REPERCUSION DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DEL HABLA INTEGRADO EN UN PACS/RIS CON RESPECTO AL TIEMPO INVERTIDO EN ELABORAR Y PONER A DISPOSICION LOS INFORMES RADIOLOGICOS

C. G. Trumm⁽¹⁾, C. Glaser⁽¹⁾, V. Paasche⁽¹⁾, A. Crispin⁽²⁾, P. Popp⁽³⁾, B. Küttner⁽¹⁾, M. Francke⁽¹⁾, S. Nissen-Meyer⁽¹⁾, M. Reiser⁽¹⁾.

1. Institut für Klinische Radiologie, Klinikum der Universität München Großhadern. Deutschland.

2. Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie, Klinikum der Universität München Großhadern. Deutschland.

3. Product Management, Siemens AG Medical Solutions. Deutschland.

IMPACT OF A PACS/RIS-INTEGRATED SPEECH RECOGNITION SYSTEM ON THE TIME EXPENDITURE IN COMPLETING AND MAKING AVAILABLE RADIOLOGY REPORTS

Abstract: Purpose: Quantification of the impact of a PACS/RIS-integrated speech recognition system (SRS) on the time expenditure for radiology reporting and on hospital-wide report availability (RA) in a university institution. Material and methods: In a prospective

pilot study, the following parameters were assessed for 669 radiographic examinations (CR): 1. time requirement per report dictation (TED: dictation time (s)/number of images (examination) x number of words (report)) with either a combination of PACS/tape-based dictation (TD: analog dictation device/minicassette/transcription) or PACS/RIS/speech recognition system (RR: remote recognition/transcription and OR: online recognition/self-correction by radiologist), respectively, and 2. the Report Turnaround Time (RTT) as the time interval from the entry of the first image into the PACS to the available RIS/HIS report.

Two equal time periods were chosen retrospectively from the RIS database: 11/2002–2/2003 (only TD) and 11/2003–2/2004 (only RR or OR with speech recognition system (SRS)). The midterm (≥ 24 h, 24 h intervals) and short-term (< 24 h, 1 h intervals) RA after examination completion were calculated for all

modalities and for CR, CT, MR and XA/DS separately. The relative increase in the mid-term RA (RIMRA: related to total number of examinations in each time period) and increase in the short-term

RA (ISRA: ratio of available reports during the 1st to 24th hour) were calculated. Results: Prospectively, there was a significant difference between TD/RR/OR ($n = 151/257/261$) regarding mean TED (0.44/0.54/0.62 s (per word and image)) and mean RTT.

Key words: Availability of radiology reports, PACS/RIS-integrated speech recognition system.

Resumen: Objetivo: Cuantificar la repercusión de un sistema de reconocimiento del habla integrado en un PACS/RIS en el tiempo invertido en los informes radiológicos y su disponibilidad en una Clínica Universitaria.

Material y métodos: Estudio piloto prospectivo; en 669 radiografías se registró el tiempo invertido por dictado con cinta y sistemas PACS/RIS de reconocimiento (dictado por lotes o dictado en línea) y el Report Turnaround Time, intervalo de tiempo desde la introducción de imagen en PACS hasta tener informe disponible en RIS/CIS. En análisis retrospectivo de base de datos de RIS se estudió 11/2002–02/2003 y 11/2003–02/2004. Se calculó la media y el aumento relativo de la disponibilidad de informes a mediano y corto plazo tras la finalización del estudio.

Resultados: Se observaron importantes diferencias en el tiempo invertido para cada modalidad (0,44/0,54/0,62 s por palabra e imagen) y del RTT medio (10,47/6,65/1,27 h). Se evaluaron retrospectivamente 37.898/39.680 informes de los períodos mencionados. En CR/TC, se observó un aumento medio del 20% en la disponibilidad de informes a corto plazo y en todas las modalidades fue más del

Trumm C y cols. Repercusión de un sistema de reconocimiento del habla integrado en un PACS/RIS con respecto al tiempo invertido en elaborar y poner a disposición los informes radiológicos. Rev Chil. Radiol 2008; 14: 83-93.

Correspondencia: Dr. Christoph Trumm
christoph.trumm@med.uni-muenchen.de

triple en las primeras 24 h.

En el caso de CR/TC/RM, el primer día hubo un aumento máximo de la disponibilidad a mediano plazo (factor 3,1/5,8/4,0) y en el caso de XA/DS, en el segundo día (factor 2,0).

Conclusión: Cuando se utiliza un sistema de reconocimiento del habla se modifica el flujo de trabajo y se invierte inicialmente más tiempo para la elaboración de informes. Los sistemas de reconocimiento integrados en PACS/RIS mejoran considerablemente la disponibilidad de los informes a corto y mediano plazo, redundando en la calidad de la atención de los pacientes.

Palabras clave: Disponibilidad de informes radiológicos, Sistema de reconocimiento del habla integrado en un PACS/RIS.

Introducción

El sistema de reconocimiento del habla (SRH) se utiliza cada vez más en la rutina radiológica⁽¹⁻⁴⁾. Gracias a un desarrollo técnico pionero, la disponibilidad de extensos vocabularios contextuales y la mejora de los modelos matemáticos del lenguaje, los SRH se han convertido en una alternativa atractiva a la elaboración de informes en cintas tradicionales⁽⁵⁾. Los prestatarios de servicios de salud se enfrentan a la necesidad de limitar los costos de materiales y mano de obra, sin que ello dé lugar a un empeoramiento de la calidad de la asistencia al paciente⁽⁶⁻¹⁰⁾. Los SRH se encargan de que los profesionales puedan rendir más en el ámbito de la radiología, poniendo más precozmente a disposición los informes radiológicos para el posterior diagnóstico y planificación del tratamiento que debe seguir el paciente^(3, 11, 12).

Las repercusiones de los SRH sobre la disponibilidad de los informes radiológicos se traducen en una reducción de lo que se conoce como "Report Turnaround Time" (RTT)^(3, 13-16), que es el intervalo de tiempo transcurrido desde el fin del examen y el momento en que el informe pasa a estar disponible en el sistema de información radiológica/clínica (RIS/CIS), y también en una reducción de los gastos de transcripción^(6,13). No obstante, tan sólo unos cuantos autores profundizan en el flujo de trabajo específico del proceso de elaboración de informes en los hospitales universitarios y adheridos a universidades^(15,17). En un entorno CIS/RIS-PACS implementado en todo el hospital, el RTT abarca básicamente el período entre el fin del examen y la elaboración de los informes (PACS Workload Queue), la duración de la elaboración de los informes y el tiempo transcurrido entre el fin del dictado y la disponibilidad de los informes radiológicos en el RIS/CIS, ya corregidos (Transcription Queue)⁽¹⁵⁾. Algunos autores han analizado cómo influyen los SRH en la buena utilización del tiempo dedicado a la elaboración de informes radiológicos⁽¹⁸⁻²¹⁾, lo que depende de forma decisiva del porcentaje de reco-

nocimiento del SRH y del tiempo que los radiólogos deben dedicar durante la elaboración de los informes a la edición y la corrección de éstos⁽²²⁾.

El objetivo de nuestro estudio fue, en primer lugar, realizar una comparación prospectiva entre el tiempo que los radiólogos necesitan inicialmente para elaborar los informes mediante dictado de cinta convencional o mediante SRH y, en segundo lugar, realizar un análisis retrospectivo de la disponibilidad de los informes antes y después de implementar un SRH integrado en un RIS/PACS de una Clínica Universitaria.

Material y método

Infraestructura técnica y humana

Nuestra Clínica cuenta con 1.400 camas. En el instituto radiológico se realizan alrededor de 120.000 exámenes al año considerando todas las modalidades, lo que equivale a una media de 400 exámenes por día hábil. En el período de estudio, trabajaron un total de 18 médicos especialistas (jefes incluidos) y 24 médicos en especialización en radiología. En el servicio de transcripción del instituto trabajaban 4 personas con jornada completa y 3 de media jornada. Los médicos especialistas elaboraban directamente los informes y los médicos en especialización un preinforme que después era leído por un especialista.

El PACS (Picture Archiving and Communication System) del instituto está compuesto por 21 estaciones de trabajo para la elaboración de informes (Sun Blade, Magic View 1000 VE42, empresa Siemens, Erlangen, Alemania), el RIS (Sistema de Información Radiológica), 110 puestos de trabajo (MagicSAS VA 40C, empresa Siemens, Erlangen, Alemania) con conexiones de 100 MB y un backbone Gigabit. Todos los puestos de trabajo del RIS cuentan con el siguiente equipamiento de hardware y software: procesador Pentium IV de 2,6 GHz, 512 MB de RAM, sistema operativo Microsoft Windows 2000 (Service Pack 4). Cuando se abre un examen de la lista de trabajo del RIS, se produce lo que se conoce como recuperación de imagen (image retrieval) del archivo PACS, abriendo el estudio correspondiente, incluidas las grabaciones previas en la consola PACS.

En julio de 2003 se instaló el SRH SpeechMagic versión 5.1 (empresa Philips, Viena, Austria) en el RIS existente. El SRH está compuesto por un servidor de archivos que incluye un dispatcher y un servidor de adaptación del vocabulario específico, un servidor de base de datos y 3 servidores de reconocimiento/adaptación. Todos los radiólogos participaron en un curso de iniciación de 2 horas, impartido por un especialista en la aplicación. En el curso se explicó cómo se debe utilizar el software (interfaz de usuario) y el hardware (dispositivo de dictado digital Philips SpeechMike Pro 6274) del sistema de reconocimiento del habla. En el SRH hay 2 métodos de dictado distintos:

1. Reconocimiento por lotes ("Batch Recognition"), sin visualización en pantalla del informe radiológico que se está dictando. El texto mostrado por el servidor central de reconocimiento es procesado en Microsoft Word por las secretarías, que lo comparan con el informe en el archivo digital de audio. El informe se corrige del mismo modo que el dictado en cinta y el médico que ha elaborado el informe vuelve a abrirlo en el RIS.
2. Reconocimiento del habla en línea con visualización en pantalla del informe dictado en tiempo real, en el puesto de trabajo de radiología. El mismo radiólogo realiza la corrección del informe (inserción de palabras nuevas/borrado de palabras mal reconocidas, errores gramaticales y de puntuación) y además edita el formato de presentación definitivo del informe (MS Word). El informe se puede validar haciendo que el especialista lo revise inmediatamente, o bien se protege contra escritura y se asigna al especialista/jefe médico responsable de la validación.

Estudio piloto: análisis prospectivo del tiempo necesario inicialmente por informe

Para el análisis prospectivo se incluyó un total de 669 radiografías (CR) en el período comprendido entre el 03/2004 y el 08/2004; estos exámenes se seleccionaron aleatoriamente entre los realizados durante la jornada laboral habitual (08:00-16:30 h). Los informes fueron elaborados por un total de 12 radiólogos del instituto con distintos grados de formación (6 especialistas, 6 médicos en especialización). Todos ellos tenían como mínimo 8 meses de experiencia en la utilización del SRH.

Se utilizaron 3 métodos:

1. Abrir el estudio en PACS y crear el informe por dictado de cinta (DC) mediante dictáfonos analógicos portátiles (Philips Pocket Memo 388) y minicasetes, con un n = 151.
2. Abrir el estudio en PACS y la interfaz de usuario del SRH mediante la lista de trabajo del RIS y elaborar el informe en el modo de dictado por lotes (DPL), con un n = 257.
3. Abrir el estudio en PACS y la interfaz de usuario del SRH mediante la lista de trabajo del RIS y elaborar el informe en el modo de dictado en línea (DEL), en puesto de trabajo ambulante e informe de urgencia, con un n = 261.

Cada radiólogo dictó como mínimo 10 informes con cada método de dictado y se evaluó una media

de 55 informes por radiólogo.

Se registraron los siguientes datos para cada examen y su informe radiológico correspondiente:

- Fecha y hora del examen (introducción de la primera imagen en el PACS)
- Número de imágenes del examen
- Fecha y hora de comienzo del dictado 1
- Fecha y hora de fin del dictado 1
- Duración del dictado 2 por informe, en segundos
- Fecha y hora de disponibilidad del informe en RIS/CIS
- Número de palabras por informe.

El tiempo necesario inicialmente por informe dictado (TPD) se calculó como la duración del dictado por informe, dividido por el número de imágenes en el examen y el número de palabras del informe (Formula 1).

El tiempo transcurrido entre la realización del examen y la disponibilidad del informe correspondiente (RTT) se ha calculado como la diferencia entre la fecha y la hora de introducción de la primera imagen en el PACS y la fecha y la hora de disponibilidad del informe en el RIS/CIS^(14,19). Además, se calculó el tiempo transcurrido entre la disponibilidad del examen y el comienzo de la elaboración del informe (PACS Workload Queue) y, el tiempo transcurrido entre el fin de la elaboración del informe y la disponibilidad del informe en el RIS/CIS (Transcription Queue)⁽¹⁵⁾.

Para comprobar la importancia de la diferencia en el tiempo necesario por informe y el RTT con los 3 métodos de dictado (DC, DPL y DEL) para los exámenes de CR seleccionados, se ha realizado un test de Kruskal-Wallis como test general y un test de contraste de Wilcoxon sin muestras apareadas (test de la U de Mann-Whitney) como test a posteriori. Dado que se comprueban 2 hipótesis (TPD, RTT) con los 3 métodos, se realizó una corrección de Bonferroni y se consideró significativos los valores de p inferiores a 0,025.

Análisis retrospectivo

En un análisis retrospectivo de nuestra base de datos en el RIS, se evaluaron 2 períodos de 4 meses cada uno: de noviembre de 2002 a febrero de 2003, y de noviembre de 2003 a febrero de 2004. Durante el primer período, todos los informes radiológicos se realizaron con dictado de cinta y fueron introducidos en el RIS por las secretarías médicas (4 personas a jornada completa, 3 personas a jornada parcial). Durante el segundo período, medio año después de implementar el SRH, todos los informes se elaboraron

$$\text{Tiempo necesario por informe (s)} = \frac{\text{Duración del dictado por informe}}{(\text{número de imágenes en el examen} \times \text{número de palabras en el informe}) \text{ (s).}}$$

con dicho sistema. El sistema se utilizó de 2 formas: dictado por lotes con corrección manual, o dictado en línea con corrección automática por parte de los radiólogos que elaboraron los informes.

El análisis se realizó por separado en función del código de modalidad del RIS, y se calculó la media en función de las modalidades: CR, tomografía computada (TC), resonancia magnética (RM) y angiografía (XA/DS).

En todos los exámenes de ambos períodos se leyeron los siguientes parámetros de la base de datos del RIS y luego se evaluaron en una hoja de cálculo: número de registro, código de modalidad, fecha y hora del examen (introducción en PACS de la primera imagen del examen), fecha y hora de la disponibilidad del informe radiológico en el CIS (estado del informe: redactado). Para valorar la disponibilidad de los informes a mediano plazo (los primeros 4 días tras la finalización del examen), se dividió el RTT en intervalos de un día (24 horas) tras la finalización del examen. Para realizar un análisis diferenciado de la disponibilidad a corto plazo (las primeras 24 horas tras la finalización del examen), se dividió también el RTT en intervalos de una hora. A continuación se calculó la disponibilidad acumulada de los informes y la disponibilidad de las cifras absolutas de informes durante las primeras 24 horas tras la realización del examen, de acuerdo con Sferella *et al.* (2003)⁽¹³⁾.

Para comparar directamente la disponibilidad de los informes a mediano plazo en los 2 períodos, se calculó el aumento relativo de la disponibilidad cada día (24 horas) tras la finalización del examen (ARI), dividido por el número total de informes elaborados durante el período estudiado (Formula 2).

$$ARI = \frac{[n \text{ informes día } i \text{ (03/04)} / n \text{ todos los informes (03/04)}]}{[n \text{ informes día } i \text{ (02/03)} / n \text{ todos los informes (02/03)}]}$$

Formula 2.

Para comparar directamente la disponibilidad de los informes a corto plazo, se calculó el cociente de informes (CI) disponibles en el intervalo de horas en cuestión (Formula 3). Se evaluaron por separado los cambios relativos en la disponibilidad a mediano plazo y a corto plazo de todos los informes y exámenes (efectuados los 7 días de la semana, 24 horas del día) y los realizados sólo durante la jornada laboral habitual (CR, TC, XA/DS: de lunes a viernes, 08:00 a 16:30 h y RM: de lunes a viernes, 08:00 a 20:00 h).

$$CI = \frac{n \text{ informes hora } i \text{ (03/04)}}{n \text{ informes hora } i \text{ (02/03)}}$$

Formula 3.

Porcentaje de reconocimiento

El SRH permite grabar opcionalmente datos característicos [momento (fecha, hora), duración (ms), longitud (número de palabras y letras)], así como los cambios realizados a posteriori por el servicio de transcripción respecto a los DPL. En el período 08/2004 a 07/2005 se calcularon los porcentajes medios de error de todos los radiólogos del instituto, con más de 100 DPL registrados. El sistema calculó automáticamente el porcentaje de error a partir de los cambios realizados a posteriori por los transcripores en el texto provisional (número de letras y palabras corregidas/añadidas/borradas respecto del número de palabras dictadas).

Evaluación de la aceptación

El grado de aceptación del SRH se evaluó mediante una encuesta realizada entre el 06/2004 y el 08/2004. Se plantearon 22 preguntas, valoradas según la escala de 6 puntos de Lickert: grado de conformidad de 1 a 6 para las categorías: I) Facilidad de uso, II) Tiempo personal necesitado para cada informe, III) Grado de satisfacción subjetivo, IV) Influencia en los médicos clínicos: comentarios positivos respecto a disponibilidad más rápida de los informes, reducción de las consultas por teléfono.

Resultados

Análisis prospectivo

Para los 3 métodos de dictado, el RTT medio fue: 10 h 28 min $\pm$ 8 h 56 min (DC), 6 h 39 min $\pm$ 7 h 35 min (DPL) y 1 h 16 min $\pm$ 1 h 02 min (DEL). El 27% de los dictados convencionales y el 11% de los dictados de fondo tenían un RTT de más de 20 horas. Se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre DC / DPL, DC / DEL y DPL / DEL (p bilateral $< 0,0001$). Esto supuso una reducción de la PACS Workload Queue del 32,2% en DC, 38,1% en DPL y 99,5% en DEL. En consecuencia, el RTT de la Transcription Queue se redujo en un 67,8% en los DC, un 61,9% en DPL y un 0,5% en los DEL. En comparación al DC, en el ámbito de las CR, el RTT para el DPL se redujo en un factor promedio de 1,6, mientras que el RTT para el DEL se redujo en un factor de 8,2. Al mismo tiempo, se observó una reducción de la Workload Queue con el DC respecto al DPL en un factor de 1,3 y de 2,7 y 2,1 con el DC o el DPL respecto al DEL.

Con un total comparable de número de palabras e imágenes por informe, se obtiene un aumento significativo del tiempo necesario por informe (dividido entre el número de palabras y el número de imágenes) empezando por el DC, acabando con el DEL y pasando por el DPL (Tabla I). En comparación con el DC, el tiempo necesario por informe con el DPL se incrementó en un factor de 1,23, mientras que con el DEL se incrementó en un factor de 1,41. En

comparación con el DPL, en el DEL se obtiene un tiempo necesario teórico adicional de 1,15 (p bilateral (DC/DPL) = 0,0002, p (DC/DEL) < 0,0001, p (DPL / DEL) = 0,0014).

Tabla I. Tiempo inicial necesario por informe elaborado con dictado de cinta, reconocimiento del habla por lotes y en línea.

Tipo	Tiempo/ informe (s)	Número de palabras/ informe	Número de imágenes/ informe	Tiempo/ palabra x imagen por informe(s)
Cinta	64±39	71±38	3,0±3,6	0,44±0,31
Por lotes	74±40	67±31	2,9±2,4	0,54±0,38
En línea	75±46	62±31	2,3±0,9	0,62±0,38

Análisis retrospectivo

En el período comprendido entre el 11/2002 y el 02/2003 se realizaron un total de 37.898 exámenes y en el período comprendido entre el 11/2003 y el 02/2004, un total de 39.680. Esto supone un aumento total del 4,7 %, debido fundamentalmente al aumento de los exámenes de TC.

Debido a que en el momento de realizar el estudio aún no se habían conectado totalmente las modalidades US y mamografía al SRH, sólo se evaluaron las modalidades CR, TC, RM y XA/DS. El porcentaje de exámenes realizados en el horario de trabajo normal fue de 86,6% en el primer período y de 87,6% en el segundo. Al triplicarse el número de informes disponibles en las primeras 12 horas, se observó un cambio en la disponibilidad respecto al mismo período del año anterior, producido sobre todo durante las 6 primeras horas tras la finalización del estudio. En este intervalo de tiempo se observa una disponibilidad media superior en un 20% promedio en todas las modalidades. Se dieron también dos peaks en la disponibilidad de los informes tras 2 y 6 horas. El porcentaje de informes disponibles en total durante las primeras 12 horas se incrementó del 9,1% al 28,9%; especialmente en las modalidades CR y TC se produjo un cambio considerable en las 6 primeras horas, con porcentajes de aumento de la disponibilidad acumulada de informes del día de hasta el 50% (CR) y el 40% (TC) (Figura 1a).

En el ámbito de la RM, en el segundo período se observó un plazo máximo de disponibilidad de los informes de 8 horas (Figura 1b). En el caso de XA/DS, no se observaron modificaciones en la disponibilidad de los informes en las 3 primeras horas (Figura 1b). El aumento relativo de la disponibilidad de los informes a mediano plazo

(ARI) alcanzó valores máximos en las primeras 24 horas en el caso de CR, TC y RM y, en las 24 horas siguientes en el caso de XA/DS. El ARI fue < 1 a partir del día 3 ó 4 tras la finalización de los exámenes (Tabla II), lo cual incluye una reducción de los informes disponibles en ese período, en comparación con el mismo período del año anterior. Al comparar el ARI de todos los exámenes con los exámenes realizados sólo en el horario de trabajo habitual, se obtuvo porcentajes de mejora considerablemente superiores en el caso de CR y TC, mientras que el ARI no se modificó en el caso de RM y XA/DS (Tabla II). Durante las 12 primeras horas tras la finalización del examen, se observó un marcado incremento de la disponibilidad de informes a corto plazo.

Tabla II. Aumento relativo de la disponibilidad de los informes a mediano plazo.

Modalidad	CR	CT	MR	XA/DS	Todas
Día 1 todas	3,1	5,8	4,0	1,5	3,1
Día 2 todas	1,6	0,9	1,7	2,0	1,3
Día 3 todas	1,3	0,8	0,9	0,8	0,9
Día 4 todas	1,0	0,7	1,1	0,4	0,9
Día 1 jornada habitual	2,3	3,8	4,0	1,5	2,5
Día 2 jornada habitual	1,4	0,9	1,7	2,1	1,2
Día 3 jornada habitual	1,3	0,7	0,9	0,7	0,9
Día 4 jornada habitual	1,1	0,9	1,1	0,2	0,9

En el caso de los informes elaborados durante las 2 primeras horas tras la finalización del examen CR o TC, se obtuvo los resultados que se muestran en las figuras 1a, b y tablas III y IV.

Tabla III. Disponibilidad a corto plazo de los informes de todos los exámenes (factor de mejora).

Modalidad	CR	CT	XA/DS	MR	Todas las modalidades
1. Hora	116,8	98,8	1,2	0,8	5,8
2. Hora	33,6	45,2	1,6	4,7	5,9
3. Hora	4,9	9,8	1,2	1,6	3,6
4. Hora	2,2	5,0	2,3	11,0	3,2
5. Hora	1,2	4,4	0,0	4,6	2,5
6. Hora	1,0	2,5	7,3	6,8	2,4
7. Hora	0,9	3,2	1,4	2,7	1,7
8. Hora	0,7	1,9	0,0	8,2	1,4
9. Hora	1,1	4,7	0,0	3,5	2,0
10. Hora	2,0	1,0	0,0	1,9	1,9
11. Hora	2,8	1,0	0,0	2,4	3,0
12. Hora	0,5	3,0	0,0	2,0	0,7

Figura 1a. Disponibilidad de informes (DI) durante las primeras 12 horas tras la finalización del estudio ([%] acumulado respecto al número total de informes elaborados el primer día del período 1 [11/2002-02/2003] y el período 2 [11/2003-02/2004]).

Figura 1b. Disponibilidad de informes (DI) durante las primeras 12 horas tras la finalización del estudio ([%] acumulado respecto al número total de informes elaborados el primer día del período 1 [11/2002-02/2003] y el período 2 [11/2003-02/2004]).

Tabla IV. Disponibilidad a corto plazo de los informes de los exámenes realizados durante la jornada laboral habitual (factor de mejora).

Modalidad	CR	CT	XA/DS	MR	Todas las modalidades
1. Hora	165,3	15,0	1,5	0,9	3,4
2. Hora	30,4	13,1	2,0	3,5	4,3
3. Hora	3,8	7,1	0,7	1,6	3,0
4. Hora	1,8	4,5	0,2	11,0	3,2
5. Hora	1,0	4,0	0,7	4,6	2,4
6. Hora	1,0	2,6	0,3	6,8	2,4
7. Hora	1,0	3,5	0,2	2,7	1,7
8. Hora	0,7	2,1	0,2	8,2	1,5
9. Hora	1,2	5,7	0,7	3,5	2,1
10. Hora	2,8	0,6	0,3	1,9	2,1
11. Hora	0,0	0,0	0,0	2,4	10,0
12. Hora	14,0	0,0	0,0	2,0	4,8

Porcentaje de reconocimiento

La evaluación de los porcentajes de error registrados automáticamente por el SRH en un total de 24.132 dictados seleccionados al azar (33 informes, mediana: 526 informes, período 08/2004 a 07/2005) aportó un porcentaje medio de error de $12,5 \pm 4,3\%$ (MW $\pm$ SD) con un margen comprendido entre un porcentaje mínimo de 4,6% y máximo de 24,0%, lo que corresponde a un reconocimiento comprendido entre un porcentaje máximo de 95,4% y mínimo de 76,0%.

Evaluación

En la evaluación realizada por 23 radiólogos del instituto, se observó una aceptación y valoración más bien positivas del SRH (Tabla V). Se valoró positivamente sobretudo la gran aceptación de la mayor disponibilidad de los informes por parte de los colegas, según la percepción subjetiva de los radiólogos. También se valoró positivamente la posibilidad de elaborar informes con rapidez en casos de urgencia, así como la eficacia y el flujo de trabajo, considerados mejores desde un punto de vista subjetivo. En cambio, se valoró de forma más moderada el tiempo necesario para el dictado en línea, el porcentaje de reconocimiento y la ergonomía del programa, sobre todo la repercusión en las consultas telefónicas,

Argumentación

La presión cada vez mayor que ejercen los costos en todos los ámbitos de la asistencia sanitaria obliga a plantearse posibilidades para incrementar la eficiencia^(7-10,12). Los sistemas electrónicos de reconocimiento del habla están recomendados como opción para optimizar los procesos de trabajo en radiología^(6,10,17,24). El desarrollo continuado y la utilización cada vez mayor de los SRH en radiología

Tabla V. Extracto de la encuesta de evaluación.

Aspecto	MW $\pm$ SD
Ergonomía del programa	3,74 $\pm$ 0,96
Estabilidad del programa	3,74 $\pm$ 1,01
Grado de satisfacción con el porcentaje de reconocimiento en línea	3,65 $\pm$ 1,49
Más tiempo necesario para corrección en línea	4,17 $\pm$ 1,11
Simplificación del flujo de trabajo gracias al SRH	4,17 $\pm$ 0,89
Incremento de la eficiencia (subjetivo)	4,22 $\pm$ 0,95
Preferencia del reconocimiento en línea comparado con por lotes	3,65 $\pm$ 1,40
Preferencia del reconocimiento en línea en el turno de noche	5,17 $\pm$ 0,93
Valoración por parte del responsable de la asignación	4,57 $\pm$ 1,06
Reducción de las consultas telefónicas	3,30 $\pm$ 1,11

han tenido importantes repercusiones en el flujo de trabajo de la elaboración de informes^(3,20,24). De ahí que, tras la implementación de un SRH integrado en PACS/RIS, en nuestro instituto decidiéramos realizar un análisis prospectivo del tiempo necesario para elaborar informes con SRH y otro análisis retrospectivo de la disponibilidad de los informes en los sistemas RIS/CIS, así como del RTT.

Análisis prospectivo

En el momento de realizar el análisis, los 12 radiólogos llevaban como mínimo 8 meses trabajando con los dos modos del SRH. De este modo, se pudo presuponer un nivel de experiencia prácticamente equiparable de los perfiles de usuario de todos los participantes. La muestra aleatoria prospectiva, compuesta por 669 exámenes de CR realizados durante la jornada laboral habitual (08:00 a 16:30 h) demostró que existe una diferencia significativa en el RTT para los 3 grupos de informes elaborados con DC o SRH. Al mismo tiempo, se observó una gran desviación estándar del RTT. Los motivos radican en el flujo de trabajo específico de una Clínica Universitaria: los exámenes realizados al final de la jornada laboral (16:30-17:00 h) no eran supervisados por los especialistas o médicos jefes, sino que los médicos en especialización los dictaban directamente a la mañana siguiente o bien el informe era dictado de inmediato, pero transcrito a la mañana siguiente manualmente a partir de un dictado en cinta grabado en una minicassette o procesado

en el SRH a partir de un archivo digital. Para reducir el RTT medio del DPL en comparación con el DC, se debe recurrir por norma a los procesos de trabajo del servicio de transcripción: los DC se recuperan "por partes" en forma de minicassette entera desde un punto centralizado y son procesados por el servicio de transcripción. En cambio, el SRH permite procesar de forma continuada todos los DPL listos a partir de la lista de trabajo predefinida en el RIS/SRH. Los DPL listos están disponibles antes que los DC en el puesto de trabajo para el servicio de transcripción y además se pueden ordenar en función del grado de urgencia o el momento en que se realizó el examen, con lo que se reduce la Transcription Queue. La reducción de la Workload Queue con el DC en comparación con el DPL se puede deber también a la utilización de la lista de trabajo del RIS, que permite a los radiólogos procesar de forma continua los exámenes que tienen pendiente la elaboración del informe.

Los DC, en cambio, normalmente se elaboran en paquetes, siguiendo el orden de las solicitudes recibidas. La reducción de la Workload Queue con el DPL en comparación con el DEL se consigue gracias a la distinta gama de exámenes de CR realizados durante la jornada laboral habitual: los exámenes de pacientes ingresados son dictados sobretudo por los médicos en especialización, después de comentarlos con los médicos especialistas. Los exámenes de pacientes externos, en cambio, son DEL por el médico en especialización y el texto del informe provisional con los errores del SRH corregidos, pasa a estar disponible de inmediato en el sistema de información clínica para decidir enseguida el tratamiento en los distintos casos. Esto supuso una reducción porcentual de la Workload Queue/Transcription Queue de PACS de entre el 30 y el 70% en DC y de 40 a 60% en el DPL. Esto refleja el reparto del trabajo entre los médicos de radiología y los empleados del servicio de transcripción en estos dos modos, que contrasta con la elaboración de informes en modo en línea por parte exclusivamente de los radiólogos. Por los motivos anteriores, el modo por lotes reduce la carga de trabajo del servicio de transcripción durante todo el RTT en un pequeño grado. La descarga máxima de trabajo se consigue cuando los radiólogos utilizan el modo en línea. El médico especialista puede corregir el texto provisional encontrado en el PC local, teniendo en cuenta al mismo tiempo las imágenes que se muestran en el puesto de trabajo para la elaboración de informes⁽¹⁵⁾ y completar así el informe en una sola etapa de trabajo^(25,26). En el caso del DEL, tanto la corrección provisional como la final son responsabilidad del radiólogo, lo que, según Langer (2002), supone un traspaso de la carga de trabajo del servicio de transcripción a los radiólogos⁽²⁷⁾. En el caso de DC y por lotes, el redactor del informe no participa en la transcripción provisional (cinta) ni en la

corrección provisional de los errores de transcripción (por lotes). El servicio de transcripción filtra principalmente los errores sintácticos y, en cierta medida, también los semánticos; el radiólogo sólo realiza una comprobación final.

El ligero aumento del tiempo que cada médico necesita para elaborar el informe (rectificado según el número de palabras del informe y el número de imágenes del examen) con el DC en comparación con el DPL se debe, según nuestra experiencia (sin tener en cuenta el arranque inicial del programa), a que se invierte más tiempo en navegar por el software de la interfaz de usuario del RIS/SRH y a que se producen pequeños tiempos de espera de varios segundos que se acumulan entre las distintas etapas de utilización del programa⁽²³⁾. Si los informes son comparativamente cortos (por ej., CR), estos factores de retardo se notan mucho más en cada informe que en los procesos de redacción de informes más largos (por ej., imágenes axiales). El hecho de que con el DEL se necesite más tiempo que con el DC o por lotes se debe especialmente al mayor tiempo necesario para la corrección/edición y, tal como describieron Gale et al. (2001)⁽²³⁾, al intervalo adicional de varios segundos que se necesita para pasar el texto provisional reconocido en línea al formato definitivo en MS Word. Si se utiliza el hardware que el fabricante requiere para poder trabajar constantemente con un SRH moderno, se puede ignorar el tiempo transcurrido entre el registro acústico de la voz y el reconocimiento del habla en línea en el PC local (factor de tiempo real). Gale et al. mencionan como otros factores de retardo el tiempo necesario para la formación de los profesionales y la adición de las palabras que faltan en el glosario contextual en el puesto de trabajo o que el SRH ha reconocido mal. Esta función no se ha implementado en nuestro SRH por cuestiones relacionadas con el RIS. No hemos tenido en cuenta el tiempo adicional necesario para corregir y firmar el informe redactado/corregido por el servicio de transcripción. Si se compara el DC con el DPL, este tiempo se puede ignorar por el bajo porcentaje de error del servicio de transcripción, que en ambos casos utiliza un modelo en audio (cinta o archivo wave digital). Hundt et al. (1999) hablan de un incremento del doble o el triple (DEL frente a DC) del tiempo necesario por informe (dictado y corrección del texto provisional (DEL) o informe transcrito (DC) para las modalidades TC (n = 100) y RM (n = 50)⁽²⁸⁾, con un sistema anterior del mismo fabricante (Philips SP 6000). Borowitz (2001) describe también un consumo considerablemente mayor de tiempo en comparación con el DC (n = 580 informes) en el caso de un SRH utilizado en medicina interna pediátrica (IBM ViaVoice), tanto para dictado en línea como para la corrección asociada (n = 549 informes)⁽²¹⁾.

Porcentaje de reconocimiento

El tiempo que necesitan los radiólogos que realizan el dictado o los transcribtores para las correcciones está directamente relacionado con el porcentaje de reconocimiento del SRH^(17, 26, 29-31). Este depende de factores intrínsecos del SRH (es decir, calidad de grabación, volumen del glosario, potencia del PC) y de factores condicionados por el proceso (forma de hablar del usuario, forma de sostener el micrófono, ruidos ambientales, etc.)⁽³²⁾.

Los resultados de nuestra evaluación retrospectiva de los porcentajes de reconocimiento en el instituto coinciden con observaciones de Gale *et al.* y Devine *et al.*, que describen también porcentajes de reconocimiento nada óptimos en la práctica clínica habitual^(23,33). Zafar *et al.* detectaron muchos más errores en los textos de informe reconocidos por el SRH (n = 104) que en los textos transcritos por los digitadores (n = 44)⁽³²⁾. En este caso, en casi el 90% de los informes elaborados con el SRH se podría derivar una interpretación clínica plausible por el contexto. Sin embargo, el porcentaje de errores ininteligibles (es decir, afirmaciones pretendidas que no se pueden interpretar por el contexto) o de errores graves (es decir, falseamiento del sentido de la afirmación pretendida) con el SRH fue del 9,4% y del 1,6%, en comparación con solo un error grave cometido por los transcribtores. En concreto, en caso de textos de informes largos, al utilizar el reconocimiento del habla en línea, se pueden pasar por alto errores de vocabulario (sustitución de una palabra que falta en el vocabulario contextual por la alternativa más parecida fonéticamente) y de homonimia, que pueden pasar al informe definitivo. En el dictado en línea, el radiólogo es el único responsable de la integridad del texto del informe, tanto por contenido como por gramática y lenguaje⁽¹⁶⁾. La utilidad del reconocimiento por lotes es relativa desde el punto de vista de los digitadores: si el porcentaje de reconocimiento específico del orador por parte del SRH es bueno y no hace falta realizar demasiadas correcciones del texto provisional, el DPL permite acelerar el flujo de trabajo si el servicio de transcripción trabaja a una velocidad media (en comparación con la transcripción a partir de cinta)⁽³⁴⁾. Un transcriptor con experiencia, sin embargo, no puede sacar mucho provecho del DPL de base del texto provisional si el porcentaje de errores es alto^(35,36). Mohr *et al.* (2003), en un estudio comparativo aleatorio (n = 1.301 informes de endocrinología (DPL) comparados con 1.053 informes (DC)), hablan de una productividad de los transcribtores de tan sólo el 87,3% cuando se utiliza un SRH⁽³⁴⁾.

Análisis retrospectivo

En numerosos estudios^(13-6,19,37) se ha constatado una reducción considerable del RTT con la implementación de un SRH (si ya se había instalado

PACS), en comparación con el DC. Esta mejora de la disponibilidad de los informes en las primeras 12 ó 24 horas tras la finalización del examen varía enormemente. La mejora se expresa como un aumento de la disponibilidad acumulada de informes de entre el 3% y el 86%^(13,16,19). El RTT medio se reduce a un tercio o a un cuarto del valor inicial^(15,19). El análisis retrospectivo de base de datos reveló una disponibilidad de los informes considerablemente mejor tras la implementación del SRH, tanto respecto al valor promedio de todas las modalidades como respecto a cada una de las 4 modalidades por separado a corto (RTT < 24 h) y mediano plazo (RTT ≥ 24 h).

El cambio, en la disponibilidad acumulada de los informes en el caso de CR y TC en favor de las primeras horas tras la finalización del examen (valor máximo de informes disponibles en la 2ª hora) se debe al alto porcentaje de exámenes de urgencia y de pacientes externos en estas modalidades. Estos informes se dictan en línea de inmediato tanto en la jornada laboral habitual (por consulta clínica urgente), como en el turno de noche y el servicio de urgencias. El informe, existente ya en el RIS/CIS y marcado como "provisional", es revisado lo antes posible por un especialista/médico jefe. Los informes de exámenes de RM, que suponen más trabajo técnico y más tiempo, se redactan siguiendo más o menos el flujo de trabajo anterior a la implementación del SRH; por lo general, primero son redactados por un médico en especialización, revisados por otra persona, y luego se realiza un DPL.

Esto explica el valor máximo más tardío de disponibilidad de los informes, que es de 8 horas tras la finalización del examen. La angiografía presenta una particularidad a este respecto, ya que en uno de los dos puestos de trabajo de angiografía siempre hay un especialista que, ya antes de la implementación del SRH, elaboraba informes inmediatos basados sobre todo en fragmentos de texto. Esto explica la alta disponibilidad en general de informes de angiografía en las 3 primeras horas en ambos períodos de tiempo. Este ejemplo demuestra que la ventaja de utilizar un SRH cuando ya existe un método establecido de elaboración digital de informes (p. ej., macros, fragmentos de texto, etc.) puede ser inferior que en las otras modalidades analizadas⁽³⁶⁾.

Si se tiene en cuenta el aumento relativo de la disponibilidad de los informes a mediano plazo, se obtiene la mejora más destacada en las primeras 24 horas en el caso de los métodos de imágenes axiales (con exámenes de urgencia, la mejora es aún mayor en el caso de TC y se mantiene estable en el caso de RM). De este modo, tanto las modalidades con un porcentaje mayor de exámenes de selección (RM) como con exámenes de urgencia/pacientes externos (CR, TC) se benefician del uso del SRH. Al igual que Ramaswamy *et al.* (2000)⁽¹⁹⁾, en nuestro estudio

hemos utilizado el momento en que está disponible el informe radiológico en el RIS/CIS como base para calcular el RTT o la disponibilidad de los informes. En un instituto radiológico en el que trabajan numerosos médicos en especialización, el especialista o médico jefe tarda más tiempo, como es lógico, en finalizar el informe que en una consulta radiológica en la que prácticamente todos los informes son elaborados por especialistas. Además, transcurre un mayor RTT hasta que se obtiene el informe validado definitivo. Este retardo se puede compensar con la distribución electrónica de los informes en el CIS y además con conversaciones diarias en la clínica, demostraciones de casos y el contacto personal entre los radiólogos y los médicos de otras especialidades, para evitar un retardo considerable de las decisiones terapéuticas. La evaluación del SRH en el caso del turno de noche y del servicio de urgencias demuestra que se da preferencia al modo en línea, con una tendencia en general distribuida por igual entre el DPL y el DEL.

No se ha podido establecer una reducción de las consultas por parte de los colegas⁽³⁸⁾ a pesar de la mayor disponibilidad de informes inmediatos (a diferencia de las observaciones de Hayt *et al.* (2001)⁽¹⁶⁾). Los dos modos del SRH (por lotes y en línea) han dado lugar a un cambio en el flujo de trabajo de transcripores y radiólogos: el DPL acelera la transcripción/corrección de los dictados digitales de informes elaborados por el servicio de transcripción. El DEL permite que el médico en especialización finalice el informe y el médico especialista lo firme en una misma etapa de trabajo (con un mayor consumo de tiempo inicial para dictar el informe y corregirlo). Algunos autores han utilizado la reducción de los costos de transcripción, conseguida gracias al ahorro en mano de obra, como argumento en favor del SRH^(6,13). Langer (2002), en cambio, compara el porcentaje de costos de los radiólogos y los transcripores por informe: si el SRH da lugar a una productividad inferior de los radiólogos (que cobran más) y se utiliza el SRH en línea en el 100% de los casos, los costos por informe aumentan, ya sea porque se prolonga la jornada laboral o porque se reduce el volumen de informes elaborados por cada radiólogo⁽²⁷⁾. Para medir la productividad de los radiólogos, se puede tener en cuenta el número de informes elaborados durante una jornada laboral definida. No hemos realizado un análisis por persona de la productividad y los costos de mano de obra de los radiólogos que han participado en el estudio prospectivo pero, subjetivamente, podemos afirmar que la implementación del SRH no ha prolongado demasiado la jornada laboral diaria de los radiólogos. En el análisis prospectivo se observa como mínimo una ligera reducción de la longitud de los informes elaborados con DPL y DEL en comparación con los elaborados con DC. La evaluación retrospectiva de la base de datos del RIS muestra una clara mejoría

de la disponibilidad de los informes a corto y mediano plazo, es decir, reducción del RTT en el caso de las modalidades estudiadas.

La utilización flexible del reconocimiento por lotes y en línea permite a los radiólogos de nuestro instituto elegir entre la transcripción de informes por parte de los digitadores (DPL) o una edición propia de los informes en el turno de noche/servicio de urgencias (DEL) a fin de realizar una distribución digital inmediata de los informes en el sistema de información clínica. El tiempo que se ahorra al utilizar el DPL (sobre todo durante la jornada laboral habitual) se debe contraponer como aspecto que influye en los costos de la disponibilidad inmediata de informes en toda la clínica, cuando se utiliza el DEL y como aspecto que influye en la calidad del servicio de radiología.

La implementación de un SRH integrado por completo en PACS/RIS ha permitido mejorar considerablemente la disponibilidad de informes a corto y mediano plazo en nuestro instituto para todas las modalidades y, de forma indirecta, ha mejorado considerablemente la calidad del servicio radiológico clínico. En el caso de CR, en comparación con el DC, el consumo de tiempo inicial es 1,2 veces mayor (DPL) y 1,4 veces mayor (DEL) por informe dictado con el SRH, lo que se debe a una transcripción/corrección más cercana en el tiempo al DPL por parte de los digitadores. La alta aceptación del DEL por parte de los radiólogos permite trabajar con más flexibilidad.

Bibliografía

1. Mehta A, McLoud TC. Voice recognition. J Thorac Imaging 2003; 18: 178-82.
2. White KS. Speech recognition implementation in radiology. Pediatr Radiol 2005; 35: 841-846.
3. Marquez LO, Stewart H. Improving medical imaging report turnaround times: the role of technology. Radiol Manage 2005; 27: 26-31.
4. Teichgräber UK, Ehrenstein T, Lemke M *et al.* Digitale Spracherkennung bei der Erfassung computertomographischer Befundtexte. Fortschr Röntgenstr 1999; 171: 396-399.
5. Zafar A, Overhage JM, McDonald CJ. Continuous speech recognition for clinicians. J Am Med Inform Assoc 1999; 6: 195-204.
6. Antiles S, Couris J, Schweitzer A *et al.* Project planning, training, measurement and sustainment: the successful implementation of voice recognition. Radiol Manage 2000; 22: 18-31; quiz 32-16.
7. Nissen-Meyer S, Holzknicht N, Wieser B *et al.* Produktivitätsverbesserung durch klinikweite RIS und PACS: eine Fallstudie. Radiologe 2002; 42: 351-360.
8. Gillissen C, Teichgräber UK, Neumann F *et al.* Prozesssimulation zur prospektiven Nutzwertanalyse einer voll digitalisierten Arbeitsumgebung am Beispiel eines sonographischen Arbeitsplatzes. Fortschr Röntgenstr 2003; 175: 1697-1705.
9. Langen HL, Bielmeier J, Wittenberg G *et al.* Workflowverbesserung und Effizienzsteigerungsaspekte durch nahezu vollständige Digitalisierung einer Röntgenab-

- teilung. *Fortschr Röntgenstr* 2003; 175: 1309-1316.
10. Busch HP. Das Krankenhaus im Wandel – Die radiologische Abteilung auf dem Weg zum Dienstleistungszentrum Radiologie. *Fortschr Röntgenstr* 2004; 176: 1546-1548.
11. Seltzer SE, Kelly P, Adams DF *et al.* Expediting the turnaround of radiology reports: use of total quality management to facilitate radiologists' report signing. *Am J Roentgenol* 1994; 162: 775-781.
12. Teichgräber UK, Gillissen C, Neumann F. Methoden des Prozessmanagements in der Radiologie. *Fortschr Röntgenstr* 2003; 175: 1627-1633.
13. Sferrella SM. Success with voice recognition. *Radiol Manage* 2003; 25: 42-49.
14. Langer SG. Impact of tightly coupled PACS/speech recognition on report turnaround time in the radiology department. *J Digit Imaging* 2002; 15: 234-236.
15. Callaway EC, Sweet CF, Siegel E *et al.* Speech recognition interface to a hospital information system using a self-designed visual basic program: initial experience. *J Digit Imaging* 2002; 15: 43-53.
16. Hayt DB, Alexander S. The pros and cons of implementing PACS and speech recognition systems. *J Digit Imaging* 2001; 14: 149-157.
17. Seltzer SE, Kelly P, Adams DF *et al.* Expediting the turnaround of radiology reports in a teaching hospital setting. *Am J Roentgenol* 1997; 168: 889-893.
18. Langer S. Radiology speech recognition: workflow, integration, and productivity issues. *Curr Probl Diagn Radiol* 2002; 31: 95-104.
19. Ramaswamy MR, Chaljub G, Esch O *et al.* Continuous speech recognition in MR imaging reporting: advantages, disadvantages, and impact. *Am J Roentgenol* 2000; 174: 617-622.
20. Gutiérrez AJ, Mullins ME, Novelline RA. Impact of PACS and voice-recognition reporting on the education of radiology residents. *J Digit Imaging* 2005; 18: 100-108.
21. Borowitz SM. Computer-based speech recognition as an alternative to medical transcription. *J Am Med Inform Assoc* 2001; 8: 101-102.
22. Herman SJ. Accuracy of a voice-to-text personal dictation system in the generation of radiology reports. *Am J Roentgenol* 1995; 165: 177-180.
23. Gale B, Safriel Y, Lukban A *et al.* Radiology report production times: voice recognition vs. transcription. *Radiol Manage* 2001; 23: 18-22.
24. Talton D. Perspectives on speech recognition technology. *Radiol Manage* 2005; 27: 38-40, 42-33. Trumm CG *et al.* Einfluss eines PACS-/RIS-integrierten *Fortschr Röntgenstr* 2006; 178: 400-409. Qualität/Qualitätssicherung 408.
25. Rosenthal DI, Chew FS, Dupuy DE *et al.* Computer-based speech recognition as a replacement for medical transcription. *Am J Roentgenol* 1998; 170: 23-25.
26. Schwartz LH, Kijewski P, Hertogen H *et al.* Voice recognition in radiology reporting. *Am J Roentgenol* 1997; 169: 27-29.
27. Langer SG. Impact of speech recognition on radiologist productivity. *J Digit Imaging* 2002; 15: 203-209.
28. Hundt W, Stark O, Scharnberg B *et al.* Speech processing in radiology. *Eur Radiol* 1999; 9: 1451-1456.
29. Houston JD, Rupp FW. Experience with implementation of a radiology speech recognition system. *J Digit Imaging* 2000; 13: 124-128.
30. Pavlicek W, Muhm JR, Collins JM *et al.* Quality-of-service improvements from coupling a digital chest unit with integrated speech recognition, information, and picture archiving and communications systems. *J Digit Imaging* 1999; 12: 191-197.
31. Mehta A, Dreyer KJ, Schweitzer A *et al.* Voice recognition – an emerging necessity within radiology: experiences of the Massachusetts General Hospital. *J Digit Imaging* 1998; 11: 20-23.
32. Zafar A, Mamlin B, Perkins S *et al.* A simple error classification system for understanding sources of error in automatic speech recognition and human transcription. *Int J Med Inform* 2004; 73: 719-730.
33. Devine EG, Gaehde SA, Curtis AC. Comparative evaluation of three continuous speech recognition software packages in the generation of medical reports. *J Am Med Inform Assoc* 2000; 7: 462-468.
34. Mohr DN, Turner DW, Pond GR *et al.* Speech recognition as a transcription aid: a randomized comparison with standard transcription. *J Am Med Inform Assoc* 2003; 10: 85-93.
35. Vorbeck F, Ba-Ssalamah A, Kettenbach J *et al.* Report generation using digital speech recognition in radiology. *Eur Radiol* 2000; 10: 1976-1982.
36. Arndt H, Petersein J, Stockheim D *et al.* Anwendung der digitalen Spracherkennung in der radiologischen Routine. *Fortschr Röntgenstr* 1999; 171: 400-404.
37. Lemme PJ, Morin RL. The implementation of speech recognition in an electronic radiology practice. *J Digit Imaging* 2000; 13: 153-154.
38. Kubik-Huch RA, Rexroth M, Porst R *et al.* Wie zufrieden sind die klinischen Partner mit der Arbeit eines radiologischen Instituts? Entwicklung und Testung eines Fragebogens. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177: 429-434.