

Proceedings Article

□ TomoThinking in un Dipartimento di Radioterapia

I. ABU RUMEILEH, R. BORTOLUS, G. FRANCHIN, C. GOBITTI, R. INNOCENTE, M. MINATEL, M.G. TROVÒ

Struttura Operativa Complessa di Oncologia Radioterapica, Centro di Riferimento Oncologico (CRO), Aviano (Pordenone)

RIASSUNTO: Nel maggio 2006, presso il Dipartimento di Terapia Radiante del Centro Oncologico di Aviano, è stato installato il sistema Tomotherapy Hi-Art. Il sistema Tomotherapy Hi-Art consente una sofisticata forma di IMRT (Intensity Modulated Radiotherapy) con un fascio di radiazioni a ventaglio in movimento rotazionale continuo ed una traslazione longitudinale del piano portapaziente. Il sistema è comprensivo di un elaboratore per il calcolo della distribuzione di dose (eseguito con pianificazione "inversa"), di un software ed un hardware che permettono la IGRT (Image Guided Radiotherapy), con la verifica ed il controllo del posizionamento del paziente mediante confronto di immagini tomografiche nelle singole sedute e/o fra una seduta ed un'altra. In questo anno di esperienza, il sistema Tomoterapia Hi-Art, è stato utilizzato per il trattamento di 80 pazienti, con neoplasie varie, che richiedevano trattamenti radioterapici altamente conformati o un incremento di dose biologicamente efficace al volume bersaglio. Ma il vantaggio maggiormente percepito dall'arrivo del nuovo sistema, è stato un cambiamento o precisamente un'evoluzione culturale che ha visto coinvolto tutte le figure professionali della nostra Struttura Operativa in particolare il personale medico (Oncologi Radioterapisti).

PAROLE CHIAVE: Radioterapia con fasci modulati in intensità, Radioterapia guidata dalle immagini, Teragnostica, Tomoterapia.

□ TomoThinking in a Radiation Oncology Department

SUMMARY: In May 2006, at the Department of Radiation Oncology of the Oncology Center - Aviano, a Tomotherapy Hi-Art System has been installed. The Tomotherapy Hi-Art System provided a sophisticated kind of IMRT (Intensity Modulated Radiotherapy) treatment with a bundle of fan beamlets in continuous rotation motion combined with couch/patient longitudinal travel. The system is comprehensive of a computer for the calculation of the distribution of dose (executed with "inverse" planning), of a software and a hardware that allow the IGRT (Image Guided Radiotherapy), with the verification and the control of the positioning of the patient by means of volumetric comparison during the same session or between one session and another. In this year of experience, the Tomotherapy Hi-Art system, was used for the treatment of 80 patients that required highly conformal radiotherapy treatments or need an increment of biologically effective dose to the volume target. But the advantage mainly perceived from the arrival of the new system, has been a change or a cultural evolution that involved all the professional figures in our Department in particular the medical staff (Radiation Oncologist).

KEY WORDS: Intensity Modulated Radiotherapy, Image Guided Radiotherapy, Theragnostic, Tomotherapy.

Correspondence: Dr. Imad Abu Rumeileh, S.O.C. di Oncologia Radioterapica, Centro di Riferimento Oncologico, via Franco Gallini 2, 33081 Aviano (PN), tel. 0434-659523, fax 0434-659524, e-mail: imad@cro.it

Rivista Medica 2007; 13 (3): 15-20.

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

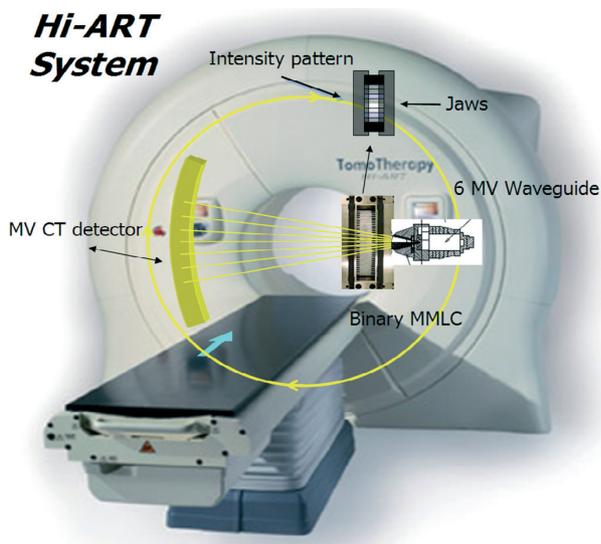


Figura 1. Sistema TomoTherapy Hi-Art (schema illustrativo).

□ IL SISTEMA TOMOTERAPIA “HI-ART”

È la più moderna e sofisticata tecnica di radioterapia a fasci esterni, chiamata con questo acronimo perché unisce la tecnologia di radioterapia ad intensità modulata (IMRT), con la tecnica della tomografia computerizzata (TC) spirale.

È un'unità di trattamento dedicata all'irradiazione con fasci ad intensità modulata il cui trattamento radiante viene erogato in modalità elicoidale grazie al movimento rotazionale del “gantry” con il concomitante movimento longitudinale del lettino porta-paziente, oltre ad essere dotata di un sistema di “Image Guided” completamente integrato che permette una corretta registrazione del paziente mediante il confronto diretto di immagini volumetriche ricavate da due TC a spirale: la prima (cosiddetta di riferimento) ricavata dall'immagine TC sulla quale è stata calcolata la distribuzione di dose; la seconda ricavata dalla TC ad alto voltaggio incorporata nella macchina di tomoterapia e ricostruita immediatamente prima del trattamento.

La sorgente di irradiazione, un acceleratore lineare con fotoni da 6 Mv posto su un gantry circolare simile ad uno scanner CT, ruota in sincronia con i movimenti longitudinali continui del lettino porta-paziente, creando così un fascio ad intensità modulata con andamento elicoidale, che viene modulato da un collimatore multi-lamellare (MLC) (Figura 1). Il risultato è quello di avere una distribuzione di dose estre-

mamente omogenea e senza soluzioni di continuità e artefatti di giunzione dei campi.

L'elaborazione “inversa” del piano di trattamento permette all'Oncologo Radioterapista, dopo aver stabilito i contorni precisi di ciascuna regione di interesse (tumore) e di ciascuna regione a rischio su un'immagine 3D proveniente da una TC, da una PET/CT o RM, di decidere il livello di dose al tumore e la dose accettabile agli organi critici circostanti.

Il sistema calcola il percorso, la posizione e l'intensità del fascio da erogare in modo da seguire la prescrizione dell'Oncologo Radioterapista nel modo più preciso possibile. L'erogazione della dose viene verificata in tempo reale mediante i rivelatori, posti a valle del paziente, in modo da venire immediatamente interrotta in presenza di qualche errore.

Inoltre la dose realmente somministrata e misurata dai detettori della TC può essere usata per creare e per rappresentare, mediante un algoritmo iterativo di deconvoluzione, una ricostruzione di distribuzione della dose realmente erogata sull'immagine MvCT, ripresa durante il trattamento stesso. In questo modo si realizza un effettivo controllo della dose somministrata, che viene confrontata con la distribuzione di dose del piano di trattamento calcolato. Tutto questo può permettere nei trattamenti successivi una “adaptive therapy”, mediante IGRT (Image Guided Radiotherapy): regioni del “target-volume” alle quali è stata somministrata una dose bassa potrebbero riceverne una più elevata nelle frazioni successive, mentre regioni di tessuto sensibile potrebbero ricevere una dose di radiazioni inferiore.

□ UN ANNO DI ESPERIENZA CLINICA

In un anno di attività (maggio 2006 - aprile 2007), utilizzando la tomoterapia, sono stati trattati 80 pazienti affetti da neoplasie primitive o da recidive. Le indicazioni al trattamento con la tomoterapia erano legate ai seguenti criteri:

- volume di trattamento molto complesso (ad esempio, angiosarcoma del cuoio capelluto) (Figura 2);
- volume di trattamento molto grande (ad esempio, mesotelioma (Figura 3), volume cranio-spinale);
- dose-escalation con obbligo di IGRT (polmone, prostata, testa e collo);
- casi speciali (lesioni paravertebrali, metastasi multiple).

Degli 80 pazienti trattati (Tabella 1), 14 erano affetti da adenocarcinoma prostatico, 12 pazienti con neo-

plasia polmonare, in 13 la sede del tumore era nel distretto testa-collo, i pazienti pediatrici e adolescenti sono stati 13 ed infine 28 pazienti con patologie a sedi diversi (ad esempio: esofago, fegato, pleura, cuoio capelluto, ecc.).

□ IL PERCORSO DI UN “PROGETTO DI CAMBIAMENTO”

L'oncologia radioterapica viene definita come la disciplina in cui lo specialista in oncologia utilizza le radiazioni per la cura dei tumori. Ciò implica che i due aspetti o precisamente le due anime della disciplina, quella clinica e quella tecnologica, siano in equilibrio. Nel 1994, la nostra Struttura Operativa è stata una delle prime Radioterapie italiane a dotarsi di “Simul-TC”, una TC dedicata all’acquisizione di immagini e dati necessari per l’elaborazione di un piano di trattamento radioterapico 3D (tridimensionale). Era l’inizio del passaggio dai trattamenti 2D (bidimensionale), in cui venivano utilizzati campi di trattamento radioterapici valutati mediante proiezione su radio-

Sede	Numero Pazienti
• Polmone	12
• Prostata	14
• Testa e collo	13
• Altre (scalpo, fegato, esofago, metastasi multiple, pleura, ecc.)	28
• Casi pediatrici	13
Totale	80

Tabella 1. Distribuzione dei pazienti trattati con tomoterapia per sede di neoplasia.

grammi standard (Figura 4), ai trattamenti 3D, con valutazione volumetrica (su scansioni TC) della distribuzione della dose da erogare mediante campi multipli (Figura 5). Ben presto la radioterapia 3D diventava 3DCRT, radioterapia conformazionale 3D, con un miglioramento della precisione geometrica e dosimetrica del trattamento conformando la dose al volume bersaglio riducendola agli organi critici circostanti. Per una decade, i trattamenti radioterapici

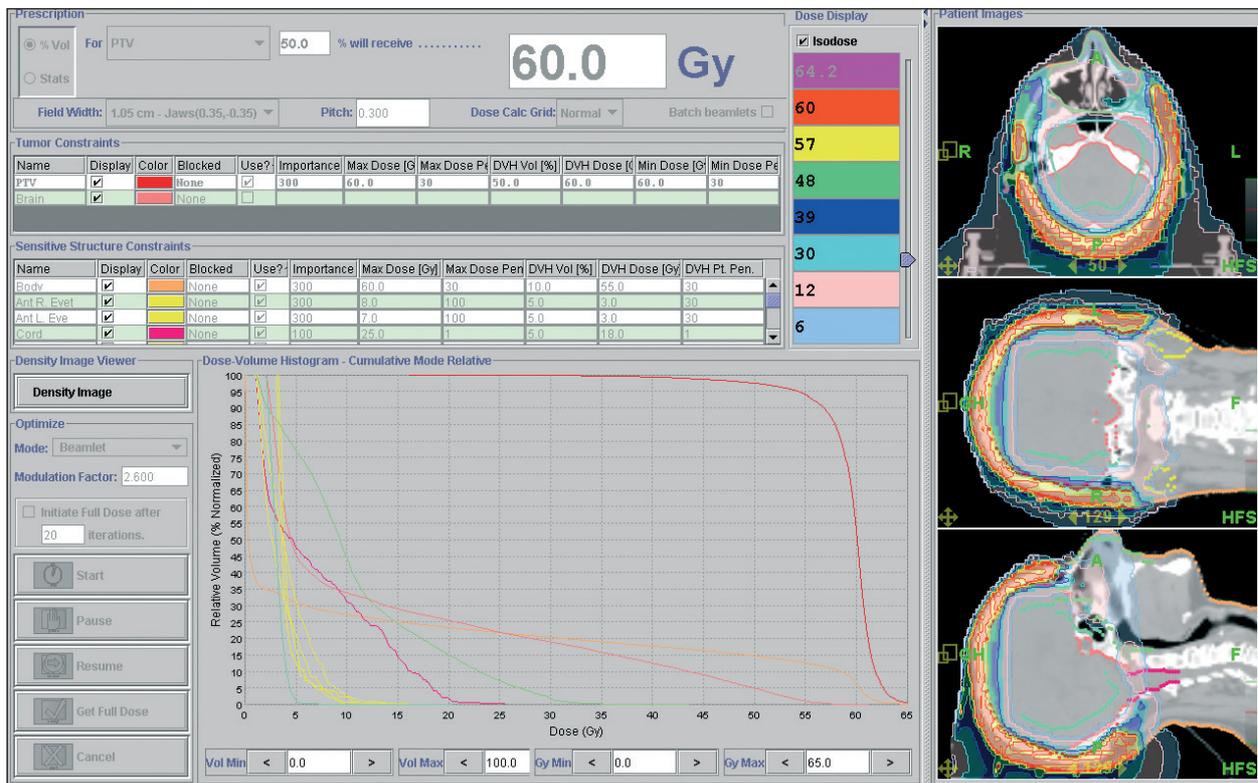


Figura 2. Distribuzione di dose e “Dose Volume Histogram” di un trattamento di angiosarcoma del cuoio capelluto, pianificato per un trattamento con tomoterapia.

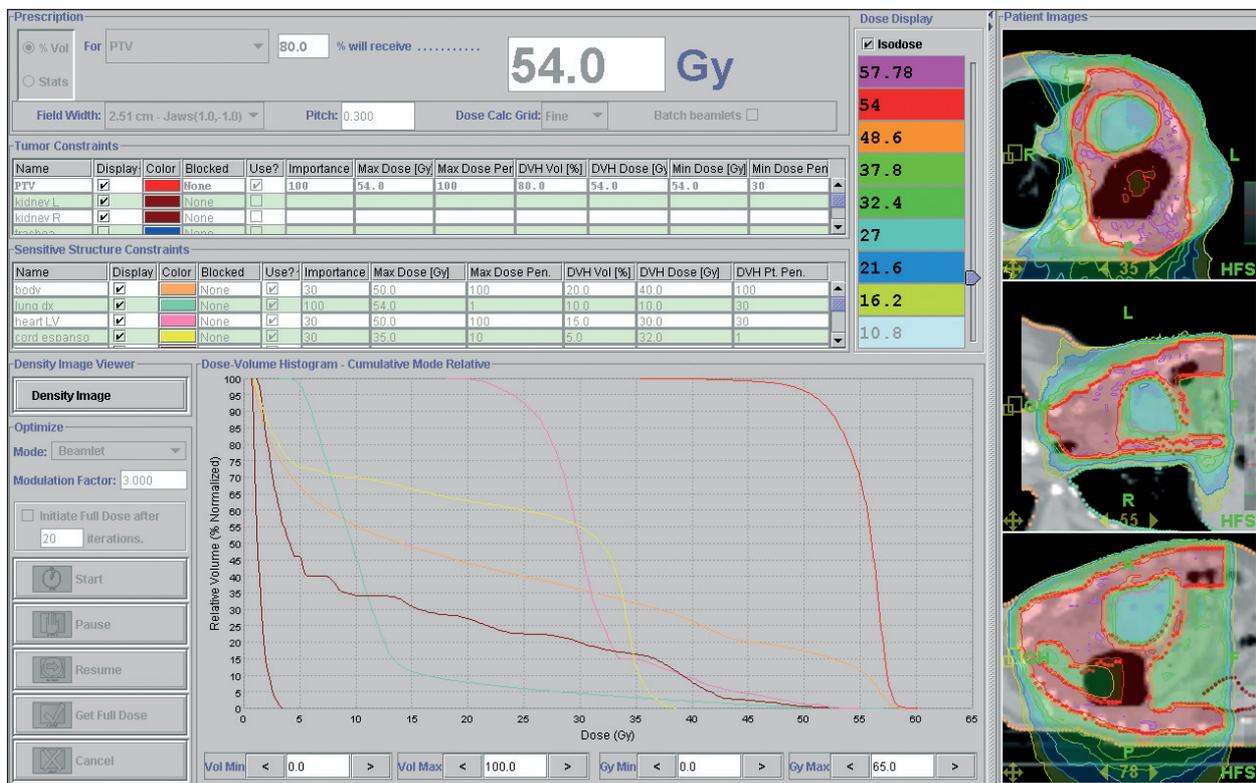


Figura 3. Distribuzione di dose e “Dose Volume Histogram” di un trattamento di mesotelioma, pianificato per un trattamento con tomoterapia.

presso la nostra struttura, venivano eseguiti con metodica 2D, e in tantissimi casi, dove si presentava l’indicazione, veniva utilizzata la metodica 3DCRT. Col tempo l’acquisizione di nuove tecnologie serviva solo a migliorare ed affinare le metodiche in uso.

Il percorso di cambiamento è stato nuovamente avviato nel 2004 con l’implementazione della tecnica IMRT. Anche se questa metodica ha coinvolto un piccolo gruppo di operatori della nostra struttura, ha rappresentato una fase necessaria ed importante per la successiva evoluzione della stessa.

Se è vero che la tecnologia guida l’innovazione, è vero anche che lo sviluppo della “Radioterapia” è stato sempre legato alla tecnologia, e la nostra Unità Operativa è stata un esempio del binomio tecnologia-innovazione. L’introduzione presso il nostro Centro dell’innovativo sistema “Tomotherapy Hi-Art”, ha stimolato il coinvolgimento di gran parte degli operatori di tutte le figure professionali che partecipano al percorso di un trattamento radioterapico. Un coinvolgimento che ha comportato, da una parte la reintroduzione nella pratica clinica, di concetti già noti contenuti nei report ICRU (*International Commission on*

Radiation Units) 50 e ICRU 62, d’altra l’adozione di concetti nuovi o di recente introduzione nella pratica clinica in radioterapia (ad esempio: conformal avoidance, IGRT, teragnostica, ecc.).

□ VECCHI E NUOVI CONCETTI IN RADIOTERAPIA

La Radioterapia è l’utilizzo di un agente fisico che espleta la sua azione provocando un danno al DNA, e che può essere modulata nello spazio e nel tempo. La *modulazione spaziale* avviene attraverso un miglioramento fisico della distribuzione della dose mediante tecnica 3DCRT e IMRT associate a “Treatment Planning System” veloci e di semplice utilizzo, una migliorata accuratezza nell’erogazione della dose attraverso sistemi di posizionamento e di immobilizzazione più accurati associati all’utilizzo di sistemi di IGRT on-line o off-line, infine un maggior impiego di una teragnostica basata non solo su immagini morfologiche (TC, RM, ecografia) ma anche immagini funzionali e molecolari (CT-PET, RM-Spettroscopica).

La *modulazione temporale*, espressa dal concetto “dose-tempo-frazionamento” avviene attraverso l’utilizzo di schemi di ipofrazionamento, iperfrazionamento, frazionamento accelerato oltre al “dose-escalation”. Infine la modulazione intra-individuale che rappresenta una modulazione spazio/temporale legata all’“organ motion” oltre a ciò che avviene all’interno del tumore prima e durante il trattamento.

Una moderna radioterapia, oltre a vantare l’utilizzo delle più innovative tecnologie offerte dal mercato, deve tener conto che il loro utilizzo non può prescindere da una attenta valutazione dell’indicazione al loro impiego. Valutazione basata su un bagaglio culturale che un Oncologo Radioterapista sviluppa nel corso della propria formazione e durante la pratica quotidiana. Tale bagaglio culturale, come anticipato all’inizio, deve comprendere i due aspetti fondamentali sui quali è basata la Disciplina dell’Oncologia Radioterapica: la prima parte è quella clinica che riguarda i principi fondamentali di oncologia, focalizzata sulla storia naturale dei vari tumori, l’interpretazione di sintomi, la diagnosi e le opzioni terapeutiche multidisciplinari. La seconda è quella tecnica, dove è essenziale conoscere le tecnologie e le metodiche disponibili, conoscere le loro potenzialità e i loro limiti e le modalità del loro utilizzo.

L’utilizzo del “dose painting” e del “dose erasing”, utilizzando la 3DCRT e la IMRT, produce una distribuzione di dose altamente precisa, che le incertezze geometriche, normalmente accettabili, diventano imperdonabili in termini di costo (effetti collaterali o mancato controllo del tumore) per il paziente. L’alta precisione nella distribuzione di dose rende obbligatorio l’introduzione di una IGRT altrettanto precisa; i sistemi IGRT disponibili sono innumerevoli e la loro accuratezza è legata maggiormente alla tecnica di erogazione utilizzata, oltre alla sede anatomica interessata dall’erogazione.

L’alta precisione nella distribuzione di dose e nella localizzazione delle strutture fornite dall’impiego di IMRT e IGRT, rende necessaria un’alta precisione nell’individuare e definire il “target”, le strutture critiche e tessuti sani circostanti. Oltre alla posizione, i contorni, sia del target che delle strutture critiche devono essere specificati e delineati chiaramente, in modo da permettere una corretta e precisa elaborazione dei piani di trattamento per pazienti candidati a trattamenti con queste metodiche. Poiché i “treatment planning system” per la IMRT sono disegnati per elaborare una distribuzione di dose altamente conformata per il volume bersaglio, ne consegue che l’eroga-

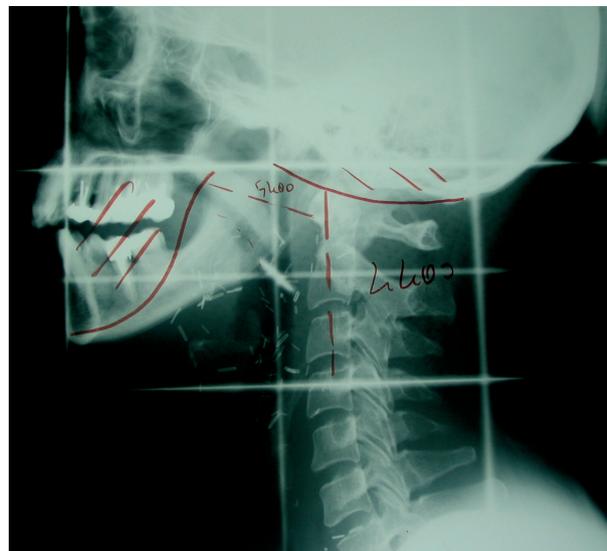


Figura 4. Radiogramma standard di simulazione per un trattamento radioterapico post-operatorio, con 2 campi contrapposti per il distretto testa-collo.

zione della dose di radiazioni al target, deve essere altamente precisa. Per precisa, si intende che la ripetibilità dei vari processi, cioè la localizzazione, la delimitazione del volume bersaglio ed in infine il posizionamento, deve sempre portare alle stesse coordinate.



Figura 5. Curve di distribuzione della dose da erogare su scansione TC.

La precisione o meno nella localizzazione e nel “contouring” del target e degli organi critici, rappresenta un fattore che andrà a influenzare a cascata su tutte le altre fasi del processo di trattamento radioterapico. L’Oncologo Radioterapista ed eventualmente il Fisico Medico, coadiuvato dal Dosimetrista, oltre ad avere un adeguato addestramento e preparazione per il contouring, devono avvalersi di tutte le modalità disponibili di IBRT (Image Based Radiotherapy), che vengono anche indicate con il termine di “Theragnostic Imaging” mediante l’utilizzo di imaging sia morfologiche che funzionale, associate a software che permettono di evidenziare il movimento d’organo e la sua registrazione nel tempo (ad esempio: TC-4D). L’introduzione del fattore tempo come quarta dimensione (3D + tempo = 4D), mette in evidenza due metodiche di erogazione di radioterapia: la radioterapia con il “respiratory-gating” e la “beam tracking”, due metodiche che non fanno parte delle peculiarità del sistema tomoterapia.

□ CONCLUSIONI

Il continuo sviluppo di nuove tecnologie e metodiche in radioterapia, decreta la fine dell’era dell’Oncologo Radioterapista generico, che si occupa e si interessa di tutto, lo stesso vale per il Fisico Medico e per il Tecnico di Radioterapia. Avere delle nozioni di tutto quello che riguarda la disciplina di radioterapia, con un orientamento specifico dedicato a seguire particolari patologie o metodiche speciali di trattamento, rappresenta un scelta obbligata per le varie figure operante in

radioterapia, con una particolare attenzione al continuo integrarsi fra i vari gruppi creati. Lo specialista ha sempre portato al progresso rispetto ad un generico.

□ BIBLIOGRAFIA

1. Bentzen S.M.: Radiation therapy: intensity modulated, image guided, biologically optimized and evidence based. *Radiat Oncol* 2005; 77: 227-230.
2. Bortfeld T., van Herk M., Jiang S.B.: When should systematic patient positioning errors in radiotherapy be corrected? *Phys Med Biol* 2002; 47: N 297-302.
3. Fowler J.F., Tomé W.A., Fenwick J.D., Mehta M.P.: A challenge to traditional radiation oncology. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 60: 1241-1256.
4. Grégoire V., Bol A., Geets X. et al.: Is PET-based treatment planning the new standard in modern radiotherapy? The head and neck paradigm. *Semin Rad Oncol* 2006; 16: 226-232.
5. ICRU-50: Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1993.
6. ICRU-62: Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy (Supplement to ICRU report 50). International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1999.
7. Mackie T.R., Balog J., Ruchala K.J., Shepard D., Aldridge J.S., Fitchard E.E., Reckwerdt P., Olivera G.H., McNutt T., Mehta M.: Tomotherapy. *Semin Radiat Oncol* 1999; 9: 108-117.
8. Olivera G.H., Shepard D.M., Ruchala K.J., Aldridge J.S., Kapatoes J.M., Fitchard E.E., Reckwerdt P.J., Fang G., Balog J., Zachman J., Mackie T.R.: Tomotherapy. In: Van Dyk J. (editor): *Modern technology of radiation oncology*. Madison, Medical Physics Publishing, 1999: 521-587.