

Changements des pratiques radiologiques induites par l'implantation d'un réseau images en milieu hospitalo-universitaire

F Lefèvre (1), A Blum (2), S Bracard (3), D Régent (4), J Stines (5), F Guillemin (6), J Felblinger (7) et M Claudon (1)

Abstract

Impact of PACS implementation in a university center on radiology practice profile

J Radiol 2009;90:1046-54

Purpose. To determine the impact of a joint PACS implementation at a university medical center and cancer center on the radiology practice profile.

Materials and methods. In 5 radiology sections, patients, selected based on identifiable acute or chronic diseases, underwent US, CT or MRI. Data were collected on datasheets from each provider with regards to clinical history, availability of prior examinations, description of patient management during the different phases of the examination, duration of examinations, and satisfaction. Data obtained prior to PACS implementation and 6-12 months and 30-36 months after implementation were compared.

Results. A total of 1098 datasheets were collected. Hard copy readings rapidly decreased. Comparison with prior examinations improved (+20.6% to 25.6%) as well as frequency of post-processing (+29%). The time required for image management was much more reduced for technologists (-75%) than for physicians (-23%). PACS implementation only temporarily improved the availability of radiology reports and the distribution of work between senior and junior radiologists. User satisfaction, initially high, progressively decreased due to saturation of the archival capabilities.

Conclusion. PACS implementation in a large university center improves the efficiency of image acquisition but does not solve some of the inefficiencies of hospital organization.

Key words: Evaluation study. Radiology information system. Hospital information system. Radiology. Efficiency.

Résumé

Objectif. Évaluer les modifications de pratique radiologiques induites par l'implantation conjointe d'un réseau images dans un centre hospitalo-universitaire et un centre anticancéreux.

Matériel et méthodes. Dans cinq services de radiologie, les patients, sélectionnés selon des pathologies traceuses aiguës ou chroniques, ont été explorés par US, CT ou IRM. Recueillis par chaque professionnel sur des formulaires, les données concernaient principalement l'histoire clinique, les antécédents consultables, la description des différentes phases de prise en charge du patient au cours de son examen, des mesures de temps et des enquêtes de satisfaction. Les données obtenues, avant, puis 6-12 et 30-36 mois après PACS, ont été comparées.

Résultats. Mille quatre-vingt-dix-huit formulaires ont été exploités. La lecture sur film a régressé très rapidement. La consultation des antécédents s'est accrue (+ 20,6 % à 25,6 %) ainsi que la fréquence du post-traitement (+ 29 %). La diminution du temps de gestion des images a plus été marquée pour les manipulateurs (- 75 %) que pour les médecins (- 23 %). L'implémentation du PACS n'a que transitoirement amélioré la mise à disposition des comptes-rendus, et modifié la répartition des tâches entre juniors et seniors. La satisfaction des utilisateurs, initialement élevée, s'est ensuite dégradée en raison d'une saturation des capacités d'archivage.

Conclusion. L'implantation d'un PACS dans de gros centres hospitalo-universitaires améliore l'efficacité de réalisation des examens, mais ne corrige pas certains défauts liés à l'organisation hospitalière.

Mots-clés : Études d'évaluation comme sujet. Système information radiologie. Système communication hôpital. Radiologie. Efficacité, fonctionnement.

Depuis les 15 dernières années, il existe une inflation rapide et continue de la production des images

médicales. Cette inflation quantitative et qualitative a des conséquences concrètes sur la pratique médicale pour le radiologue comme pour le clinicien, avec des difficultés pour consulter la totalité des images d'un examen ou de plusieurs examens d'un même patient, et des contraintes croissantes sur la gestion des archives centrales des établissements. Une réponse technologique à ces problèmes a été le développement de réseaux images (ou PACS en anglais : *Picture Archiving and Communicating System*), qui permettent d'archiver les images dès leur production, sous forme numérique en standard DICOM-3, puis de les faire circuler dans les services concernés (services d'imagerie et services cliniques, voire établisse-

ments extérieurs). Cette gestion nouvelle des images médicales doit s'articuler avec les autres systèmes d'information de l'établissement, en premier lieu le Système d'Information Radiologique (SIR), et en général à travers lui avec le Système d'Information Hospitalier (SIH) qui organise la gestion médico-administrative du malade. Les premiers projets de PACS ont été réalisés il y a plus de 15 ans sur différents sites, aux États-Unis, Japon et en Europe, avec souvent des résultats partiels, mais encourageants (1, 2). L'évaluation des PACS a été principalement orientée vers les performances économiques (retour sur l'investissement, évaluation de la maintenance ou de l'évolution du système...), et techniques des

(1) Service de Radiologie, Hôpital d'Enfants, CHU de Nancy, allée du Morvan, 54511 Vandœuvre Cedex. (2) Service de Radiologie Guilloz, Hôpital Central, CHU de Nancy, 29, avenue du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, 54035 Nancy Cedex. (3) Service de Neuro-radiologie, Hôpital Central, CHU de Nancy, 29, avenue du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny, 54035 Nancy Cedex. (4) Service de Radiologie, Hôpital de Brabois, CHU de Nancy, allée du Morvan, 54511 Vandœuvre Cedex. (5) Service de Radiologie, Centre Alexis-Vantrien, allée du Morvan, 54511 Vandœuvre Cedex. (6) INSERM, CIC-EC CIE6, Nancy et Épidémiologie et Évaluation Cliniques, CHU de Nancy, allée du Morvan, 54511 Vandœuvre Cedex. (7) Imagerie Adaptative Diagnostique et Interventionnelle, ERI 13, UHP, INSERM (U947), CIC-IT 801, Hôpital de Brabois, CHU de Nancy, allée du Morvan, 54511 Vandœuvre Cedex.
Correspondance : M Claudon
E-mail : m.claudon@chu-nancy.fr

systèmes (évaluation du temps de réponse, de la sécurité de l'information, de la gestion des accès, des conséquences des pannes et du fonctionnement en mode dégradé, de l'archivage...). Plus rarement, cette évaluation a intéressé les modifications de pratique médicale engendrées au déploiement d'un PACS et seulement pour des applications très spécifiques (1, 2).

L'objectif de cette étude prospective, bi-centrique, menée dans le cadre d'un PHRC régional, était de mesurer l'impact sur les pratiques radiologiques de l'implantation d'un système PACS sur un centre hospitalo-universitaire et un centre de lutte contre le cancer, associé dans un même appel d'offres.

Méthodes

Projet PACS des deux établissements

Le projet d'implanter un réseau d'archivage et de transfert des images médicales a été décidé par le Directeur Général du CHU, en octobre 2000, aboutissant à un appel d'offres par dialogue compétitif, auquel s'est joint le centre régional de lutte contre le cancer. L'industriel a été retenu en juillet 2002 (IMPAX 4.5, AGFA, Mortsel, Belgique). Le déploiement du projet a été organisé en trois étapes, s'étendant de mars 2003 à juin 2006, intéressant les cinq services de radiologie (4 au CHU et 1 au CRLCC) puis l'ensemble des services cliniques du CHU et du CRLCC (fig. 1) :

- *phase 1 (mars 2003 – octobre 2003)* : organisation de l'archivage, interfaçage avec les logiciels des SIH et SIR ; dans les Services d'Imagerie, formation des personnels, connexion des unités Scanner et IRM, déploiement des consoles diagnostiques et des consoles de visualisation ;
- *phase 2 (janvier 2004 – juin 2004)* : dans les Services d'Imagerie : connexion des installations de radiologie standard, des échographes, et salles d'angiographie ; au niveau de chacun des deux établissements : diffusion des images dans des services cliniques pilotes, déploiement des consoles de visualisation additionnelles ;
- *phase 3 (septembre 2004 – juin 2006)* : extension de la diffusion des images à l'ensemble des services cliniques.

Méthodologie de recueil des données

Le principe général choisi pour évaluer les modifications de pratique médicale induites par l'installation du système PACS a été basé sur l'utilisation de « pathologie traceuse » ou de « situations cliniques traceuses » que doit prendre en charge chaque plateau technique. Ce principe s'appuie sur une réflexion menée il y a quelques années entre médecins et enseignants de santé publique, relative aux méthodes d'analyse qualitative d'un réseau de soins, et utilisables dans le contexte français (3, 4). Les situations traceuses ont été conçues comme problèmes de santé identifiables, permettant d'apporter un éclairage sur le fonctionnement d'un système de soins, en termes de filières et de réseaux. Ce type d'approche a déjà été utilisé dans plusieurs études d'évaluation de PACS, mais dans des domaines d'application limitée à un seul champ clinique : prise en charge de patients admis dans le cadre d'une urgence traumatologique (5-8), ou placés en réanimation (9-16).

Dans la présente étude, deux grands types de situations cliniques ont été retenus pour l'ensemble des services de radiologie, avec pour chacun – sauf celui du CRLCC – une dans le cadre de l'urgence (douleurs abdominales ou hémorragie cérébrale) et une dans le cadre de l'activité programmée (oncologie ou sciatalgie). Dans chaque cas, le choix de la pathologie traceuse a été motivé par : une grande fréquence de cas observés dans le service d'imagerie ; le caractère structurant de cette pathologie pour le service, résultant d'une pratique commune, éventuellement encadrée par des références ou un protocole de prise en charge. Les techniques d'imagerie incluses dans l'étude ont été le scanner, l'IRM et

l'échographie. Cette approche, n'interférant pas directement avec la prise en charge du patient, n'entraîne pas dans le cadre des lois bioéthiques. Le protocole a obtenu l'autorisation de la CNIL.

Une comparaison entre le fonctionnement observé avant et celui noté 6 et 24 mois après l'implantation du PACS a été choisie pour évaluer les modifications de pratiques à court et long terme, à la différence de la plupart des études qui ne les ont évalués qu'à court terme (1, 9, 15-24). Le calendrier de l'évaluation médicale a donc été calqué sur celui du déploiement du PACS, ce qui a amené à distinguer trois phases à l'étude, étalées sur une durée totale de quatre ans (2003 à fin 2006) (fig. 1) :

- *phase 1* : étude pré PACS ;
- *phase 2* : évaluation post PACS à court terme (6 à 12 mois) ;
- *phase 3* : évaluation post PACS à long terme (30 à 36 mois).

Chaque phase de l'étude a compris trois types d'enquêtes complémentaires : une enquête, recueillant les données au cours des différentes étapes successives de la prise en charge des pathologies cliniques traceuses : accueil du patient, réalisation de l'examen, lecture et relecture des images, réalisation puis validation du compte rendu, et archivage des images. Cette enquête prospective, menée par service de façon consécutive et déclarative, a été complétée sur une fiche de suivi par chaque acteur intervenant dans la prise en charge du patient (manipulateur, médecin junior et radiologue senior). Parmi les items recueillis, le type d'examen et le nombre d'images disponibles ont été enregistrés pour chaque phase, permettant notamment de suivre l'évolution du nombre d'images produites en cours d'étude. Durant la lecture ou la relecture

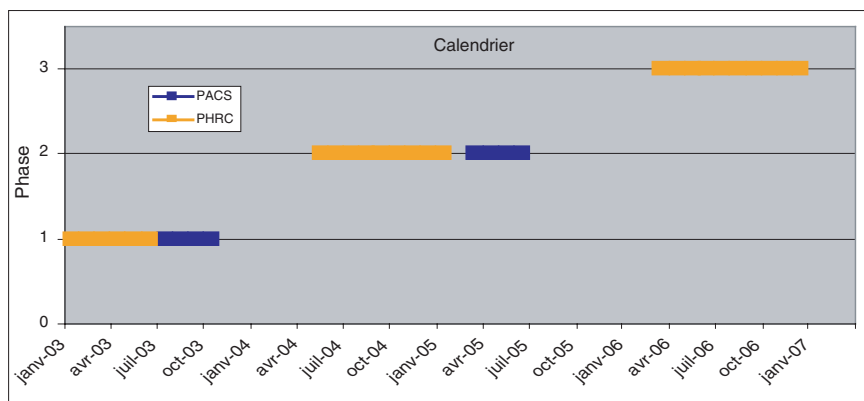


Fig. 1 : Calendrier des trois phases de l'étude et de l'installation du PACS dans l'établissement.

des examens, chaque acteur a noté le support d'analyse des images (film, écran ou les deux) et a enregistré la nature des actions menées sur les images (sélection des images afin de réaliser une série résumée, réalisation d'une mesure ou d'une annotation, post-traitement des images à type de reconstruction MPR, MIP, ...) et la durée de la procédure de lecture ou relecture (incluant envoi vers une modalité, gravure de CD rom, manipulations des images, réalisation des post-traitements, des mesures, de la série résumée). La consultation des antériorités du patient a été enregistrée, ainsi que leur type : comptes rendus, images sur film et/ou images sur support numérique (CD et PACS). Dans le contexte universitaire des deux structures, la répartition du travail entre junior et senior, élément fort de la formation et de l'accompagnement des jeunes médecins, a été notée. En pratique la lecture initiale peut être faite par un junior seul ou en commun par un junior et un senior. Dans le premier cas, une relecture différée est obligatoirement pratiquée par le senior. Enfin, la durée de mise à disposition de 90 % des comptes rendus, validés, a été calculée à partir des données temporelles déclarées pour chaque étape et pour chaque service d'imagerie.

- *des mesures de temps* évaluant, par chronométrage par un observateur tiers (assistant de recherche clinique ou un radiologue indépendant), la durée de lecture et de relecture des examens d'imagerie réalisés dans les situations cliniques traceuses choisies par chaque service ;

- *une enquête de satisfaction*, sous forme d'un questionnaire (questions et échelle graphique de satisfaction en cinq classes : très mauvais, mauvais, moyen, bon, très bon) permettant à chaque acteur de donner son avis sur plusieurs champs professionnels comme la qualité des outils mis à

disposition pour la lecture des examens, l'influence des outils sur les pratiques professionnelles et l'incidence sur la qualité de prise en charge du patient. Un accent particulier a été porté sur la qualité de la visualisation des images et de leur post-traitement (outils 2D/3D), l'accès aux examens récents (moins de trois mois), et aux antériorités (au-delà de trois mois). Pour finir, cette enquête a mesuré le ressenti des acteurs lors de la collaboration au sein des équipes des services d'imagerie et avec les cliniciens prenant en charge les patients.

L'exploitation des données

Les données ont été décrites par leur médiane, leur moyenne et leur variance (variables quantitatives) et leur proportion (variables qualitatives). La comparaison des groupes a utilisé des analyses de variance et des tests de Student (variables quantitatives), et des tests de Chi² et des exacts de Fisher (variables qualitatives binaires, ordinales, et en classes). Des tendances au cours du temps ont été explorées par test non-paramétriques. Lorsque des comparaisons deux à deux entre plusieurs sous-groupes non indépendants ont été effectuées, une procédure de Bonferroni a été appliquée pour préserver le

seuil global de signification à 5 %. Les délais de survenue d'un évènement (mise à disposition des comptes rendus) ont été étudiés par courbe de Kaplan-Meier et comparés par test du log-rank.

Résultats

Recueil des données

Durant les trois phases de l'étude, il a été recueilli 1 083 fiches de suivi de « pathologie traceuse » (441 en phase 1, 411 en phase 2 et 231 en phase 3), 362 enquêtes de satisfaction (152 en phase 1, 120 en phase 2 et 90 en phase 3) et 741 mesures de temps (382 en phase 1, 255 en phase 2 et 104 en phase 3) (*tableau I*). Le nombre de données recueillies en phase 3 a été plus faible car la mise en place du PACS, retardée pour des raisons techniques et de complexité du site, a imposé de limiter l'enquête à trois services d'imagerie sur cinq.

Nombre d'images produites par type d'examen

Le nombre d'images produites est en très forte augmentation (*tableau II*) en cours

Tableau I
Nombre d'enquêtes recueillies dans les cinq services de radiologie au cours des trois phases de l'étude.

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Total
Fiche de suivi	441	411	231	1 083
<i>Dont pathologie traceuse chronique</i>	229 (51,9 %)	237 (57,7 %)	147 (63,6 %)	613 (56,6 %)
<i>Dont pathologie traceuse aiguë</i>	212 (48,1 %)	174 (42,3 %)	84 (36,4 %)	470 (43,4 %)
Enquête de satisfaction	152	120	90	362
Mesure de temps	382	255	104	741

Tableau II
Nombre d'images produites par type d'examen en cours des trois phases de l'étude (analyse statistique : test de Fisher).

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	p
		n = 441	n = 411	n = 231	
Global	n	427	385	216	< 0,001
	Moyenne ± écart-type	300,5 ± 359,7	450,7 ± 484,9	1 088 ± 775,8	
Scanner	n	312	252	146	< 0,001
	Moyenne ± écart-type	393,0 ± 378,8	601,6 ± 506,4	1 446 ± 616,6	
IRM	n	47	85	35	< 0,001
	Moyenne ± écart-type	102,6 ± 90,2	249,8 ± 301,2	668,3 ± 517,7	
Écho	n	68	48	35	0,289
	Moyenne ± écart-type	13,3 ± 4,1	14,5 ± 6,0	15,0 ± 7,2	

d'étude pour les examens scanographiques et IRM, mais reste stable pour l'échographie. Il n'y a pas eu de politique de sélection des images envoyées vers le PACS durant la durée de l'étude. L'examen scanner reste l'examen qui produit le plus d'images avec 1446 images en moyenne produites en phase 3, soit un coefficient de multiplication de 3,5 en 4 ans. Toutefois l'IRM prend une place significative avec une moyenne de 668 images envoyées vers le PACS lors de la dernière étape de l'étude, ce qui correspond à une multiplication par 6,5 au cours de l'étude.

Support de lecture des images

Lors de la mise en place du PACS, la lecture des images sur film a régressé très vite pour quasiment disparaître lors de la phase 3. Il faut remarquer que la lecture sur écran (stations dédiées) était déjà utilisée avant déploiement du PACS dans 42 % des examens lors de la lecture et de 55 % en relecture (*tableau III*).

Répartition travail entre junior et senior

Avant l'installation du système d'archivage, 56 % des examens étaient lus initialement par un junior seul. Lors de la mise en place du PACS, la participation des seniors à la lecture initiale est majorée passant de 35 à 43 %, mais elle est revenue à son état initial sur le suivi à long terme (*tableau IV*).

Consultations des antériorités

La consultation d'au moins une antériorité (images et/ou compte rendu) s'est significativement accrue au cours de

Tableau III
Support de la lecture et de relecture des examens d'imagerie en fonction des phases de l'étude (résultats exprimés en effectifs et pourcentages ; analyse statistique : χ^2).

	Phase 1 n = 441	Phase 2 n = 411	Phase 3 n = 231	p
<i>Lecture</i>				
Écran	181 (42,0 %)	371 (95,9 %)	230 (100,0 %)	< 0,001
Film	98 (22,7 %)	3 (0,8 %)	0 (0,0 %)	< 0,001
Les deux	152 (35,3 %)	13 (3,4 %)	0 (0,0 %)	< 0,001
<i>Relecture</i>				
Écran	114 (55,3 %)	139 (97,9 %)	118 (100,0 %)	< 0,001
Film	72 (35,0 %)	3 (2,1 %)	0 (0,0 %)	
Les deux	20 (9,7 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	

Tableau IV
Place des radiologues juniors et seniors dans la lecture initiale des examens (résultats exprimés en effectif et pourcentages ; analyse statistique : χ^2).

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	p
Junior	244 (56,0 %)	161 (39,2 %)	140 (61,9 %)	< 0,001
Senior	154 (35,3 %)	180 (43,8 %)	76 (33,6 %)	< 0,001
Les deux	38 (8,7 %)	70 (17,0 %)	10 (4,4 %)	0,090

l'étude, avec un gain de 20,6 % en lecture et de 25,6 % en relecture par rapport à la phase pré-PACS. Cette modification des pratiques, plus progressive que l'abandon du film, se confirme un an après l'installation, pour concerner près de trois examens sur quatre à la lecture initiale sans modification du profil de recrutement des patients (*tableau V*). Cette augmentation a en fait suivi le chargement de la mémoire du système, d'autant qu'il avait été décidé de ne pas procéder à un rapatriement systématique d'images antérieures.

Post-traitement

Le post-traitement des images a été en constante augmentation durant l'étude pour la lecture avec une augmentation de 29 % en phase 3 (*tableau VI*). En revanche, le taux de post-traitement est resté stable et bas (< 10 %) lors de la relecture.

Temps de gestion d'un examen

La durée des actions sur les images de trois acteurs clés (manipulateur, médecin lors de la lecture initiale et médecin lors de la relecture lorsqu'elle avait lieu) dans la

Tableau V
Évolution de la fréquence de consultation des antériorités (comptes rendus et images antérieures) (résultats exprimés en nombres et pourcentages ; analyse statistique : χ^2).

Document consulté	Phase 1	Phase 2	Phase 3	p
<i>Lecture</i>				
Au moins 1	232 (52,6 %)	262 (63,7 %)	169 (73,2 %)	< 0,001
Au moins 1 CR	175 (39,7 %)	201 (48,9 %)	145 (62,8 %)	< 0,001
Au moins 1 film	174 (39,5 %)	49 (11,9 %)	6 (2,6 %)	< 0,001
Au moins 1 image numérique	33 (7,5 %)	217 (52,8 %)	162 (70,1 %)	< 0,001
<i>Relecture</i>				
Au moins 1	61 (13,8 %)	80 (19,5 %)	91 (39,4 %)	< 0,001
Au moins 1 CR	43 (9,8 %)	51 (12,4 %)	79 (34,2 %)	< 0,001
Au moins 1 film	46 (10,4 %)	6 (1,5 %)	0 (0,0 %)	< 0,001
Au moins 1 image numérique	14 (3,2 %)	71 (17,3 %)	89 (38,5 %)	< 0,001

Tableau VI
 Évolution du post-traitement des images en lecture et en relecture (résultats exprimés en nombres et pourcentages ; analyse statistique : χ^2).

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	p
	n = 441	n = 411	n = 231	
<i>Lecture</i>	178 (40,4 %)	244 (59,4 %)	160 (69,3 %)	< 0,001
Dont un traitement d'images	107 (24,3 %)	154 (37,5 %)	74 (32 %)	< 0,001
<i>Relecture</i>	32 (7,3 %)	25 (6,1 %)	14 (6,1 %)	0,742
Dont un traitement d'images	2 (0,5 %)	1 (0,2 %)	1 (0,4 %)	

réalisation des examens d'imagerie a été chronométrée tout au long des trois phases de l'étude (*tableau VII*). La diminution du temps de gestion des images est maximale pour les manipulateurs, passant de 8 à

2 minutes soit un gain de plus de 6 minutes (75 %). Pour le radiologue, lors de la lecture initiale, le gain est de 5 minutes sur une durée initiale de 22 minutes (23 %). En revanche lors de la relecture, il n'y a une

légère décroissance en phase 2 qui n'est pas confirmée en phase 3.

Durée de mise à disposition du compte rendu

Le seuil de 90 % de comptes rendus validés a été retenu pour confronter les pratiques de chaque unité d'imagerie. Globalement, la durée de mise à disposition des comptes rendus a été améliorée avec une durée raccourcie de 8 jours. Toutefois, il existe une très grande disparité de pratique entre services (*tableau VIII*), il existe deux groupes, un premier comprenant trois services validant les comptes rendus dans les 3 jours, alors que le second formé par deux services pour lesquels cette validation est tardive et dépasse 9 jours.

Tableau VII

Mesure du temps consacré à la gestion d'un examen de scanner (résultats exprimés en minutes et écart-type ; analyse statistique : test de Fisher).

		Phase 1	Phase 2	Phase 3	p
		n = 441	n = 411	n = 231	
Manipulateur	n	303	192	143	
	mean (std)	8,03 (\pm 8,49)	5,36 (\pm 8,09)	1,92 (\pm 2,77)	< 0,001
Médecin en lecture	n	310	249	144	
	mean (std)	22,25 (\pm 13,63)	16,79 (\pm 10,72)	18,90 (\pm 6,76)	< 0,001
Médecin en relecture	n	180	114	113	
	mean (std)	10,73 (\pm 5,421)	9,28 (\pm 4,77)	11,04 (\pm 5,53)	0,025

mean : moyenne ; std : écart-type

Tableau VIII

Temps de mise à disposition moyen et pour 90 % des comptes rendus (en jours).

		Phase 1	Phase 2	Phase 3
		n = 441	n = 411	n = 231
Globale	n	440	405	227
	mean (std)	5,94 (8,442)	4,00 (5,305)	4,71 (5,670)
	90 % des CR	19,7	11,8	10,4
Service A	n	110	96	77
	mean (std)	1,06 (2,055)	0,63 (1,056)	1,59 (4,674)
	90 % des CR	4,8	1,7	3,6
Service B	n	112	90	113
	mean (std)	5,09 (4,431)	6,00 (3,485)	7,89 (5,403)
	90 % des CR	9,0	11,1	14,0
Service C	n	67	93	*
	mean (std)	2,75 (3,546)	1,46 (2,466)	
	90 % des CR	6,0	3,7	
Service D	n	86	74	*
	mean (std)	19,65 (8,761)	11,35 (6,434)	
	90 % des CR	32,0	21,7	
Service E	n	65	52	37
	mean (std)	0,80 (0,669)	0,87 (1,031)	1,51 (1,367)
	90 % des CR	1,9	2,0	3,0

* : Pas d'évaluation réalisée en phase 3 ; mean : moyenne ; std : écart-type

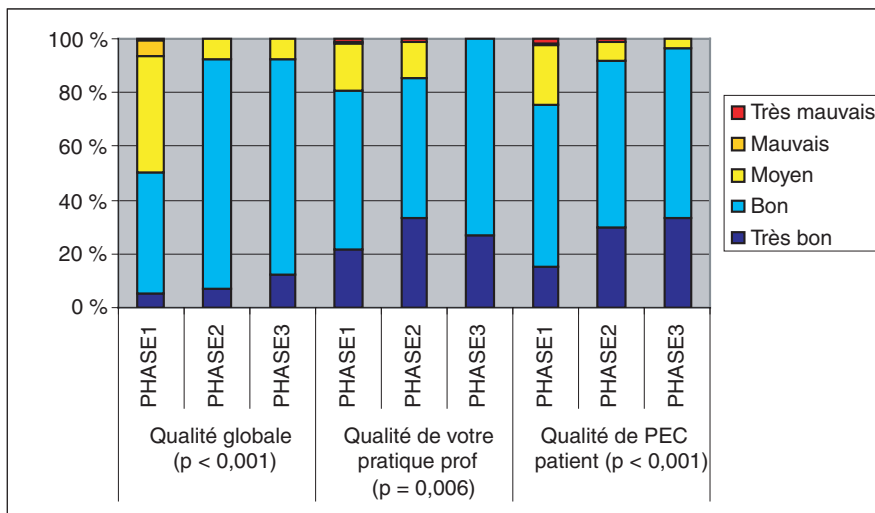


Fig. 2 : Résultat de l'enquête de satisfaction sur trois items généraux (évaluer la qualité de : votre outils de travail, votre pratique professionnelle, de la prise en charge du patient) (JT : Jonckheere-Terpstra test ; test bilatéral : effet des phases sur les notes).

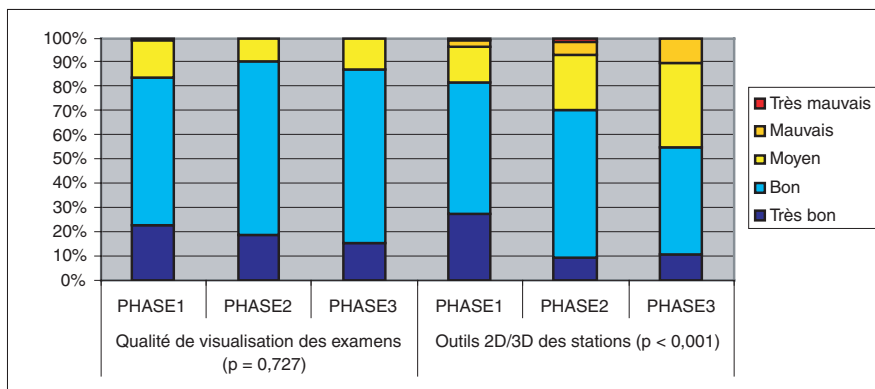


Fig. 3 : Résultats de l'enquête de satisfaction sur les items : évaluer la qualité des outils 2D/3D des consoles de visualisations et qualité de visualisation des examens (JT : Jonckheere-Terpstra test ; test bilatéral : effet des phases sur les notes).

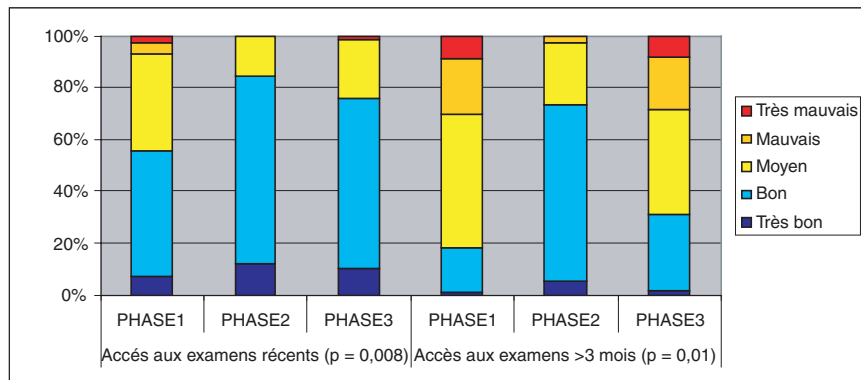


Fig. 4 : Résultats de l'enquête de satisfaction sur les items : évaluer le temps d'accès aux examens récents (mois de trois mois) et aux examens anciens (plus de trois mois) (JT : Jonckheere-Terpstra test ; test bilatéral : effet des phases sur les notes).

Enquête de satisfaction

L'enquête de satisfaction a montré une augmentation de la satisfaction après l'installation du PACS sur plusieurs champs professionnels comme la qualité des outils mis à disposition lors des étapes de l'étude, l'évaluation de pratique et sur la qualité de prise en charge du patient (fig. 2). Il n'en est pas de même pour l'appréciation de la qualité de la visualisation des images qui est restée stable alors que le post-traitement a été jugé moins bon avec les outils installés sur les consoles PACS (fig. 3). L'accessibilité aux images a été appréciée très favorablement après l'installation du PACS (phase 2), il existe une dégradation du ressenti lors de la phase 3, en particulier sur les examens de plus de 3 mois (fig. 4). La collaboration entre les acteurs de prise en charge du patient a été aussi améliorée mais dans des proportions moindres, il existe seulement 60 %, en phase 3, de satisfaction des relations avec les services cliniques (fig. 5).

Discussion

Méthodologie fondée sur le suivi de pathologies traceuses

L'intérêt principal de cette étude réside dans la méthodologie prospective employée qui a permis de suivre les modifications des pratiques médicales en imagerie sur presque 4 ans, avant et après mise en place d'un PACS. L'étude fine des changements induits se heurte aux organisations fonctionnelles existant dans les services de radiologie, très différentes, et adaptées à chaque environnement clinique. Le choix des pathologies traceuses permet de s'affranchir de cette difficulté en s'adoptant à des situations cliniques fréquentes, propres à chaque service, l'étude a privilégié l'imagerie en coupe au détriment de l'imagerie par projection du fait du choix des situations cliniques traceuses. L'étude devait durer 3 années, mais l'implantation du PACS dans l'institution s'est étalée par rapport au calendrier initial d'un an, en raison de la complexité du système et de la taille de l'hôpital. Cet étalement est une des raisons pour laquelle l'étude de phase 3 n'a pu être menée à bien que dans trois services sur cinq. Au cours de ces 4 ans, le nombre d'images produites par examen a augmenté, suivant les évolutions technologiques des matériels.

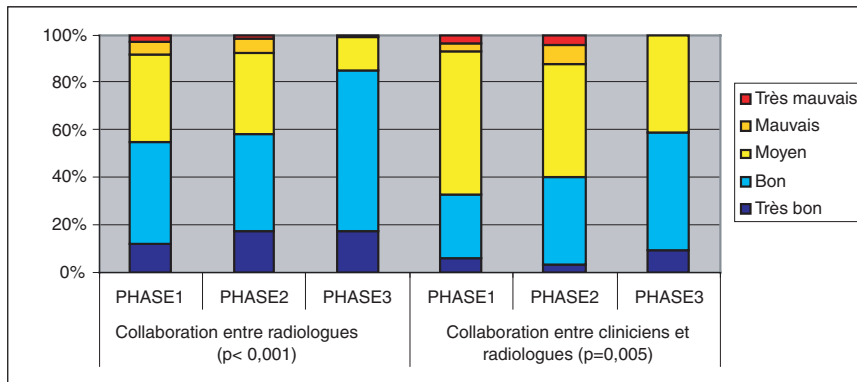


Fig. 5 : Résultats de l'enquête de satisfaction sur l'appréciation de la collaboration entre radiologues et cliniciens-radiologues durant les différentes phases de l'étude (JT : Jonckheere-Terpstra test, test bilatéral : effet des phases sur les notes).

Cette tendance, déjà perceptible avant l'installation du PACS, est principalement due à l'introduction des scanners multicanaux.

Support de lecture des examens

Si 42 % des examens en lecture et 55 % en relecture étaient déjà interprétés par les radiologues sur les consoles de traitement d'images associées aux modalités d'imagerie en coupe, le PACS a provoqué une accélération de la lecture électronique avec une quasi-disparition du film observé après 3 mois d'utilisation, et confirmée dix huit mois après (tableau III) (12, 13, 19, 25-32). Cette mutation s'est réalisée avec l'accord des acteurs comme le montre l'enquête de satisfaction (fig. 2), mais elle a été accompagnée tout au long de l'implantation du PACS par des formations organisées sur site, un suivi du système par les référents désignés dans chaque service (manipulateurs, informaticien), une réorganisation des salles de lecture (disparition des négatoscopes, création de postes de travail individuels adaptés à la lecture sur écrans). Le même accompagnement s'est fait pour les services cliniques et la diffusion des images a été ensuite progressivement organisée sur l'ensemble de l'institution, le CHU de Nancy étant devenu un hôpital sans film en juin 2006 (18, 22, 27, 31, 33, 34).

Évolution du post-traitement des images

Le support numérique des images permet de les post-traiter et d'y apporter aisément des modifications, des annotations. Les consoles de lecture PACS ont été choisies

pour permettre mesures et annotations mais aussi pour pouvoir réaliser des post-traitements simples comme des MPR ou des MIP. Les outils de post-traitement, indispensables lors de la lecture des examens d'imagerie en coupes, devraient être intégrés aux consoles PACS même si l'ergonomie et la puissance de calcul ne peuvent pas rivaliser avec des consoles de post-traitement dédiées. De plus, l'apparition récente des serveurs 3D intégrés à un PACS permettent de mettre à disposition des médecins des fonctions 3D avancées sur leur console de travail (35-38).

La sélection d'image (tableau IV) n'est pas devenue une routine puisque moins d'un tiers des examens, en majorité scannographiques et IRM, en bénéficie en phase 3. Deux éléments peuvent l'expliquer : les outils mis à disposition sur les consoles PACS ne sont probablement pas optimaux, les utilisateurs les notant plus sévèrement que les stations de travail installées avant le PACS alors que dans le même temps les outils de visualisation des images ne se modifient pas (fig. 3) ; la sollicitation importante dans l'institution des juniors pour la lecture des examens, la sélection d'images et les post-traitements nécessitant du temps et de l'expérience que les médecins en formation ne possèdent pas complètement. Ces éléments sont essentiels dans un avenir proche car les examens d'imagerie vont poursuivre leur complexification et les cliniciens seront de plus en plus demandeurs d'une série résumée des images illustrant le compte rendu. Si le dossier médical personnel voit le jour, cette tâche de sélection des éléments pertinents d'un examen sera primordiale à la valorisation du travail radiologique. Ce travail montre en tout

cas qu'il faut travailler dans ce sens en demandant parallèlement aux industriels d'améliorer les outils dont disposent les consoles PACS.

Consultations des antériorités

L'accès facilité par le couple RIS-PACS aux antériorités, est un élément important de la qualité et de la pertinence du compte rendu.

Durant cette étude, tous les examens archivés étaient en « ligne », c'est à dire stockés sur des disques et accessibles dans un délai de quelques secondes. L'accroissement du taux de consultation des antériorités a été significatif, plus marqué pour la relecture (+ 46 %) que pour la lecture (+ 20 %) car avant le PACS les antériorités du patient n'étaient pas facilement disponibles puisqu'elles ne figuraient que dans le dossier clinique papier du patient.

Cette constatation est très importante dans le contexte d'un hôpital universitaire qui prend en charge des pathologies lourdes et forme les médecins juniors. Toutefois, la confrontation avec les résultats de l'enquête de satisfaction nuance ce résultat, car l'accès aux examens antérieurs est apparu plus difficile, avec une appréciation dégradée sur les enquêtes de satisfaction, en phase 3 alors qu'elle était bonne en phase 2 (fig. 4). L'archive a été en effet initialement dimensionnée sur les données de volumétrie de 2000, augmentées de 20 % par an, conduisant à l'installation en 2003 d'un espace de stockage de 18To d'images compressées sans perte (9 To de volume effectif), pouvant théoriquement stocker deux années de production, ce qui est conseillé dans la littérature. Mais durant l'année 2006, il a été produit environ 20 To d'images compressées sans perte, soit la totalité de l'archive amenant une réduction de l'accès en ligne aux antériorités à moins d'un an et nécessitant l'interrogation de l'archivage sur bande. Le temps d'attente d'un dossier dans ces conditions a alors varié de quelques minutes à plusieurs heures, en période de pointe, délai difficilement acceptable dans la pratique quotidienne. L'expérience des utilisateurs et les résultats du PHRC ont permis de quantifier et d'apprécier la perte d'efficacité du système. En juin 2007, l'archive a été remplacée par un nouveau matériel de plus grande capacité, avec 80 To de données compressées sans perte (40 To de volume effectif) permettant de revenir rapidement aux

objectifs initiaux de deux années de production en ligne.

Temps consacré à la gestion d'un examen de scanner

De nombreux travaux publiés ont déjà montré que l'installation d'un RIS-PACS était un moyen d'améliorer la productivité d'un service d'imagerie, même si cette notion n'est pas encore complètement assumée dans de nombreuses structures hospitalières en France (7, 13, 21, 25, 27, 29, 30, 39).

L'examen de scanner a été choisi pour sa reproductibilité et représentativité dans l'étude. Les gains sont significatifs pour les manipulateurs (-75 %, soit 6 minutes par examen) et pour le médecin en lecture (-25 % soit 5 minutes). Ce gain de productivité ne s'est pas fait avec une impression de dégradation des conditions de travail, l'enquête de satisfaction montre au contraire que les utilisateurs réalisaient plus facilement les différentes tâches de la réalisation d'un examen grâce au PACS (fig. 1). Globalement, pour les différents acteurs, le PACS a été un élément d'amélioration de leur pratique professionnelle, améliorant la qualité de prise en charge des patients (fig. 2). Ces résultats sont significatifs mais en deçà des résultats publiés dans la littérature, en particulier pour la partie médicale. Si le RIS-PACS induit un gain de productivité mesurable au scanner, il est difficile de l'extrapoler à toutes les activités d'un service de radiologie et de le convertir en gain de postes.

Mise à disposition du compte rendu validé

La durée de mise à disposition d'un compte rendu validé est un indicateur global de fonctionnement d'un service de radiologie, le RIS et le PACS n'étant que des outils facilitant le travail de chaque acteur de la prise en charge d'un patient (5, 12, 24, 29, 40, 41). Le profil des durées de mise à disposition est resté globalement identique selon les services mais avec un raccourcissement de la durée de validation de 90 % des examens, la moyenne au niveau de deux institutions passant de 20 jours en phase 1 à 11 jours en phase 2, puis à 9 jours en phase 3.

L'envoi d'un compte rendu validé d'un examen est donc resté anormalement long, malgré les progrès mesurés. Il apparaît que les outils RIS et PACS ne sont pas

suffisants pour améliorer cet indicateur comme en témoigne la grande hétérogénéité des résultats selon les services. Globalement, un premier groupe s'attache à mettre à disposition les comptes rendus dans les 24 h alors qu'un autre groupe au contraire s'accorde un délai long.

La comparaison avec les résultats de la littérature est défavorable puisque certains services utilisent aujourd'hui l'heure comme unité de mesure et non pas le jour (5, 10, 13, 20, 22, 25, 27, 29, 31, 39-47).

Collaboration junior-senior

Le cadre hospitalier et universitaire de cette étude donne un rôle particulier à l'enseignement et à l'accompagnement des juniors par les radiologues seniors (48, 49). Il est donc intéressant d'observer la participation des médecins seniors à l'activité de lecture et le travail en commun avec un junior. L'installation du PACS a montré une collaboration accrue entre radiologues juniors et seniors, mais cette tendance ne s'est pas confirmée un an après (tableau IV). Il est donc probable que cet effet soit lié à un engagement plus important des seniors lors du changement de système, pour revenir à un fonctionnement classique un an plus tard. Il est intéressant de corréliser ce résultat aux données de l'enquête de satisfaction qui montre des utilisateurs plus satisfaits de leur collaboration avec d'autres radiologues mais aussi avec les services cliniques (fig. 5). Le PACS est aussi un outil pédagogique puisqu'il facilite la préparation des staffs et favorise l'archivage académique. Cet effet a été plus marqué en phase 3, les services d'imagerie disposant de trois mois d'archive électronique lors de la deuxième phase, et de 1 an et demi lors de la troisième. Cette réflexion est également utile dans la perspective d'applications universitaires, avec l'archivage des données acquises dans les protocoles de recherche clinique.

Conclusion

L'implantation d'un PACS associé à un RIS dans un gros centre hospitalo-universitaire améliore l'efficacité de la production d'examen dans les services d'imagerie. L'étude a montré une diminution du temps consacré aux examens, plus marquée pour les manipulateurs que pour les médecins, tout en augmentant le nombre de recours aux antécédents et aux divers post-traitements.

Toutefois, le PACS-RIS reste un outil qui ne dispense pas d'optimiser les circuits d'information au sein des services d'imagerie.

Remerciements

CHU et CAV de NANCY : les praticiens, assistants et internes des services d'imagerie ; les référents RIS PACS ; les manipulateurs et les secrétaires ; Melle A. Hajdi ; Mr M. Dossmann (Direction, Chef de projet) ; Mr C. Lefondeur (direction informatique) ; Mrs T. Roederer et M. Soudant (INSERM, CIC-EC CIE6, Nancy, France) ; CHU de Nancy, Epidémiologie et Evaluation Cliniques), Pr J. Felblinger (Imagerie Adaptative Diagnostique et Interventionnelle – ERI 13 – UHP – INSERM (U947) – CIC-IT 801, CHU de Nancy-Brabois, Nancy, France).

AGFA : Mr N. Ooms.

ECLOR : Mme B. Mizejewski et son équipe.

Note : cette étude est financée dans le cadre d'un PHRC régional (2002).

Références

- Berbaum KS, Franken EA, Honda H, et al. Evaluation of a PACS workstation for assessment of body CT studies. *J Comput Assist Tomogr* 1990;14:853-8.
- Taira RK, Huang HK. A picture archiving and communication system module for radiology. *Comput Methods Programs Biomed* 1989;30:229-37.
- Garin H, Baudeau D, Manciaux C, Caillier I. Le concept de pathologies traçables est-il opérationnel dans une démarche de planification. *Santé publique* 1995; 7^e année:157-167.
- Kessner DM, Kalk CE, Singer J. Assessing health quality — the case for tracers. *N Engl J Med* 1973;288:189-94.
- Hayt DB, Alexander S. The pros and cons of implementing PACS and speech recognition systems. *J Digit Imaging* 2001;14:149-57.
- Hirschorn DS, Hinrichs CR, Gor DM, Shah K, Visvikis G. Impact of a diagnostic workstation on workflow in the emergency department at a level I trauma center. *J Digit Imaging* 2001;14:199-201.
- Sack D. Increased productivity of a digital imaging system: one hospital's experience. *Radiol Manage* 2001;23:14-8.
- Weatherburn GC, Watkins J, Bryan S, Cocks R. The effect of PACS on the visualization of the lateral cervical spine and the management of patients present-

- ting with trauma. *Med Inform (Lond)* 1997;22:359-68.
9. Bryan S, Weatherburn G, Buxton M, et al. Evaluation of a hospital picture archiving and communication system. *J Health Serv Res Policy* 1999;4:204-9.
 10. Cox B, Dawe N. Evaluation of the impact of a PACS system on an intensive care unit. *J Manag Med* 2002;16:199-205.
 11. Kangaroo H. PACS — clinical experience at UCLA. *Comput Med Imaging Graph* 1991;15:201-3.
 12. Reiner BI, Siegel EL, Hooper F, Protopapas Z. Impact of filmless imaging on the frequency of clinician review of radiology images. *J Digit Imaging* 1998;11:149-50.
 13. Reiner BI, Siegel EL, Hooper FJ, Glasser D. Effect of film-based versus filmless operation on the productivity of CT technologists. *Radiology* 1998;207:481-5.
 14. Tucker DM, Barnes GT, Koehler RE. Picture archiving communication systems in the intensive care unit. *Radiology* 1995;196:297-304.
 15. van Gennip EM, Enning J, Fischer F, et al. Guidelines for cost-effective implementation of Picture Archiving and Communication Systems. An approach building on practical experiences in three European hospitals. *Int J Biomed Comput* 1996;43:161-78.
 16. Watkins J, Weatherburn G, Bryan S. The impact of a picture archiving and communication system (PACS) upon an intensive care unit. *Eur J Radiol* 2000;34: 3-8.
 17. Bryan S, Weatherburn GC, Watkins JR, Buxton MJ. The benefits of hospital-wide picture archiving and communication systems: a survey of clinical users of radiology services. *Br J Radiol* 1999;72: 469-78.
 18. Charvet-Protat S, Thorat F. Economic and organizational evaluation of an imaging network (PACS). *J Radiol* 1998;79: 1453-9.
 19. Frund R, Jahnig V, Strotzer M, Feuerbach S, Volk M. Acceptance analysis of a digital picture distribution in a filmless university hospital. *Rofo* 2007;179:160-5.
 20. Inamura K, Satoh K, Kondoh H, Mori Y, Kozuka T. Technology assessment of PACS in Osaka University Hospital. *Comput Methods Programs Biomed* 1994;43:85-91.
 21. Patel MD, Callen PW, Mar JB, et al. Evaluation of a sonographic PACS in clinical practice: analysis of technical and analytical time savings. *J Ultrasound Med* 1996;15:755-62.
 22. Srinivasan M, Liederman E, Baluyot N, Jacoby R. Saving time, improving satisfaction: the impact of a digital radiology system on physician workflow and system efficiency. *J Healthc Inf Manag* 2006;20:123-31.
 23. Tamm EP, Raval B, West OC, Dinwiddie S, Holmes R. Evaluating the impact of workstation usage on radiology report times in the initial 6 months following installation. *J Digit Imaging* 1999;12:152-4.
 24. Worrell JA, Federspiel CF, Creasy JL, et al. Clinical impact of picture archiving and communication systems: evaluation of a prototype system. *J Digit Imaging* 1992;5:118-25.
 25. Chan L, Trambert M, Kywi A, Hartzman S. PACS in private practice—effect on profits and productivity. *J Digit Imaging* 2002;15 Suppl 1:131-6.
 26. Mullins ME, Will M, Mehta A, Novelline RA. Evaluating medical students on radiology clerkships in a filmless environment: use of an electronic test prepared from PACS and digital teaching collection images. *Acad Radiol* 2001;8: 514-9.
 27. Nitrosi A, Borasi G, Nicoli F, et al. A filmless radiology department in a full digital regional hospital: quantitative evaluation of the increased quality and efficiency. *J Digit Imaging* 2007;20:140-8.
 28. Reiner B, Siegel E, Protopapas Z, et al. Impact of filmless radiology on frequency of clinician consultations with radiologists. *AJR Am J Roentgenol* 1999;173: 1169-72.
 29. Reiner BI, Siegel EL, Hooper FJ, et al. Radiologists' productivity in the interpretation of CT scans: a comparison of PACS with conventional film. *AJR Am J Roentgenol* 2001;176:861-4.
 30. Siegel E, Reiner B, Abiri M, et al. The filmless radiology reading room: a survey of established picture archiving and communication system sites. *J Digit Imaging* 2000;13:22-3.
 31. Strickland NH. The filmless hospital: 3-year experience at the Hammersmith Hospital, London. *Bull Acad Natl Med* 1999;183:1615-23.
 32. Strickland NH. PACS (picture archiving and communication systems): filmless radiology. *Arch Dis Child* 2000;83:82-6.
 33. Heymann TD, Culling W. Ward based X-ray facilities can improve services. *J R Coll Physicians Lond* 1996;30:145-9.
 34. Maliff RP, Launders J. Using technology assessment as the picture archiving and communication system spreads outside radiology to the enterprise. *J Digit Imaging* 2000;13:114-6.
 35. Lucey BC, Stuhlfaut JW, Hochberg AR, Varghese JC, Soto JA. Evaluation of blunt abdominal trauma using PACS-based 2D and 3D MDCT reformations of the lumbar spine and pelvis. *AJR Am J Roentgenol* 2005;185:1435-40.
 36. Meenan C, Daly B, Toland C, Nagy P. Use of a thin-section archive and enterprise 3D software for long-term storage of thin-slice CT data sets. *J Digit Imaging* 2006;19 Suppl 1:84-8.
 37. Soto JA, Lucey BC, Stuhlfaut JW, Varghese JC. Use of 3D imaging in CT of the acute trauma patient: impact of a PACS-based software package. *Emerg Radiol* 2005;11:173-6.
 38. Yamamoto S, Furukawa Y, Matsumoto T, et al. PACS for multi-slice CT — seamless integration implementing 3D and 4D workstations. *Nippon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 2004;60:829-34.
 39. Lepanto L, Pare G, Aubry D, Robillard P, Lesage J. Impact of PACS on dictation turnaround time and productivity. *J Digit Imaging* 2006;19:92-7.
 40. Mehta A, Dreyer K, Boland G, Frank M. Do picture archiving and communication systems improve report turnaround times? *J Digit Imaging* 2000;13: 105-7.
 41. Trumm CG, Glaser C, Paasche V, et al. Impact of a PACS/RIS-integrated speech recognition system on radiology reporting time and report availability. *Rofo* 2006;178:400-9.
 42. Halsted MJ, Froehle CM. Design, implementation, and assessment of a radiology workflow management system. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191:321-7.
 43. Mackinnon AD, Billington RA, Adam EJ, Dundas DD, Patel U. Picture archiving and communication systems lead to sustained improvements in reporting times and productivity: results of a 5-year audit. *Clin Radiol* 2008;63:796-804.
 44. Mariani C, Tronchi A, Oncini L, Pirani O, Murri R. Analysis of the X-ray workflow in two diagnostic imaging departments with and without a RIS/PACS system. *J Digit Imaging* 2006;19 Suppl 1:18-28.
 45. Strickland NH. Can PACS make a radiology department more competitive? *Eur J Radiol* 1999;32:113-5.
 46. Weatherburn G, Bryan S, Cousins C. A comparison of the time required by radiologists for the preparation of clinico-radiological meetings when film and PACS are used. *Eur Radiol* 2000;10: 1006-9.
 47. Williams SC, Contreras M, McBiles M, Cawthon MA, Shah RB. The impact of a picture archiving and communication system on nuclear medicine examination interpretation. *J Digit Imaging* 1997;10: 51-6.
 48. Mullins ME, Mehta A, Patel H, McCloud TC, Novelline RA. Impact of PACS on the education of radiology residents: the residents' perspective. *Acad Radiol* 2001;8:67-73.
 49. Watkins J. A hospital-wide picture archiving and communication system (PACS): the views of users and providers of the radiology service at Hammersmith Hospital. *Eur J Radiol* 1999;32:106-12.