

ORIGINAL

Diez años desde la implementación del RIS PACS de la Clínica Alemana de Santiago: impacto de la tomografía computarizada en el uso y disponibilidad de archivo



Enrique Bosch^a, Ricardo Castillo^{b,*}, Óscar Cea^b, César Salinas^b, Javier Rivas^b y Víctor Díaz-Narváez^c

^a Departamento de Imágenes, Facultad de Medicina, Clínica Alemana Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

^b Escuela Tecnología Médica, Facultad de Medicina, Clínica Alemana Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

^c Facultad de Odontología, Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

Recibido el 13 de junio de 2016; aceptado el 13 de junio de 2016

Disponible en Internet el 3 de agosto de 2016

PALABRAS CLAVE

PACS;
Tomografía
computarizada;
On line;
Archivo;
Base de datos

KEYWORDS

Picture archiving and
communication
system;
Computed
tomography;

Resumen Los sistemas RIS PACS se han vuelto indispensables para el manejo de las imágenes digitales, su distribución y archivo. Esta investigación evaluó el impacto de la tomografía computarizada en el PACS del servicio de imágenes de la Clínica Alemana de Santiago. Se revisó la base de datos del PACS a través de la herramienta de software IMPAX BI, de los 2.267.683 estudios del período 2005-2014. Los exámenes de tomografía computarizada representan el 10,67% de los estudios archivados en el PACS, pero su peso en TB es el 50,10% del total. El impacto de los estudios de tomografía computarizada no se ha dimensionado ni previsto adecuadamente, lo que ha impactado en la disponibilidad esperada para los estudios de un año on line. Este estudio ha permitido valorar adecuadamente el impacto de la tomografía computarizada en la disponibilidad del PACS, y cómo debe ser considerado al planificar la implementación de un PACS.

© 2016 SOCHRADI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Ten years since the implementation of Clínica Alemana of Santiago's RIS PACS: The impact of computed tomography in the use and availability of storage

Abstract RIS PACS systems have become indispensable for managing, distributing and archiving digital images. This study evaluated the impact of Computed Tomography in the Clínica Alemana of Santiago's PACS image service. The PACS database was reviewed using IMPAX BI software, and 2,267,683 studies between 2005 and 2014 were examined. Computed Tomography examinations

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: ricardocastillov@gmail.com, rcastillo@alemana.cl (R. Castillo).

On line;
Storage;
Database

made up 10.67% of the studies archived in PACS, but its weight in TB is 50.10% of the total. The impact of the studies of Computed Tomography were not properly dimensioned or anticipated, which has impacted on the expected availability for one year online studies. This study has adequately assessed the impact of Computed Tomography in PACS' storage availability, and how it should be considered when planning the implementation of a PACS.

© 2016 SOCHRADI. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La implementación de plataformas RIS PACS es un desafío para todas las instituciones de salud públicas y privadas que quieren mejorar sus flujos de trabajo y la calidad de la atención a sus pacientes¹. Las soluciones RIS PACS son el repositorio de los resultados de exámenes e imágenes que son visualizados en la ficha clínica o en el uso de visualizadores web que permiten consultar resultados desde unidades críticas como urgencia, UCI, pabellón, o simplemente desde las consultas médicas. De esta manera el clínico cuenta con una herramienta que le entrega resultados en corto tiempo, permitiendo la comparación con estudios previos y teniendo disponibles imágenes e informes históricos.

En el proceso de evaluación para la implementación de una plataforma, se estima el peso específico de los estudios de cada modalidad para dimensionar el *cache* inicial, tomando en cuenta un peso promedio de cada tipo de examen, las producciones anuales hasta la fecha y un porcentaje de crecimiento que corresponde al promedio de los últimos años. Sin embargo, con el tiempo esta estimación se va perdiendo, ya que nuevos equipos con distintas características son configurados en el PACS²⁻⁴.

Quizás el ejemplo más crítico de este cambio tecnológico es el desarrollo de la tomografía computarizada, ya que si bien las características de las imágenes mantienen una misma resolución espacial y densidad de resolución, estudios que hace algunos años incluían 20 imágenes, hoy están integrados por varios cientos de imágenes. Este cambio se ha dado principalmente por la evolución desde equipos helicoidales de un canal a equipos multicorte de varios canales, tecnología que ha permitido disminuir los tiempos de exámenes, mejorar la calidad de imagen y trabajar con vóxeles isotrópicos, permitiendo post-procesos en múltiples planos de calidad similar al plano axial⁵.

El *cache on line* corresponde al arreglo de discos que contienen las imágenes más recientes que han llegado al PACS, habitualmente está configurado con discos de fibrocanal y en arreglos RAID, lo que le otorga una alta *performance* debido a su paralelismo y alta disponibilidad.

Los discos RAID se organizan en una configuración RAID 5, lo que permite otorgar una alta seguridad, ya que las imágenes están disponibles en más de un disco y aunque falle algún disco, ninguna imagen se perderá^{3,4}.

Las imágenes que llegan desde las modalidades permanecerán en el *cache on line* hasta el tiempo de retención que esté previamente configurado, según el tamaño inicial que tenga el *cache*. Es posible configurar tiempos de

retención según modalidades en particular u otros parámetros como cantidad de consultas de un estudio en un tiempo determinado, es decir, mantener por más tiempo a los más consultados. La herramienta que ejecuta este proceso, que habitualmente corre cada noche, se llama *prefetching*⁶. Una segunda copia de las imágenes es archivada para un respaldo permanente en los arreglos de discos conocido como *near line* o a largo plazo. Este archivo se configura para varios años, ya que es el único que contendrá los estudios una vez que sean borrados del *cache on line*.

Una manera de optimizar el espacio en el *cache on line*, y cualquier tipo de archivo de imágenes, es utilizar compresión. Existen distintos tipos de compresión, aquellas que permiten recuperar la imagen original (compresión *lossless*) y aquellas que no permiten recuperar la imagen original (*lossy*). Habitualmente en el *near line* se utiliza compresión *lossless*, lo que permite comprimir las imágenes DICOM 2,5 veces⁶.

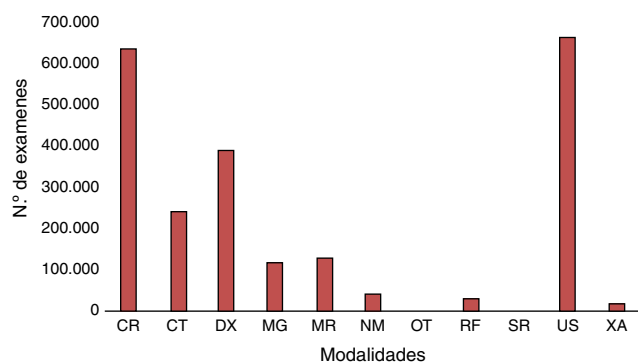
El presente estudio buscó determinar la evolución del archivo durante los 10 años de implementación del PACS y cómo el peso de las imágenes de la tomografía computarizada ha tomado un rol relevante en la disponibilidad del PACS.

Materiales y métodos

Para el presente estudio se utilizó el programa IMPAX BI, Oracle Business Intelligence de AGFA, versión de software 11.1.1.7.131017, con la que se analizó la base de datos del PACS, IMPAX 6.5.2.657, que contenía la información de los exámenes e imágenes realizados en el Departamento de Imágenes de la Clínica Alemana de Santiago, en el período 2005-2014, con un total de 2.267.683 estudios y 219.840.430 imágenes. Las variables dependientes correspondieron al número de estudios, imágenes y volumen de archivo por cada año y modalidad (expresado en Gb). La variable independiente fue la modalidad de los equipos (Computed Tomography [CT], Magnetic Resonance [MR], Ultrasound [US], Radiography [RX], X-Ray Angiography [XA], Medicine Nuclear [MN], Positron Tomography [PT], Radio Fluoroscopy [RF], Mammography [MG]). IMPAX BI realiza diariamente una copia incremental de la base de datos del PACS, de manera que cualquier consulta no compromete la *performance* de la base de datos estudiada. Se realizaron consultas a la base de datos para obtener los datos con los rangos de fecha indicados. Los resultados fueron analizados con estadística descriptiva, mediante análisis de frecuencia y porcentaje,

Tabla 1 Total de exámenes 2005-2014

Modalidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total	%
CR	32.526	90.821	93.280	99.234	90.322	78.364	57.289	38.053	34.823	23.488	638.200	28,1
CT	9.855	16.162	18.717	19.220	19.308	21.580	25.867	28.735	40.281	42.189	241.914	10,7
DX			3	1	1.448	17.956	49.729	79.288	113.915	130.049	392.389	17,3
MG			9.486	12.570	13.130	14.243	14.986	15.530	17.660	19.859	117.465	5,2
MR	5.025	8.919	9.764	10.964	11.107	11.974	12.740	15.653	20.626	23.705	130.477	5,8
NM	1.556	2.893	2.915	2.915	2.572	3.758	6.085	6.165	6.097	6.084	41.040	1,8
OT		2	5	4	3	5	10	11	18	22	80	0,0
RF	1.351	2.538	2.815	2.903	3.003	3.080	3.038	2.932	2.967	3.130	27.757	1,2
SR	2	3	2	10	12	16	8	29	53	3	138	0,0
US	19.634	42.250	48.755	56.138	55.665	60.650	69.802	77.964	109.375	121.413	661.646	29,2
XA	226	415	1.015	1.593	1.767	2.863	1.341	1.404	2.519	3.434	16.577	0,7
Total	70.175	164.003	186.757	205.552	198.337	214.489	240.895	265.764	348.334	373.376	2.267.683	100,0

**Figura 1** Muestra la composición del archivo en los 10 años de estudio por modalidad o tipo de examen.

estableciendo el peso específico de cada tipo de modalidad por año, las tendencias de % de ocupación por modalidad y cómo la tomografía computada utilizó el archivo disponible.

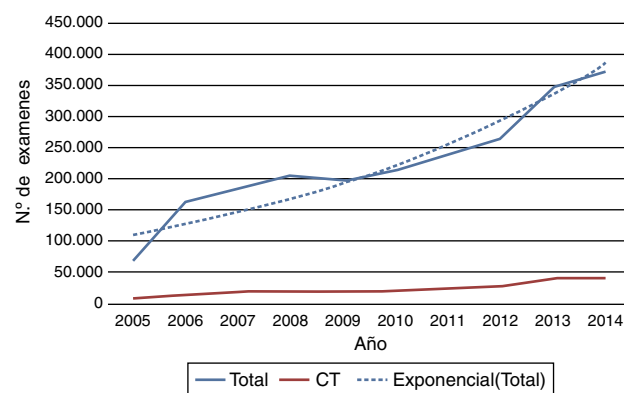
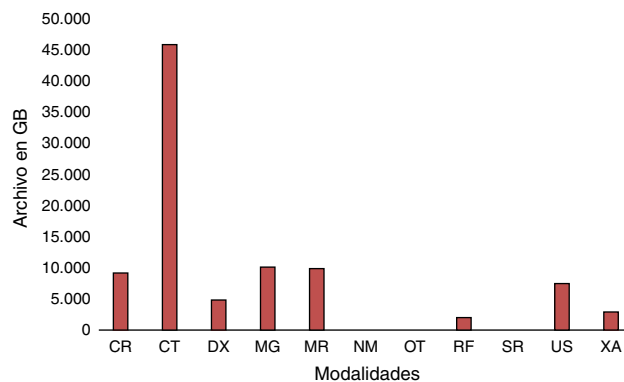
Resultados

En la [tabla 1](#) se resume el número de exámenes por modalidad y por año, durante el período 2005-2014, donde destaca que el 29,18% corresponde a US, el 28,14% a estudios de radiología computarizada (CR) y solo un 10,67% a estudios de CT. En la [tabla 2](#) se detalla el número de imágenes por modalidad, donde los estudios por CT representan el 64,2% de las imágenes. En la [tabla 3](#) se expresa el volumen de archivo en el mismo período en Gb, donde los estudios de CT ocupan el 50% con 46.007 Gb o 44,93 TB. En la [tabla 4](#) podemos ver la composición porcentual por año del CT respecto al total del archivo, donde prácticamente se mantiene una relación del 50% cada año.

Se realiza la prueba de correlación de Pearson, la que determina que existe una correlación significativa directa entre las variables total de imágenes en el PACS y el total de imágenes de tomografía computarizada entre los años 2005-2014 ([figs. 1-5](#)).

Discusión

Los resultados han permitido comprobar que el aumento del archivo de imágenes de las distintas modalidades en el PACS está claramente correlacionado con las imágenes de la

**Figura 2** Comparación del crecimiento total de estudios del PACS y el total de los exámenes de CT en el sistema por año, lo que muestra una curva de crecimiento exponencial de los exámenes en general, pero significativamente menos pronunciada en el caso de los estudios de CT.**Figura 3** Podemos observar la composición del archivo en el período 2005-2014, donde resalta la CT con un 50,1%, siendo de lejos la modalidad más relevante en este aspecto.

tomografía computarizada. Si bien estos estudios representan el 10,67% de los exámenes, son responsables del 64,20% de las imágenes y del 50,10% del total del archivo.

Una de las causas que justificarían estos resultados es la evolución tecnológica de los equipos de tomografía computarizada, desde equipos de 2-16 canales hace 10 años a equipos de 128-320 canales en los últimos 5 años, lo que ha determinado un aumento explosivo de imágenes en estos

Tabla 2 Número de imágenes 2005-2014

Modalidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total	%
-					3			170	171	135	479	0
CT	3.965.257	74.04.192	8.901.277	9.565.463	10.794.379	12.245.528	15.101.498	17.918.591	26.167.375	29.063.062	141.126.622	64,2
ECO	254.146	547.851	687.105	907.065	933.472	1.053.983	1.218.527	1.343.872	1.862.161	2.156.407	10.964.589	4,99
MAMO	542	308						4	63		917	0
MG	50.864	111.209	126.710	57.864	64.252	72.355	72.132	72.831	128.349	245.524	1.002.090	0,46
MNU	4.097	6.696	8.666	9.182	62.556	126.227	195.765	421.259	627.339	837.557	2.299.344	1,05
MR	977.496	1.602.900	1.836.698	2.971.214	3.667.196	3.969.933	4.349.303	5.278.767	7.641.673	12.684.039	44.979.219	20,46
PT							1.254.243	3.092.974	4.397.720	5.149.047	13.893.984	6,32
RMT	36.391	232.997	229.544	230.513							729.445	0,33
RX	143.319	300.758	321.951	358.531	335.307	384.327	452.004	643.185	776.555	868.086	4.584.023	2,09
XA	9.524	14.255	22.657	28.193	27.511	32.346	36.237	37.359	28.017	23.619	259.718	0,12
Total	5.441.636	10.221.166	12.134.608	14.128.025	15.884.676	17.884.699	22.679.709	28.809.008	41.629.364	51.027.539	219.840.430	100

Tabla 3 Volumen archivado 2005-2014 (Gb)

Modalidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total	%
CR	930,01	1.429,80	1.441,47	1.370,35	1.281,09	822,45	550,9	397,57	462,9	444,43	9.130,98	9,9
CT	1.849,39	2.069,48	2.252,76	2.174,19	2.494,66	2.875,51	3.812,99	5.097,72	8.365,14	15.015,57	46.007,40	50,1
DX				0	20,52	245,02	469,98	677,85	1.018,76	2.182,54	4.614,68	5,0
MG	0,05		221,16	258,45	273,33	327,46	349,19	415,1	1.852,90	6.357,06	10.054,71	11,0
MR	257,77	285,79	294,3	519,05	573,05	631,92	717,7	1.001,65	1.708,21	3.945,48	9.934,91	10,8
NM	2,93	3,45	2,96	2,88	2,83	5,21	7,88	8,15	5,59	9,97	51,85	0,1
OT		0,02	0,85	1,41	1,16	0,09	2,25	4,42	0,75	0,42	11,37	0,0
RF	82,71	74,72	73,6	83,71	70,61	93,52	138,97	243,69	297,4	649,09	1.808,02	2,0
SR	0,03	0,08	0,07	0,35	0,09	0,2	0,08	0,61	0,03	0	1,55	0,0
US	165,23	371,2	534,78	751,87	655,82	630,14	700,82	746,75	966,37	1.809,49	7.332,47	8,0
XA	46,32	43,86	378,45	388,49	313,19	504,03	306,01	250,77	274,27	386,74	2.892,13	3,2
Total	3.334,45	4.278,40	5.200,40	5.550,73	5.686,35	6.135,56	7.056,76	8.844,29	14.952,34	30.800,79	91.840,08	100,0

Tabla 4 Relación entre archivo total y CT

CT Anual		Acumulado		Total	Acumulado	% CT
2005	1.849,39	1.849,39	2005	3.334,45	3.334,45	55,5
2006	2.069,48	3.918,87	2006	4.278,40	7.612,85	51,5
2007	2.252,76	6.171,63	2007	5.200,40	12.813,25	48,2
2008	2.174,19	8.345,81	2008	5.550,73	18.363,98	45,5
2009	2.494,66	10.840,47	2009	5.686,35	24.050,33	45,1
2010	2.875,51	13.715,98	2010	6.135,56	30.185,89	45,4
2011	3.812,99	17.528,97	2011	7.056,76	37.242,65	47,1
2012	5.097,72	22.626,70	2012	8.844,32	46.086,97	49,1
2013	8.365,14	30.991,83	2013	14.952,34	61.039,31	50,8
2014	15.015,57	46.007,40	2014	30.800,79	91.840,10	50,1

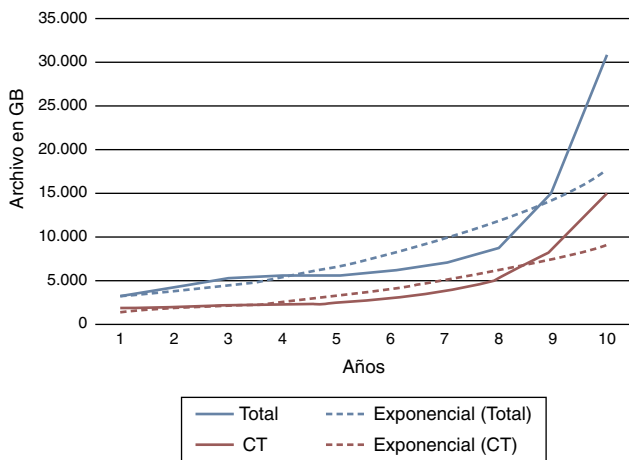


Figura 4 Nos muestra comparativamente el crecimiento del archivo total del PACS y la evolución del archivo de las imágenes de CT, ambas con un crecimiento exponencial.

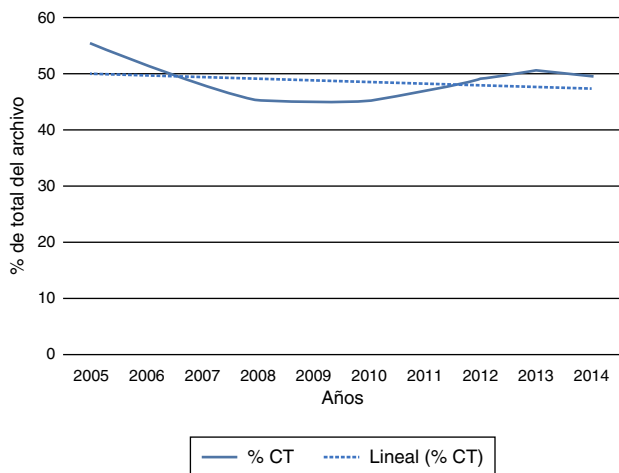


Figura 5 Permite observar cómo porcentualmente la CT muestra una evolución lineal respecto al total del archivo que en promedio es del 50%.

tipos de estudios, al poder realizar cortes más finos (de 10 a 0,7 mm), múltiples fases vasculares y series de post-proceso en distintos algoritmos de reconstrucción para el análisis de la información. Otra causa no considerada es el aumento de estudios cardíacos, angiográficos con múltiples fases y reprocesos con distintos algoritmos de reconstrucción,

lo que lleva a un número creciente de imágenes por cada examen que son archivadas en el PACS⁵.

Sin embargo, al analizar la evolución del peso del archivo, esperábamos un aumento más significativo en los últimos años, pero la importancia relativa de la tomografía se mantiene en un valor promedio cercano al 50%. Creemos que las causas son variadas, pero entre ellas podemos describir el aumento significativo también en los últimos 5 años de la importancia de la resonancia magnética (RM), que igualmente es un estudio con múltiples secuencias y gran número de imágenes, a pesar de que el peso de cada una de sus imágenes no supera los 512 Kb. También ha existido un aumento sostenido de la mamografía digital (MG), que tiene un muy bajo impacto en el número de imágenes (de 4 a 6 por estudio), pero no así en el peso de los estudios, que es aproximadamente de 250 a 300 Mb por cada uno y que con el uso de la tomosíntesis tiene un nuevo efecto en el peso total del estudio. El cambio de la CR por estudios de radiología digital directa ha llevado a un aumento del peso de cada imagen, pasando de los 20-30 Mb a los 60-80 Mb, cambio que es significativo cuando representa cerca del 45-50% de los exámenes que se envían al PACS.

Cuando se planificó la implementación del PACS, se estimaron los valores de los *cache* de imágenes y los tamaños de los sistemas de archivo. Nuestro sistema comenzó con un *cache on line* de 5 TB y un archivo *near line* de 32 TB para 5 años.

El *cache on line* se estimó para la disponibilidad de un año del total de estudios a 5 años; sin embargo, en el tercer año (2007) se alcanzó la producción de 5 TB/año, llegando a los 6,89 TB/año en el 2011, con lo cual la disponibilidad *on line* bajó de un año a 7,5 meses. Esto se corrigió el año 2012, aumentando el *cache on line* a 10 TB, pero esto nuevamente fue superado el 2013 con una producción de 14,6 TB/año y el 2014 con 30,08 TB/año, con lo que a pesar de su aumento este ha estado bajo el crecimiento real, ya que fue proyectado sobre el crecimiento de los estudios, pero no sobre el crecimiento de la cantidad de imágenes archivadas. Así, hoy el *cache on line* actual permite solo contar con las imágenes en línea por cerca de 4 meses. Esta dificultad de no contar con un *cache on line* dimensionado adecuadamente, finalmente va a afectar a los usuarios finales, ya sean el radiólogo o el clínico, ya que cuando requieran ver estudios previos que no se encuentren en el *cache on line*, deberán esperar su recuperación desde el archivo a largo plazo, lo que puede tomar desde algunos

segundos hasta varios minutos, dependiendo de la demanda por *retrieve* de estudios sobre la plataforma.

Del archivo total, se dimensionó un archivo inicial de 16 TB a 5 años, el que realmente fue de 23,49 TB, por lo que se debió aumentar antes del tiempo previsto el archivo en 64 TB más, llegando a un total de 80 TB, que nuevamente el año 2013 debió ser redimensionado.

No ha sido posible comparar nuestros resultados con otros estudios, ya que no existen estudios similares publicados, por lo que creemos que este estudio puede ser de importancia para generar un análisis adecuado de la implementación de estos sistemas PACS y un punto de discusión en las implementaciones nacionales.

Conclusiones

Este estudio ha permitido demostrar el peso e importancia de las imágenes de tomografía computarizada en la plataforma RIS PACS y cómo un adecuado dimensionamiento pudiera evitar demoras en la disponibilidad de los estudios.

Para futuros estudios se podrían evaluar medidas de contención del impacto del crecimiento del archivo, como archivar series de espesor de corte mayor para tomografía computarizada, sistemas de compresión sin pérdida en el *cache on line* y con pérdida en el archivo *near line*.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación

Esta investigación no ha recibido ningún tipo de financiación para su realización.

Conflicto de intereses

Esta investigación declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses directos ni indirectos.

Bibliografía

1. Siegel E. Radiology's future in big data. *Radiology Today*. 2014;15:22.
2. Dreyer K, Hirschorn D, Thrall J, Mehta A, editores. *PACS: A guide to the digital revolution*. 2nd ed. New York: Springer; 2006.
3. Huang H. *PACS and imaging informatics: Basic principles and applications*. New Jersey: A John Wiley & Sons INC Publication; 2004.
4. Branstetter B, editor. *Practical imaging informatics*. New York: Springer; 2009.
5. Rydberg J, Buckwalter K, Caldemeyer K, Phillips M, Conces D, Aisen A, et al. Multisection CT: Scanning techniques and clinical applications. *Radiographics*. 2000;20:1787-806.
6. Yoshinobu T, Abe K, Sasaki Y, Tabei M, Tanaka S, Takahashi M, et al. Data management solution for large-volume computed tomography in an existing picture archiving and communication system (PACS). *J Digit Imaging*. 2011;24:107-13.