



ARTÍCULO ESPECIAL

Estaciones de trabajo en planificación quirúrgica y endovascular: imagen vascular digital hecha por y para cirujanos vasculares[☆]

F.J. Rielo Arias* y J.M. García Colodro

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular, Hospital Xeral Calde, Lugo, España

Recibido el 17 de septiembre de 2010; aceptado el 4 de noviembre de 2010

PALABRAS CLAVE

Reconstrucción de imágenes;
Análisis de imágenes por ordenador;
OsiriX®;
DICOM

Resumen

Gracias a los avances en informática e imagen digital hoy es posible realizar reconstrucciones tridimensionales de técnicas como la tomografía o la angiorrsonancia que, antaño, el cirujano vascular visualizaba en dos dimensiones. Sin embargo, hasta hace poco estas reconstrucciones estaban al alcance de unos pocos debido a las restricciones en el acceso a los estudios o los aparatos. Hoy en día existen programas informáticos que permiten desarrollar estos métodos de reconstrucción (reconstrucción multiplanar, renderizado volumétrico) que son de gran utilidad para la toma de decisiones tanto en cirugía abierta como endovascular.

Durante este último año, hemos desarrollado una curva de aprendizaje en imagen digital tomando como base el *software* OsiriX®. En este artículo, exponemos algunos ejemplos de la funcionalidad del *software* y de cómo este puede ser de utilidad para la toma de decisiones con facilidad, celeridad y eficacia tras un entrenamiento básico.

© 2010 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Image reconstruction;
Computer assisted image analysis;
OsiriX®;
DICOM

Workstations in surgical and endovascular planning: digital vascular imaging made by and for vascular surgeons

Abstract

Due to the advances in computer science and digital imaging, we are able to make three-dimensional reconstructions from images obtained from techniques such as CT-Scan or Magnetic Resonance today, that not long ago had to be seen in two dimensions. However, not long ago these reconstructions were only available for a few vascular surgeons because of restrictions on access to the studies or to the equipment. Today we have computer programs that enable us perform those reconstruction methods (multiplanar reconstruction, volume rendering) which are very useful for making decisions in both open and endovascular surgery.

[☆]Presentado en el 56 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Angiología y Cirugía Vascular. Madrid, 9 a 12 de junio de 2010.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fjrielo@hotmail.com (F.J. Rielo Arias).

During the last year and based on OsiriX® software, we have developed a learning curve in digital imaging. In this article we show some examples of the usefulness of this software and how it can be used to make decisions in a simple, fast and effective way after a basic training period.

© 2010 SEACV. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La angiología y la cirugía vascular han incorporado, ya desde sus orígenes, métodos y técnicas diagnósticas propias, como es el caso de la angiografía o, al igual que otras especialidades, adaptado a su campo métodos diagnósticos, como es el caso del eco-doppler. Otras modalidades diagnósticas comunes a muchas especialidades han nacido ya sobre una base informática, como es el caso de la tomografía computarizada (TC) y la angiorresonancia (ARM).

Nuestras decisiones quirúrgicas han dependido durante muchos años de estas imágenes en dos dimensiones. Sin embargo, nosotros trabajamos sobre un terreno 3D: el paciente. Durante el proceso de formación del cirujano, este ha de desarrollar la habilidad de procesar esas imágenes bidimensionales en su cerebro y transportarlas al terreno tridimensional. Esa habilidad crece con el tiempo y es propia de cada persona.

Objetivo

Con el paso de la imagen médica analógica a la digital y, sobre todo, con los avances tecnológicos de las últimas 3 décadas, se han desarrollado ordenadores y programas, algunos comerciales y otros bajo licencia abierta, capaces de facilitar ese cambio dimensional y, por lo tanto, hacer más fácil la toma de decisiones quirúrgicas por parte del cirujano. Uno de estos programas es OsiriX®.

En este artículo especial vamos a hablar de las características de este *software*, con especial atención a sus aplicaciones en nuestro campo, y describir nuestra experiencia durante este último año, desarrollando brevemente nuestra curva de aprendizaje, en especial acerca de sus funciones de reconstrucción tridimensional, que podría servir de modelo a los compañeros que estén interesados.

¿Qué es OsiriX®?

OsiriX® es un paquete de *software* de código abierto desarrollado bajo entorno Mac y ejecutable en un ordenador doméstico con unos requerimientos gráficos estándar, creado por un grupo de radiólogos del Hospital Universitario de Ginebra (Suiza)¹⁻⁴. Este *software* incorpora tres elementos diferenciados pero perfectamente integrados entre sí: un PACs (*Picture Archiving and Communication systems*), esto es, un gestor de pacientes que permite trabajar a nuestro ordenador como base de datos de pacientes local o remota, un visor de archivos en formato DICOM (imagen médica digital) y, por último, un módulo de reconstrucción tridimensional que nos permite trabajar con técnicas avanzadas de procesamiento de estudios, como reconstrucción ortogonal, re-

construcción multiplanar curva, proyección de máxima intensidad o renderizado volumétrico.

Dentro del *software* libre, que por definición está al alcance de cualquier usuario, existen multitud de programas gráficos orientados a la visualización y el procesamiento de imágenes médicas digitales en alguna de sus vertientes. Lo que hace diferente a este *software* es que, entre otras cosas, integra visor, reconstructor y base de datos todo en uno y relacionados, lo que proporciona una experiencia agradable al usuario (*user friendly interface*, en jerga informática).

Debido a que el *software* está registrado como código libre, los desarrolladores, en su contrato de usuario al inicio de la instalación, recomiendan su uso como fines docentes o de investigación. En el caso de que se desee otorgarle un uso profesional, existen empresas autorizadas para instalar estaciones de trabajo profesionales bajo marca CE o autorización por la FDA.

Durante los últimos años, han ido apareciendo en la literatura cada vez más artículos en diversos campos de la medicina que hacen referencia a las características y posibilidades de este *software* y cada vez es más frecuente la aparición de presentaciones y ponencias internacionales que incorporan iconografía tratada con este programa⁵⁻⁸, lo que señala que existe una cuota no despreciable de usuarios de OsiriX®. Igualmente, en los últimos años están empezando a proliferar las reuniones, muchas de ellas patrocinadas por casas comerciales, con el objeto de aprender las maniobras básicas para trabajar con el programa.

Conociendo unos aspectos básicos del procesamiento de imágenes digitales y gracias a la documentación en línea, así como su comunidad de usuarios en la red, el programa es fácilmente manejable y, con tiempo y práctica, permite desarrollar funciones que hasta hace poco estaban reservadas a usuarios de estaciones de trabajo profesionales a menudo lejos de nuestro alcance.

Estructura del programa

Desde junio de 2009 hasta la actualidad, hemos desarrollado una curva de aprendizaje con OsiriX® en su versión 3.6 (actualmente la versión estable disponible es la 3.8.1). Hemos decidido segmentar este apartado en tres secciones:

PACs

Un PACs es un sistema de almacenamiento de información de imágenes médicas. Es una base de datos donde el elemento principal es el paciente. Cada paciente tiene asignada una identificación única y, sobre esa base, se almacenan todos sus estudios. La posibilidad de almacenamiento de es-

tudios de OsiriX® está condicionada por la capacidad del disco duro del ordenador en el que se esté ejecutando el programa, de tal forma que si el volumen de información de una TC abdominal es de 300 a 400 MB, un disco duro de 250 GB permitiría almacenar unas 800 series aproximadamente. No obstante, OsiriX® permite hacer copias de seguridad de su base de datos para cuando el disco duro esté lleno.

Un PACs permite, además, exportar estudios. OsiriX® lo puede hacer en múltiples formatos gráficos, tanto de imagen como de vídeo. Igualmente, puede exportar estudios “en bruto”, esto es, en formato DICOM, para que puedan leerlos por cualquier estación de trabajo. Esta exportación puede realizarse en archivo —que puede enviarse por red local o internet—, memoria USB o soporte óptico.

Además, con OsiriX® podemos hacer anónimos los estudios, con el objeto de preservar los datos del paciente conforme a la legislación vigente si es necesario mostrar el estudio a terceras personas, hecho que, por desgracia, no siempre se respeta cuando se envía un estudio en soporte impreso clásico —radiografías impresas— o en soporte óptico —CD—.

Otra de las funciones de un PACs es generar informes médicos. OsiriX® permite crear informes personalizados. De esta forma, podemos disponer de toda la información del paciente en un solo clic (mediciones de aorta, presupuestos de endoprótesis, planificación quirúrgica, etc.). OsiriX®, además, permite importar documentos en varios formatos para incluirlos en la ficha del paciente, con lo que se elimina la necesidad del papel escrito.

Visor DICOM

La herramienta central de OsiriX® es el visor DICOM, común a muchos programas, pero con varias funciones añadidas.

La interfaz del visor es agradable e intuitiva y se muestra en el momento en que abrimos una serie de un paciente. Este visor permite, una vez importado el estudio, visualizar series de estudios médicos de ecografías, TC, ARM, series arteriográficas en soporte digital, tratándolas como imágenes seriadas; por lo tanto, el usuario puede modificar las características de brillo y contraste de las series, rotación y movimiento de estudios, lupa, etc.

Podemos, por ejemplo, movernos entre los cortes de una TC y modificar la ventana para adaptarla a la zona que nos interesa, tomar mediciones básicas de diámetros en axial, escribir anotaciones, etc. En el caso de un estudio arteriográfico importado desde un arco digital, OsiriX® permite crear modos de sustracción digital y tratamiento de máscara o modo de suma de imágenes.

Dependiendo de las características de cada ordenador, OsiriX® permite abrir, además, varias series para comparar, por ejemplo, una arteriografía previa con un control en un tratamiento endovascular, o facilita trabajar con imágenes clave, esto es, imágenes seleccionadas de un estudio sin necesidad de visualizar el estudio completo.

Cualquier modificación que hagamos en las imágenes podemos guardarla como nueva serie y, posteriormente, exportarla en imágenes digitales para leerlas en cualquier ordenador, enviarlas por correo electrónico, imprimirlas o crear una serie animada que, a modo de vídeo, nos sea de utilidad en la presentación de casos clínicos.

Modo de reconstrucción tridimensional

Quizá lo que ha hecho verdaderamente popular a OsiriX® ha sido su capacidad para el procesamiento de imágenes médicas que, hasta hace poco, solíamos visualizar en dos dimensiones. En los últimos años han surgido programas capaces de presentar esas imágenes de una forma diferente de las que estábamos acostumbrados a ver y durante mucho tiempo ese *software*, dedicado y propio de los gigantes de la imagen médica digital, ha estado restringido a grupos pequeños de usuarios con acceso a estaciones de trabajo profesionales. En muchos aspectos, OsiriX® ha abierto la veda de la imagen médica digital.

De esta forma, conceptos como reconstrucción multiplanar o *centerline* se nos fueron haciendo cada vez más comunes, si bien, hasta hace poco, el cirujano vascular no tenía acceso libre a la posibilidad de desarrollarlos por sí mismo. Hace tiempo que la TC abdominal es una de las piedras angulares de la planificación de endoprótesis aórticas y es sabido que el éxito del implante está condicionado fundamentalmente por una buena planificación previa del caso.

Con respecto a ello, OsiriX® permite crear modelos de reconstrucción multiplanar. En este modelo el programa crea una triple proyección (axial, coronal y sagital) que podemos modificar a nuestro gusto para centrar las áreas de interés, como puede ser el cuello del aneurisma, y tomar mediciones de angulaciones, diámetros axiales ajustados a la proyección y longitudes cortas.

Si embargo, debido a las características irregulares de la aorta, el modelo de reconstrucción multiplanar no es suficiente, en cuyo caso OsiriX® permite crear además un modelo de reconstrucción curva, coloquialmente llamado “*centerline*”, “*center lumen*” o “angiografía virtual”, en el cual, el usuario traza una línea que, desde las arterias renales hasta las hipogástricas, sigue el eje del vaso (fig. 1). El programa “estira” la aorta en la longitud deseada, con lo que podemos tomar medidas de longitud mucho más exactas, similares a un *pigtail* centimetrado, eliminando el sesgo de la proyección que antiguamente se producía con los estudios axiales en soporte impreso. Todas estas medidas quedan guardadas en el ordenador para tener acceso a ellas en el futuro, de modo que el estudio puede medirse todas las veces que se desee.

OsiriX® permite realizar también técnicas de renderizado volumétrico. Esta técnica, basada en tratamiento informatizado de vóxel, esto es, las unidades de que se compone una imagen tridimensional, nos permite crear volúmenes de estructuras que aportan detalles anatómicos de gran calidad, dependiendo del estudio y la destreza del operador. Esta imagen se puede girar, rotar o colorearla artificialmente, asignando colores, por medio de una tabla, a la clásica escala de grises del estudio (fig. 2).

Como en cualquier otra estación de trabajo, OsiriX® permite trabajar con regiones de interés (ROI, en inglés). Cuando se trabaja con imágenes médicas “en bruto”, el operador puede trazar con el ratón líneas, óvalos o texto escrito de una forma similar a un programa de retoque gráfico convencional. Combinada con la técnica de renderizado volumétrico, podemos, por lo tanto, calcular volúmenes de estructuras como aneurismas, quistes, etc.



Figura 1 Creación de *centerline* en un caso de aneurisma de aorta abdominal.

Nuestra experiencia

Nuestra curva de aprendizaje consistió, una vez familiarizados con el manejo básico del programa, en la toma y medición repetidas de varios estudios base hasta lograr una concordancia intraobservador con carácter empírico, motivo por el cual, desgraciadamente, no podemos ofrecer datos objetivos con respecto a esta primera curva, momento en el que nos consideramos listos para pasar al terreno práctico e integrar OsiriX® en la toma de decisiones de nuestro servicio. Esta experiencia fue comunicada en el LVI Congreso Nacional, celebrado en Madrid. Con el objeto de no alargar el artículo, presentaremos tres ejemplos de lo que hemos realizado con el programa.

Planificación de endoprótesis

El primer ejemplo consiste en una muestra de casos en que se comparaba la estación de trabajo de nuestro hospital, una General Electric®, que es nuestro estándar con OsiriX®. Debido al escaso tamaño muestral, no podemos realizar otro tipo de análisis estadístico que no sea descriptivo o el cálculo del coeficiente de correlación intraclase; sin embargo, los resultados preliminares, que adjuntamos en la tabla 1, no dejan de tener cierto interés.



Figura 2 Aneurisma de aorta abdominal roto. Penderizado volumétrico.

Tabla 1 Comparativa de diámetros y longitudes (en mm) entre OsiriX® (OX) y estación de trabajo General Electrics® (GE)

Caso	D2a		D5a		H1		H3		H4a		Prótesis
	OX	GE	OX	GE	OX	GE	OX	GE	OX	GE	
1	20	21	PXC161200		25	24	84		PXC161200		Zenith Ao-Uni
2	27	26	Externas		34	33	108	104	179	172	Excluder Bi
3	25	25	17	17	100	97	100	97	190	190	Excluder Ao-Uni (AAAR)
4	22	22	15	15	16	17	113		151	155	Zenith Ao-Uni (AAAR)
5	21	22	14	14	17	17	100	93	182	177	Zenith Bi
6	22	23	Externas		22	22	122	120	185	182	Excluder Bi
7	25	24	14	15	33	44	125	135	194	206	Excluder Bi

AAAR: aneurisma de aorta abdominal roto; Ao-Uni: aorto-uniiliaca; Bi: bifurcada; D2a: diámetro cuello aneurisma; D5a: diámetro iliaca primitiva derecha; H1: longitud de cuello del aneurisma; H3: longitud de aorta infrarrenal; H4a: longitud desde arteria renal más baja hasta bifurcación hipogástrica derecha.

Así, las medias de los diámetros de los cuellos de las aortas (D2a) son 23,14 mm para OsiriX® y 23,28 mm para General Electrics®. Cuando tomamos un diámetro pequeño como referencia, como puede ser el de una iliaca primitiva (D5a), las medias para OsiriX® y General Electrics®, respectivamente, son 15 y 15,25 mm.

En cuanto a las longitudes, medidas en las que habitualmente suele haber mayor margen de error, cuando tomamos una medida corta como la longitud del cuello del aneurisma (H1), OsiriX® nos devuelve una media de 35,28 mm (36,28 mm para General Electrics®). La medida más desafiante suele ser la longitud desde renal más baja a hipogástrica (H4a) ya que, a mayor longitud, mayor margen de error, y si bien parte de ese error puede compensarse con el solapamiento de los módulos, esto puede no ser posible en el caso de cuerpos de endoprótesis con extremo principal largo con el objeto de usar la menor cantidad de módulos posibles, ya que una sobredimensión de esta longitud puede traer como consecuencia la oclusión de una hipogástrica. En este caso, sorprendentemente, OsiriX® calculó 180,16 mm y General Electrics® calculó 180,33 mm. En el caso 7 nos llamó la atención una diferencia de medición de 10 mm, que fue común en las longitudes de todo el eje iliaco derecho;

no se descarta la aparición de un error dependiente del operador de la estación de trabajo General Electrics® en el momento de señalar el inicio del *centerline*.

Procesando estos datos por medio del programa SPSS 17.0 y aplicando un modelo de coeficiente de correlación intraclase, obtenemos para D2a un ICC de 0,917 ($p = 0,001$), para D5a un ICC de 0,930 ($p = 0,011$). Para H1 el ICC fue de 0,987 ($p < 0,001$). En cuanto a H4a, el ICC calculado fue de 0,908 ($p = 0,02$), este último ligeramente menor debido a lo expuesto anteriormente.

Esta experiencia nos ha animado a continuar con el proyecto y, si bien, en el momento actual, la estación de General Electrics® continúa siendo nuestra prueba de referencia, no descartamos en absoluto que en un futuro próximo OsiriX® pueda convertirse en nuestro próximo referente tanto por la facilidad en su uso como por su disponibilidad. Resulta sorprendente, no obstante, que, hasta la fecha, haciendo una revisión exhaustiva de la literatura por medio de PubMed, no exista todavía un estudio que compare las medidas de una estación de trabajo estándar con OsiriX®.

Cálculo volumétrico

Históricamente, se ha tomado el diámetro del aneurisma como referencia para la toma de decisiones. Sin embargo, un aneurisma es una esfera irregular cuyo diámetro sigue un patrón propio del volumen de una esfera ($4/3 \pi r^3$). En la práctica clínica, decisiones como el aumento de diámetro de un aneurisma en su seguimiento en consultas se toman en estaciones de trabajo o sobre ecografía abdominal basadas en su diámetro axial y, a veces, una diferencia de 1 o 2 mm puede ser dependiente del operador (como es el caso en ecografía abdominal). Por lo tanto, parece lógico deducir que pequeños cambios en el radio del aneurisma pueden traer como consecuencia aumentos considerables en su volumen en una razón cúbica. Este hecho puede resultar de interés en el seguimiento de endoprótesis de aorta abdominal en los que, a veces, no se aprecian fugas de contraste al saco aneurismático y, por ello, durante estos últimos meses hemos desarrollado una experiencia piloto con 20 pacientes de nuestra consulta con seguimientos tanto precoces como tardíos (fig. 3).

Hemos comprobado, por ejemplo, que durante el primer mes, al igual que han informado otros autores⁹, el volumen

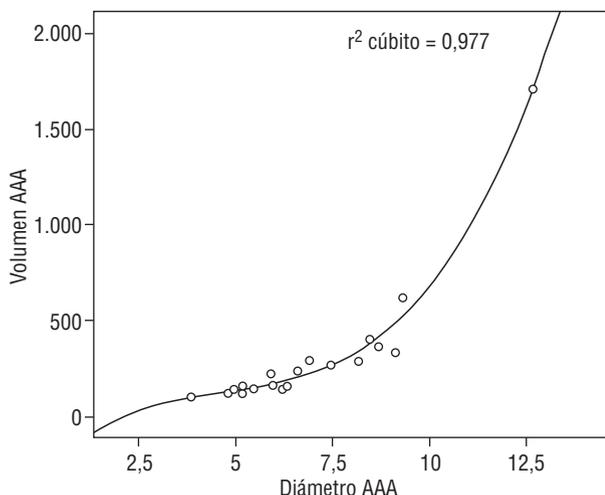


Figura 3 Relación entre diámetros y volúmenes de aneurisma de aorta abdominal.

del saco aneurismático se incrementa discretamente en la mayoría de ellos, debido probablemente a la expansión que genera una endoprótesis en el momento del implante, desplazando un volumen de sangre líquida que se suma a la coagulación del saco aneurismático. En el seguimiento tardío, hemos detectado una relación entre el diámetro del aneurisma y su variación de volumen, más acusada en este último parámetro, y hemos comprobado que el aneurisma desciende más rápido de volumen que de tamaño¹⁰. Igualmente en esta muestra hemos tenido tres crecimientos de volumen con cambios casi despreciables de diámetro, dos de ellos con fugas tipo II. En uno de los casos el paciente fue ingresado para la realización de una arteriografía con vistas a la necesidad de una embolización. En los dos restantes, se ha estrechado el seguimiento con vistas a una posible intervención.

Al igual que en el anterior ejemplo del *centerline*, es precipitado extraer conclusiones, que será mejor dejar para el futuro una vez se amplíe el estudio con mayor tamaño muestral y eliminación de variables de confusión como el tamaño del trombo antiguo, las características anatómicas de cada aneurisma o la anticoagulación, estudio que esperamos presentar en breve. Es posible que, con el tiempo, y a medida que nos familiaricemos cada vez más con este tipo de *software*, haya que revisar nuestros criterios de cálculo y las correspondientes indicaciones que ello pueda implicar. Por ejemplo, revisando la bibliografía, Bargellini et al¹⁰ consideran que un descenso de volumen de menos del 0,3% a los 6 meses haría recomendable un seguimiento más exhaustivo de los sacos aneurismáticos excluidos debido al riesgo de endofugas.

Creación de mapas quirúrgicos

Combinando diversas opciones del programa, OsiriX® permite crear mapas quirúrgicos que, sumado a herramientas de extracción ósea y recorte configurables por el usuario, nos permite detallar con exactitud la anatomía de la zona que tratar. Al tratarse de una herramienta gráfica configurable, podemos trabajar manualmente con estas técnicas escapando, por lo tanto, de los *presets* ya configurados de las estaciones de trabajo convencionales, pudiendo realizar técnicas de renderizado óseo, venoso o arterial. OsiriX® incorpora además una función gráfica llamada *fly-thru*, con la que podemos ajustar la ventana de un renderizado volumétrico, esto es, eliminando progresivamente densidades bajas como piel y músculo, lo que permite transparentar los vasos con contraste, de tal forma que el efecto final consiste en una espectacular "disección" de la zona en cuestión. Asignando colores a las diferentes estructuras crearemos transparencias con efectos igualmente sorprendentes, así se representa la anatomía humana de una manera hasta la fecha desconocida en informática gráfica (fig. 4).

Estas imágenes tratadas por ordenador son, además, una excelente fuente de iconografía para presentaciones, respetando los derechos de autor que se vulneran cuando en una comunicación para un congreso se hace uso de imágenes de terceros extraídas de libros o revistas. En cierto modo OsiriX® va un paso más allá en la ilustración médica clásica y en la actualidad existen especialistas gráficos que incorporan OsiriX® en su día a día, con lo que se sustituyen el lápiz y el pincel.

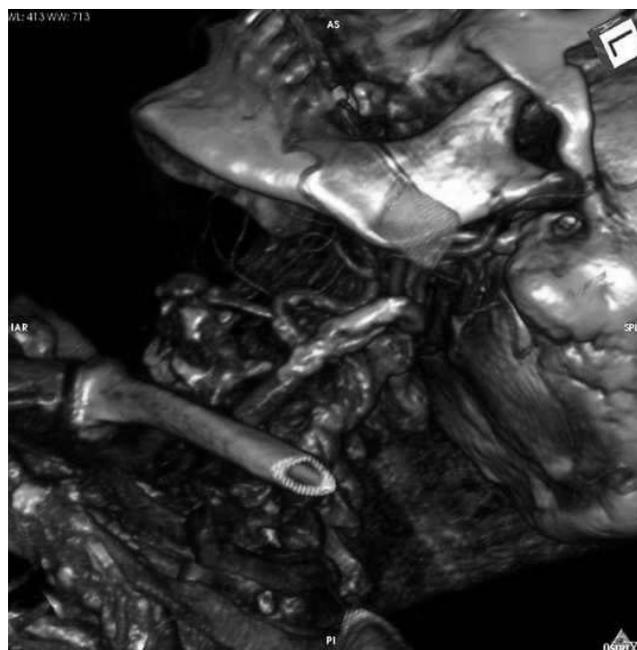


Figura 4 Estenosis carotídea. Renderizado volumétrico.

Conclusiones

Nuestra experiencia con OsiriX® ha sido muy positiva y creemos que justifica la realización de más estudios que confirmen el potencial que guarda en su interior. Facilita el paso de la imagen médica analógica a la digital. Proporciona autonomía para crear mapas quirúrgicos y endovasculares, con lo que se gana tiempo al no tener que depender de terceros. En resumen, OsiriX® representa un avance más en la era digital y es un claro ejemplo de lo que está por venir.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Fosset A, Spadola L, Ratib O. OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging*. 2004;17:205-16.
2. Fosset C, Fosset A, Ratib O. General consumer communication tools for improved image management and communication in medicine. *J Digit Imaging*. 2005;18:270-9.
3. Ratib O, Fosset A. Open-source software in medical imaging: development of OsiriX. *Int J CARS*. 2006;1:187-96.
4. Fosset A, Spadola L, Pyshe L, Ratib O. Informatics in radiology (infoRAD): navigating the fifth dimension: innovative interface for multidimensional multimodality image navigation. *RadioGraphics*. 2006;26:299-308.
5. Matthieu Vinchon M, Pellerin P, Pertuzon B, Fénart R, Dhellemmes P. Vestibular orientation for craniofacial surgery: application to the management of unicoronal synostosis. *Childs Nerv Syst*. 2007;23:1403-9.

6. Wang Y, Liu Y, Hsieh T, Lee S, Li M. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage diagnosis with computed tomographic angiography and OsiriX. *Acta Neurochir.* 2010;152:263-9.
7. Amato A, Melissano G, Liu X, Civilini E, Chiesa R. Endovascular approach for isolated common iliac aneurysm and severe kyphoscoliosis. *J Vasc Bras.* 2009;8:277-80.
8. Melissano G, Bertoglio L, Civelli V, Amato A, Coppi G, Civilini E, et al. Demonstration of the Adamkiewicz artery by multidetector computed tomography angiography analysed with the open-source software OsiriX. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009;37:395-400.
9. Wolf Y, Tillich M, Lee W, Fogarty T, Zarins C, Rubin G. Changes in aneurysm volume after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg.* 2002;36:305-9.
10. Bargellini I, Cioni R, Petruzzi P, Pratali A, Napoli V, Vignali C, et al. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: analysis of aneurysm volumetric changes at mid-term follow-up. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2005;28:426-33.