

Proceedings Article

Misure di fascio in Tomoterapia[®] con Tomodose[®] in una gestione del reparto di Oncologia Radioterapica via web

D. FONTANAROSA*[◇], A. DASSIE[◇], M. CALDERAN[◇]

* *Tecnologie Avanzate Srl, Torino*

[◇] *Struttura Operativa Complessa di Fisica Medica, Centro di Riferimento Oncologico, Aviano (Pordenone)*

RIASSUNTO: La presenza all'interno della struttura ospedaliera di una LAN (Local Area Network) è sufficiente per predisporre un sistema web-based per la gestione di processi e risorse all'interno del reparto di Radioterapia in maniera integrata, espandibile e scalabile. Vengono presentati i molteplici vantaggi in questo tipo di gestione, in particolare se è anche disponibile una connessione a una WAN (Internet). Per costruzione, il sistema permette di operare in conformità con le norme dei sistemi di gestione per la qualità ISO 9000. La costituzione di un patrimonio centralizzato di dati è l'aspetto fondamentale: la loro raccolta quotidiana non viene dispersa bensì concentrata e resa accessibile a tutti i clients, riducendo in questo modo le ridondanze e aumentando l'efficienza. Ciò è particolarmente evidente nei casi in cui venga eseguito un confronto incrociato tra misure effettuate con metodi differenti, come nell'esempio riportato sulle misure di fascio dell'apparato di Tomoterapia[®]. Viene presentato un procedimento per interpretare, in un ambiente gestito via web, le discrepanze tra le misure effettuate con i detectors on-board Tomotherapy[®], con il Tomodose[®] e con le camere a ionizzazione. Da notare come i dati raccolti con i vari metodi di misura vengano analizzati e confrontati in tempo reale e come la base dei dati rimanga disponibile per costruire storici che possono essere utili per previsioni.

PAROLE CHIAVE: Tomodose, Tomoterapia, Trattamento radioterapico.

Tomotherapy[®] beam measurements with Tomodose[®] in a web-based RadioTherapy management environment

SUMMARY: The presence, inside the hospital facility, of a LAN (Local Area Network) is sufficient in order to arrange a web-based system for the management of processes and resources inside a Radiotherapy Department in an integrated, expandable and scalable way. The many benefits in this kind of management are here exposed, in particular if a connection to a WAN (Internet) is available. For construction, the system allows to operate in conformity with the ISO 9000 standard. The constitution of a central database is the fundamental aspect: daily data collection is concentrated and made accessible to all the clients, thus reducing redundancies and increasing efficiency. This is particularly evident when a cross-check among measurements performed with different methods is necessary, as in the reported example on beam measurements on a Tomotherapy[®] device. A procedure is introduced to correctly read the discrepancies, from a web-management point of view, among measurements performed with Tomotherapy[®] Xe on-board detectors, Tomodose[®] and ion chambers. Data collected with different measurement methods are analyzed and compared in real time. The database remains available in order to build time trends that can be useful for forecasts.

KEY WORDS: Tomodose, Tomotherapy, Radiotherapy management.

Correspondence: Dr. Davide Fontanarosa, Centro di Riferimento Oncologico, via Franco Gallini 2, 33081 Aviano (PN), tel. 0434-659171, fax: 0434-659524, e-mail: davide.fontanarosa@radiazioni.it; www.tecnologieavanzate.com

Rivista Medica 2007; 13 (3): 57-61.

ISSN: 1127-6339. Fascicolo monografico: ISBN: 978-88-8041-075-1.

Comunicazione presentata al "1° Convegno Nazionale di TomoTerapia", 25 maggio 2007, Aviano (Pordenone). Copyright © 2007 by new Magazine edizioni s.r.l., via dei Mille 69, 38100 Trento, Italia. Tutti i diritti riservati. Indexed in EMBASE/Excerpta Medica. www.rivistamedica.it

□ AMBIENTE DI GESTIONE VIA WEB

Tra le problematiche che possono essere causa di inefficienza in una organizzazione, c'è lo scarso scambio di informazioni, frutto della tendenza dei singoli componenti ad acquisire, organizzare e utilizzare in modo autonomo i propri dati. Ciò comporta la involontaria costituzione di "isole informative" raramente condivise, spesso ridondanti; capita quindi di dover ricercare o acquisire nuovamente dati storici, quando gli stessi sono magari semplicemente disponibili in un'altra "isola informativa", tutto ciò con ulteriore dispendio (e spreco) di risorse. Inoltre, il patrimonio delle informazioni diventa di proprietà del singolo, mentre la sua ri-acquisizione può diventare elemento di inefficienza per l'intera organizzazione. Quanto esposto è ancor più evidente se l'organizzazione è operativa su più sedi territoriali. Da queste problematiche è nata l'esigenza di creare un sistema che permettesse la centralizzazione dei dati, la loro fruizione da più punti (anche territorialmente distanti) in tempo reale e che, specificatamente per la nostra

realtà, si integrasse con il sistema di gestione della qualità del reparto.

La nostra scelta è stata quella di utilizzare le tecnologie web (RIA: Rich Internet Applications) creando quindi un sistema client-server basato su web-applications. Le RIA sono applicazioni web che hanno le caratteristiche e le funzionalità delle tradizionali applicazioni desktop (cioè residenti sul computer). Nelle RIA è utilizzata a livello client la parte dell'applicazione che processa i dati e fornisce una risposta all'interfaccia utente, mentre la gran parte dei dati e dell'applicazione rimane sul server (Figura 1). Tra i vantaggi introdotti da queste tecnologie c'è la possibilità di usare risorse hardware preesistenti, sia per la rete LAN sia per le stazioni client (mantenendo per ognuna il proprio sistema operativo). Infatti, non è necessario alcun software specifico, è sufficiente un semplice web browser: in tal modo qualsiasi calcolatore collegato alla LAN è potenzialmente una stazione di lavoro e, nel caso in cui la rete informatica sia di tipo geografico (WAN), il sistema può anche essere utilizzato in remoto (come un normale sito web).

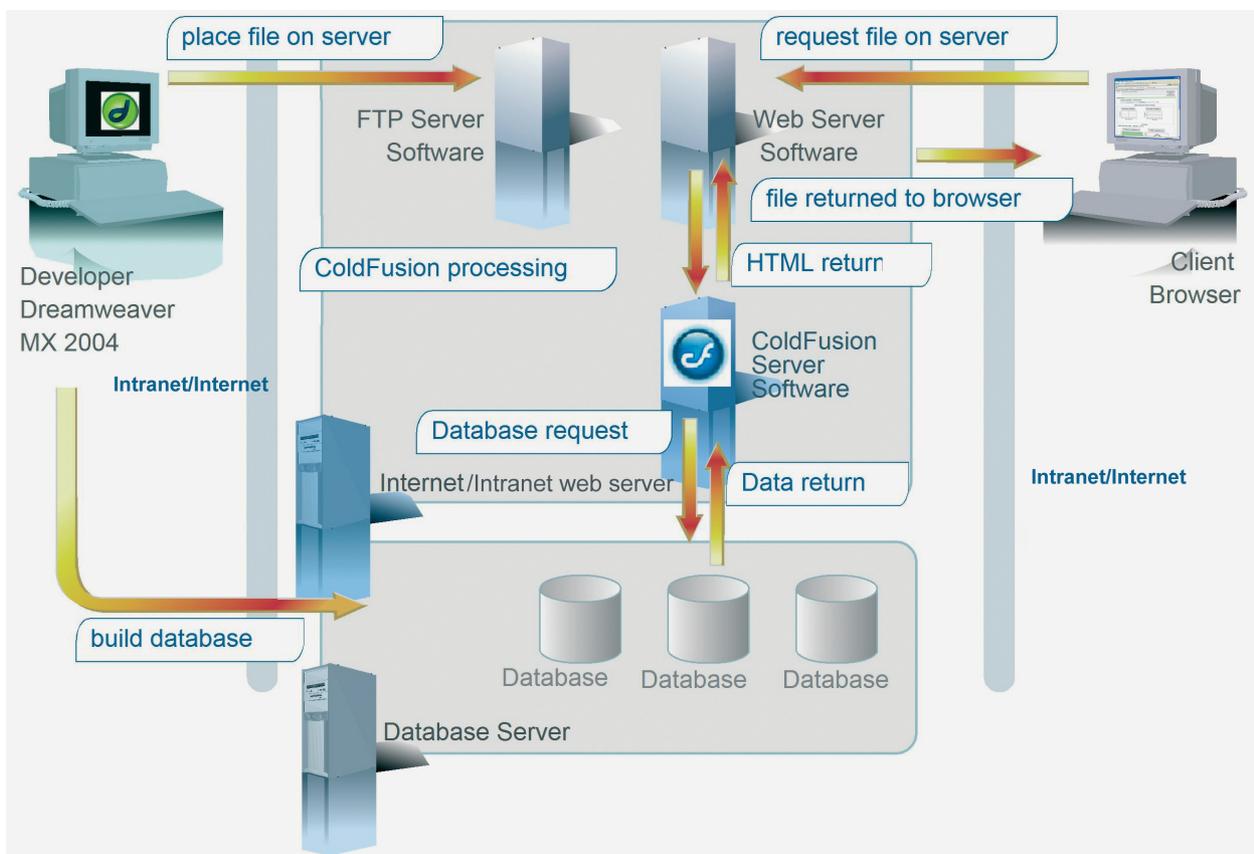


Figura 1. Principio di funzionamento generico di una web-application (www.adobe.com).

Le informazioni sono perciò disponibili sempre e dovunque, fatta salva la politica di controllo degli accessi, mantenendo il patrimonio dei dati centralizzato nel web server. In tal modo sono anche soddisfatti alcuni requisiti delle norme ISO 9000 relativi all'identificazione della responsabilità (grazie al controllo degli accessi), al controllo della documentazione (i documenti pubblicati sono sempre quelli più aggiornati) e alla mappatura dei processi operativi (il flusso del processo stesso può essere definito dalla logica di navigazione sul sito). Inoltre le tecnologie web stanno recentemente dimostrando di essere dei sistemi aperti, in grado di utilizzare diversi linguaggi di programmazione (.net, java, SQL, CORBA, ecc.) per interfacciarsi naturalmente con le altre tecnologie, come ad esempio quelle multimediali, i database o le strumentazioni elettroniche. Il linguaggio di programmazione da noi utilizzato è la versione 7 di Adobe - Coldfusion MX⁽¹⁾, che permette un rapido e semplice sviluppo degli applicativi mantenendo nel contempo un'elevata potenzialità di sviluppo, installato su server Microsoft IIS. Il database utilizzato è MySQL V4.0. Sono state predisposte delle pagine web dinamiche di autenticazione ed accesso ai moduli on line (form) di raccolta dati per le apparecchiature di terapia (Figura 2). In tal modo i dati inseriti (manualmente e/o automaticamente) sono processati e memorizzati nel database di rete. In qualsiasi momento l'operatore può interrogare il database per ottenere dei reports preconfigurati (nella forma di grafico o di documento PDF) o in forma di file MS Excel per eventuali analisi ulteriori. Le pagine web dei moduli raccolta dati contengono anche dei links alle relative istruzioni operative (Figura 3).

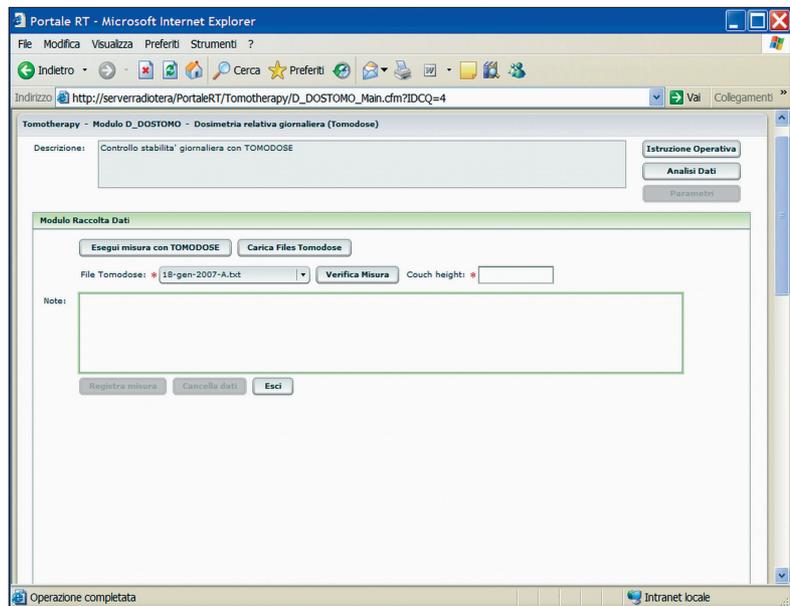


Figura 2. Modulo web: raccolta dati e valutazione controllo Tomodose.

INTEGRAZIONE DI TOMODOSE® NEL SISTEMA ED ESEMPIO DI UTILIZZO

Tomotherapy® è un sistema radioterapico innovativo in cui l'irraggiamento viene effettuato da un acceleratore lineare che ruota a 360° intorno al paziente,

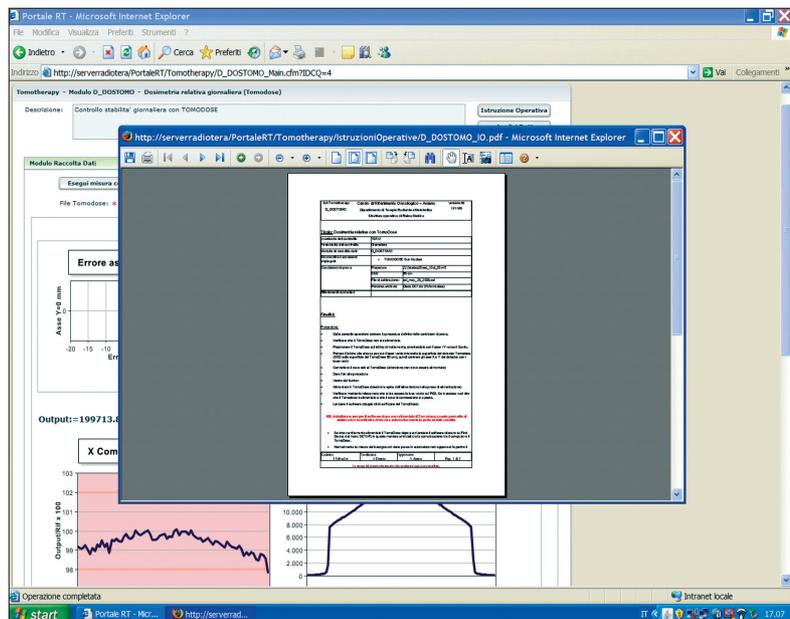


Figura 3. Pagina web con istruzione operativa relativa al controllo Tomodose.

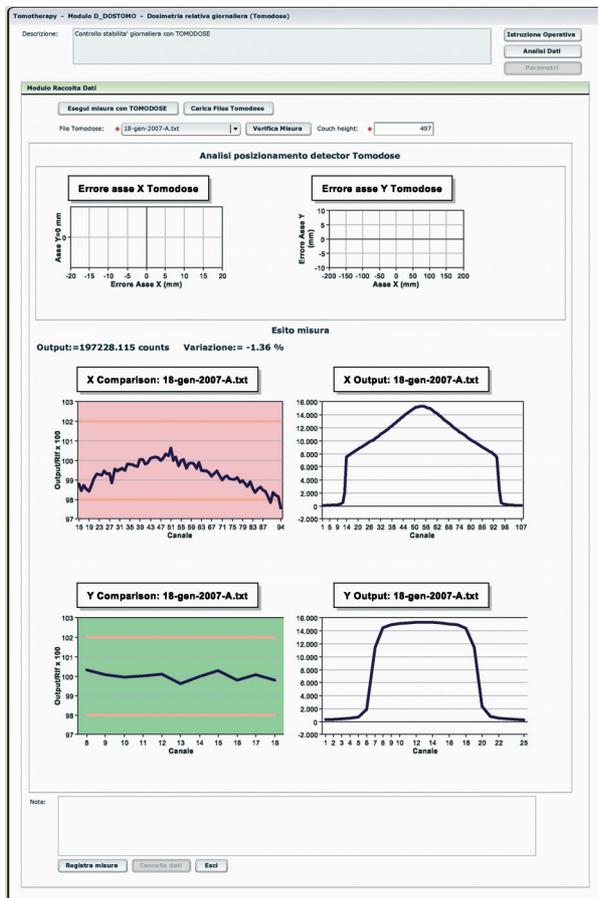


Figura 4. Modulo web: valutazione controllo Tomodose.

mentre quest'ultimo si muove al suo interno su un lettino, ottenendo in questo modo un trattamento "elicoidale". L'acceleratore è un LINAC Siemens da 6 MeV, in cui il fascio di bremsstrahlung viene prodotto dall'impatto degli elettroni su un target sottile in Tungsteno. Le verifiche di routine, per quello che riguarda il fascio statico (quando il LINAC si trova a 0°), sono effettuate su base quotidiana tramite un fantoccio (detto "cheese-phantom"), fornito insieme all'apparecchiatura, con delle camere a ionizzazione e tramite un apparecchio specificatamente prodotto per la dosimetria sulle macchine Tomotherapy® detto Tomodose® (prodotto da Sun Nuclear Corp.). Tomotherapy® non prevede invece, da parte dei suoi ingegneri, controlli di routine sul fascio statico, ma solo un controllo settimanale sul fascio dinamico (mentre il LINAC ruota attorno al lettino) tramite i 640 detectors allo Xe presenti sull'apparecchio e disposti in linea su un arco di cerchio sulla parte di stativo opposta a quella dove si trova il LINAC. All'aumentare della quantità di MU erogate, il target si assottiglia

causando la variazione dello spettro energetico e della distribuzione spaziale del fascio. La macchina è sprovvista di flattening filter, perciò la distribuzione spaziale del fascio all'isocentro della macchina (a 85 cm dal target) si presenta come un "cono rovesciato" in cui la variazione in intensità di dose tra il centro e i bordi è tipicamente del 50%⁽¹⁾. La costanza di questo rapporto viene utilizzata da Tomotherapy®, insieme alla costanza dell'output integrato su tutto il fascio letto dalle camere a ionizzazione presenti subito dopo il target, per valutare l'affidabilità della macchina. In letteratura sono presenti lavori che dimostrano l'affidabilità di Tomodose® per la valutazione della variazione della distribuzione spaziale del fascio⁽²⁾. Si è quindi considerata la possibilità di implementare una funzione java nella web application che calcolasse la variazione del profilo di dose letto sull'asse lungo del Tomodose® (asse X, perpendicolare alla direzione di moto del lettino) rispetto a un riferimento e la riportasse in un grafico in cui fossero presenti anche dei limiti massimi di variazione, direttamente dopo la lettura; in tal modo anche il tecnico sanitario di radiologia medica, immediatamente dopo aver effettuato le misure (che vengono automaticamente caricate nel database di rete), è in grado di valutare la misura eseguita grazie a un sistema grafico intuitivo (Figura 4). In caso di non conformità della misura, il sistema genera automaticamente una email di alert verso i responsabili della Fisica Sanitaria. L'obiettivo era avere un confronto diretto con le valutazioni sul fascio effettuate dagli ingegneri di Tomotherapy®, e poter prevedere autonomamente l'andamento dell'assottigliamento del target. In seguito altri parametri sono stati implementati e in particolare: analisi di tutti e nove i profili spaziali del Tomodose®, integrazione spaziale dell'output sui profili principali lungo gli assi X e Y, e integrazione spaziale dell'output sui 5 diodi centrali lungo l'asse X. La ragione per l'implementazione di queste grandezze si rende evidente quando si consideri l'effetto dell'assottigliamento del target sul fascio: il rapporto tra la dose in asse e quella fuori dall'asse aumenta, le "spalle" del cono si abbassano; inoltre l'output complessivo della macchina aumenta (perlomeno fino al momento in cui il target non si assottiglia talmente da non avere più spessore sufficiente perché tutti gli elettroni del fascio interagiscano: da quel momento in poi l'output inverte la sua tendenza). Per contenere questo effetto il tecnico Tomotherapy® può agire su un parametro della macchina, il voltaggio relativo al PFN (Pulse Forming Network), diminuendo il quale

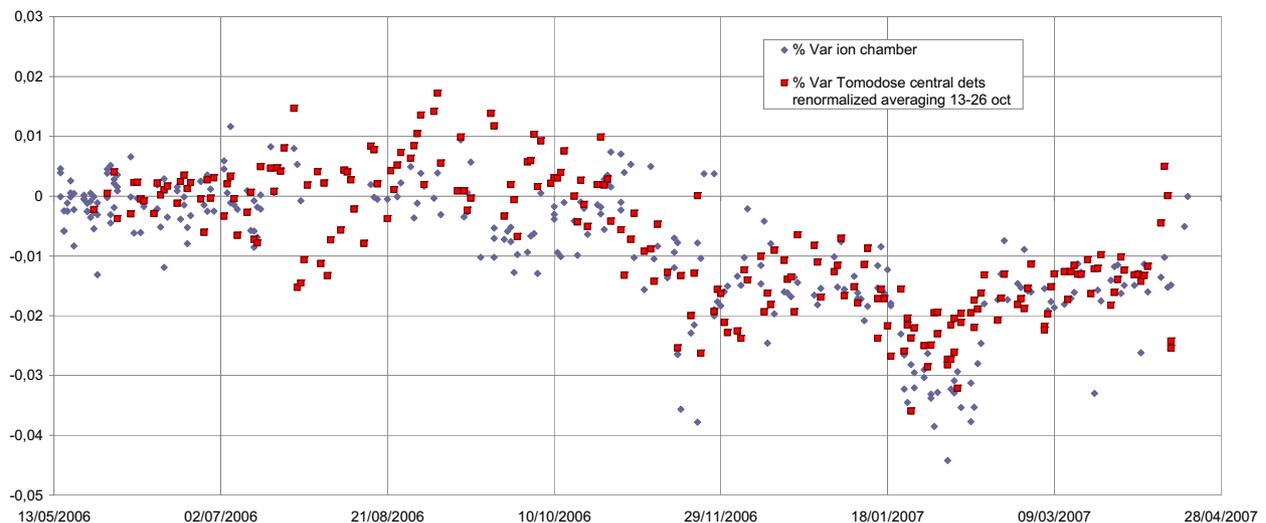


Figura 5. Confronto letture camere a ionizzazione “cheese phantom” con diodi centrali Tomodose lungo l’asse X.

si ottiene l’effetto di abbassare l’energia del fascio e di rialzare perciò le “spalle” del cono. In alcuni casi però (se l’output sta scendendo ad esempio) non è sufficiente agire sul PFN e sarà allora necessario intervenire su altri parametri, come ad esempio l’Inj I, la corrente di elettroni che percorre il LINAC. Aumentando questa grandezza si ottiene l’effetto di alzare le “spalle” del cono e di alzare l’output.

Sulla macchina Tomotherapy® presente nel nostro centro, il giorno 18 gennaio 2007 è stata effettuata una doppia variazione: aumento dell’Inj I e diminuzione del PFN, con il risultato finale di riportare all’interno dei margini di affidabilità la macchina, secondo le misure effettuate dall’ingegnere Tomotherapy®. Nei giorni successivi la macchina, sempre secondo Tomotherapy®, si è mantenuta perfettamente in specifica. Viceversa, le misure effettuate con le camere a ionizzazione e il cheese phantom indicavano una variazione netta dell’output, in discesa rapida. Il trend si è mantenuto fino al cambiamento del target, 9 febbraio 2007. Facendo un confronto con il trend dell’output secondo Tomotherapy® si trova un ottimo accordo con l’integrazione lungo X del Tomodose® e, anche se meno stringente, con l’integrazione lungo Y. Invece il trend delle camere a ionizzazione si riconosce solo nell’output dei detector centrali lungo l’asse X del Tomodose® (Figura 5). L’implementazione di questo parametro, non previsto né dal software commerciale distribuito con il Tomodose® né da Tomotherapy®, ha permesso l’introduzione di una possibile spiegazione del fenomeno, che altrimenti sarebbe ri-

masta un’anomalia presente solo nelle misure con le camere a ionizzazione. La variazione nel profilo del fascio, dovuta a una differente diffusione dei fotoni di bassa energia al variare dello spessore del target, si manifesta diversamente integrando spazialmente la dose su tutto il profilo (camere piatte on-board, detectors on-board, integrazione lungo X dei diodi del Tomodose®) oppure leggendo la dose al centro (camere a ionizzazione con cheese phantom, detectors on-board centrali e diodi centrali del Tomodose®). Tomodose® può diventare perciò uno strumento in grado di riassumere in sé le altre metodiche dosimetriche specifiche di questo caso.

Questo esempio riassume perfettamente il vantaggio di una gestione di questo tipo: i dati raccolti permettono la costruzione di un trend che consente di controllare il comportamento dell’apparecchiatura e in alcuni casi di attuare delle azioni correttive prima che la stessa subisca un fermo macchina.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Jeraj R., Mackie T.R., John Balog J., Olivera G., Pearson D., Kapatoes J., Ruchala K., Reckwerdt P.: Radiation characteristics of helical tomotherapy. *Med Phys* 2004; 31 (2): 396-404.
2. Langen K.M., Meeks S.L., Poole D.O., Wagner T.H., Willoughby T.R., Zeidan O.A., Kupelian P.A., Ruchala K.J., Olivera G.H.: Evaluation of a diode array for QA measurements on a helical tomotherapy unit. *Med Phys* 2005; 32 (11): 3424-3430.