3rd and 4th Watching the Risk Symposium 13th and 15th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, and Brussels, Belgium, 2006. *Cerebrovasc Dis.* 2007;23:75-80.
- [14]. Lyden PD, Nelson TR. (1997) Visualization of the cerebral circulation using three-dimensional transcranial power Doppler ultrasound imaging. *J Neuroimaging.* 7:35-39.
- [15]. Wessels T, Harrer JU, Stetter S, Mull M, Klötzsch C. (2004) Three-dimensional assessment of extracranial Doppler sonography in carotid artery stenosis compared with digital subtraction angiography. *Stroke.* 35(8):1847-51
- [16]. Klötzsch C, Bozzato A, Lammers G, Mull M, Lennartz B, Noth J. (1999) Three-dimensional transcranial color-coded sonography of cerebral aneurysms. *Stroke.* 30(11):2285-90.
- [17]. Klötzsch C, Bozzato A, Lammers G, Mull M, Noth J. (2002) Contrast-enhanced three-dimensional transcranial color-coded sonography of intracranial stenoses. *AJNR Am J Neuroradiol.* 23(2):208-12
- [18]. Delcker A, Turowski B.(1997) Diagnostic value of three-dimensional transcranial contrast duplex sonography. *J Neuroimaging.* 7:139 -144

AUTHORES:



J. Carneado Ruiz MD. PhD. Studied Medicina & Surgery in the Seville University- Spain finished in 1992. Specialized in Neurosonology in Puerta del Hierro Clinic from 1995 to 1998. Got the PhD in Medicine *Cum Laude* by the Department of Medicine of the Autonomous University of Madrid with the thesis entitle “*Análisis del tratamiento con trombolisis intra-arterial del infarto cerebral (pronóstico funcional, recanalización arterial, transformación hemorrágica)*”. He was trained in cerebrovascular pathology and Neurosonology in the Cerebrovascular Unit at the San Carlos Clinic Hospital in the Master of the Complutense University of Madrid: Stroke and Vascular Neurology Fellowship. UCLA Comprehensive Stroke and Vascular Neurology Program en UCLA Stroke Unit. Los Ángeles. California.



O.Ferrer-Roca MD. PhD. Born in Barcelona, studied Medicine in the Central University of Barcelona from 1966-1972 with Honors. Got the PhD with “*Cariotyping and tissue culture of tumors*” in 1974 with Honors. Specialized in Pathology in 1974 being trained in Paris, Milwaukee-USA and London.

Working as pathologist in the Clinic Hospital of Barcelona since 1972 got the Assistance Professorship in Pathology in 1974 and the Chair of Pathology of the University of La Laguna in 1982. Commercialized a pathology image analysis system TEXCAN ®™ specialized in visual textural analysis of the cell chromatin and DNA and immunohistochemical quantification. Founded the CATAI association in 1993, being the president since then. Got the UNESCO Chair of Telemedicine in 1999 for the University of La Laguna. Since 1996 train on Telemedicine the students of medicine and Computer Science, creating the European Master of Telemedicine and Bioengineering applied to Telemedicine in 2004, at distance.

Editor of 8 books and 202 Publications is the author of the first textbook of Telemedicine *Handbook of Telemedicine.* Amsterdam: IOS-Press, 1998, containing the Ontology of Telemedicin



J.A. Rojo Aladro MD. MSc obtuvo el título de Licenciado en Medicina y Cirugía en la Universidad de La Laguna en 1996. Cursó la especialidad en Neurología en el Hospital Universitario de Canarias, en Tenerife, con formación específica en patología cerebrovascular y neurosonología en el H.U. Dr. Josep Trueta de Girona. Capacitación Técnica Específica en Neurosonología por la Sociedad Española de Neurología en 2007. Máster en Neurociencias por la Universidad de Barcelona en 2009. Actualmente ejerce como Médico Adjunto del Servicio de Neurología del Hospital Universitario de Canarias y es responsable de la Unidad de Neurosonología. Colaborador Docente de la Universidad de La Laguna.