



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Farmaci innovativi e ipofrazionamento

PALACONGRESSI DI RIMINI - 30 settembre, 1 - 2 ottobre 2016

Image Guided Radiotherapy: applicazioni e raccomandazioni d'impiego

Paola Franzone



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
e **CESARE ARRIGO**
Alessandria



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



DICHIARAZIONE

Relatore: Paola Franzone

Come da nuova regolamentazione della Commissione Nazionale per la Formazione Continua del Ministero della Salute, è richiesta la trasparenza delle fonti di finanziamento e dei rapporti con soggetti portatori di interessi commerciali in campo sanitario.

- Posizione di dipendente in aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Consulenza ad aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Fondi per la ricerca da aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Partecipazione ad Advisory Board **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Titolarità di brevetti in compartecipazione ad aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Partecipazioni azionarie in aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Altro



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
e **CESARE ARRIGO**
Alessandria



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
 XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
 IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



 Associazione Italiana di Radioterapia Oncologica

HOME ASSOCIAZIONE GRUPPI REGIONALI CORSI E MANIFESTAZIONI GRUPPI DI STUDIO AREA SOCI CONTATTI

**Documento Gruppo Interregionale AIRO
 Piemonte, Liguria e Valle D'Aosta -
 "Indicazioni pratiche all'utilizzo dei sistemi di
 radioterapia a guida d'immagine"**


File allegati



Indicazioni pratiche all'utilizzo
 dei sistemi di radioterapia a
 guida d'immagine

Data di inserimento: 20/04/2016

Radiol med
 DOI 10.1007/s11547-016-0674-x

 CrossMark

RADIOTHERAPY

**Image-guided radiation therapy (IGRT): practical
 recommendations of Italian Association of Radiation Oncology
 (AIRO)**

Paola Franzone¹ · Alba Fiorentino² · Salvina Barra³ · Domenico Cante⁴ ·
 Laura Masini⁵ · Elena Cazzulo⁶ · Liana Todisco¹ · Pietro Gabriele⁷ ·
 Elisabetta Garibaldi⁷ · Anna Merlotti⁸ · Maria Grazia Ruo Redda⁹ · Filippo Alongi² ·
 Renzo Corvò³

Corso FAD N. 3


ASSOCIAZIONE ITALIANA
 RADIOTERAPIA ONCOLOGICA

**CORSO FAD N. 3/2016
 ACCREDITATO 5 ECM**

<http://www.sirm.org/airo/>


**Radioterapia guidata
 dalle immagini:
 tecniche e indicazioni**

Salvina BARRA Genova
 Letizia DEANTONIO Novara
 Andrea FILIPPI Torino
 Paola FRANZONE Alessandria
 Pietro GABRIELE Candiolo
 Anna Maria MERLOTTI Cuneo
 Maria Grazia RUO REDDA Torino
 Liana TODISCO Alessandria



RESPONSABILE DEL CORSO Dott. Gregorio Moro - Biella

**La radiologia
 medica**

 Springer



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
 Azienda Ospedaliera Nazionale
**SS. ANTONIO e BIAGIO
 e CESARE ARRIGO
 Alessandria**



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
 XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
 IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Principali sistemi di IGRT

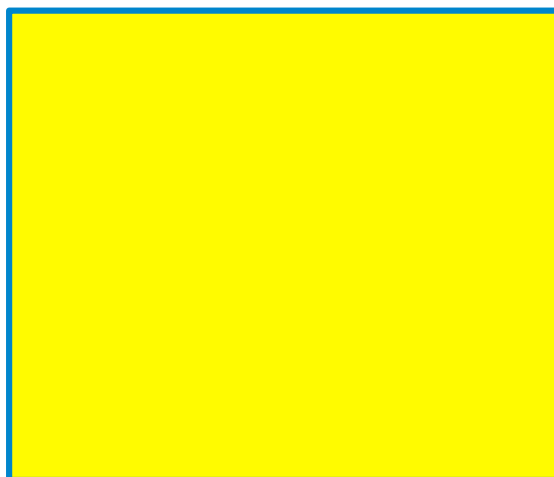


Immagine portale elettronica (MV EPI o KV EPI)
Immagine tomografica conica: Cone Beam Computed Tomography (CBCT) , che può essere basata su sistemi di fasci sia a megavoltaggio (MV-CBCT) che a kilovoltaggio (KV-CBCT)
Immagine tomodensitometrica (Tomotherapy)
Immagini ecografiche eseguite con sistemi <u>biplanari</u> o tridimensionali
Tracking di marker surrogati della posizione del tumore, posizionati sulla superficie del pz, inseriti nella lesione tumorale stessa o nelle sue strette vicinanze

Image Guided Radiotherapy (IGRT)



MV EPID



kV Fluoroscopy + markers



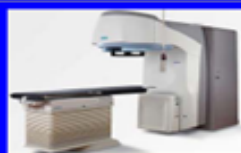
Ultrasound



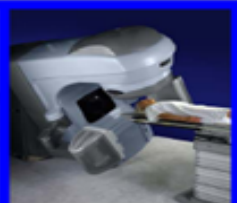
kV CT



MV CT



MV cone beam CT



kV Cone-beam CT



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
 Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
 e **CESARE ARRIGO**
 Alessandria

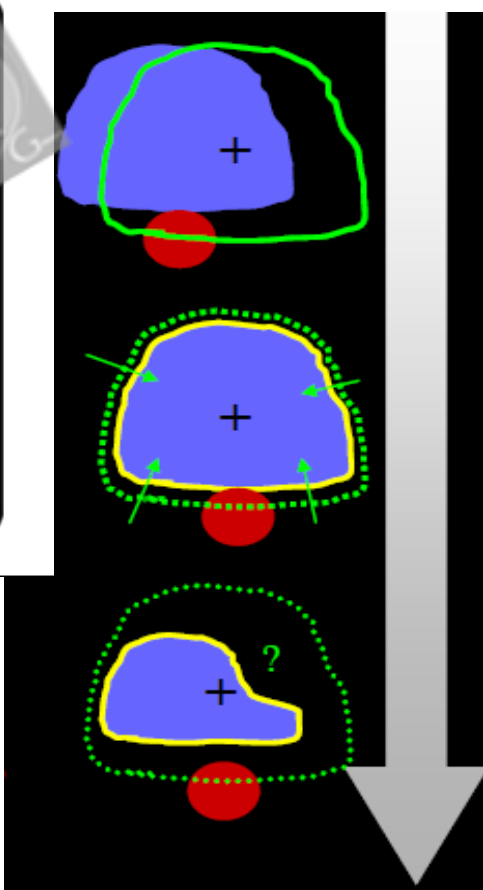
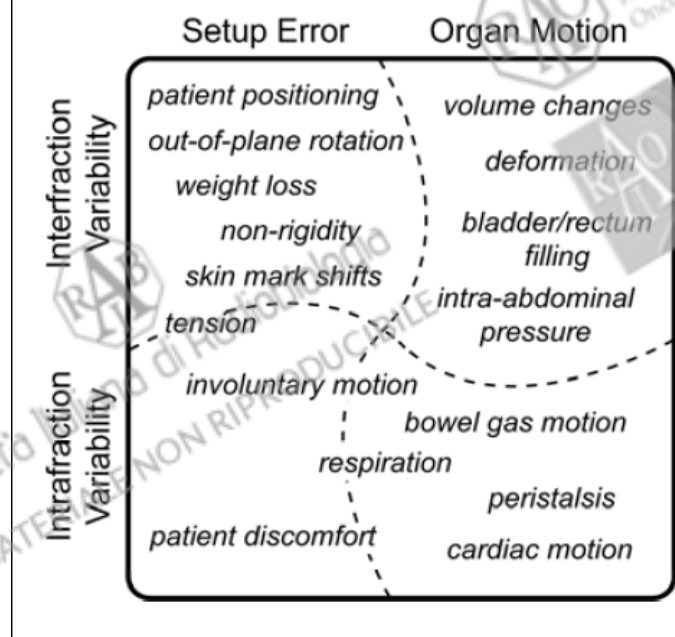


IGRT

Visualizzazione diretta o indiretta del tumore mediante acquisizione di immagini di verifica.

Identificazione, quantificazione ed eventuale correzione di errori correlati al set-up e all'organ-tumor motion.

Migliore ed accurata localizzazione del target, prerequisito essenziale per l'applicazione di tecniche radioterapiche conformazionali ad alto gradiente di dose.



Maggiore conformità della dose erogata
 Riduzione di "geographic miss" e di tossicità ai tessuti sani.

Riduzione margini da CTV a PTV
 Attuazione di protocolli di dose escalation e adaptive radiotherapy





van Herk M. The probability of correct target dosage: dose-population histogram for deriving treatment margin in radiotherapy. *International Journal of Radiation Oncology Biology, Physics* 47 (4):1121-1135, 2000

Descrizione analitica degli effetti delle deviazioni geometriche casuali e sistematiche sulla dose al CTV, ricavando una formula di calcolo del margine CTV-PTV (CTV nell'isodose 95% nel 90% dei pazienti)

"errore"

Tutto ciò che comporta una differenza tra il trattamento pianificato e il trattamento somministrato.

"incertezze geometriche"

Gli errori non prevedibili, quantificabili dalla variazione standard.

van Herk M. Errors and Margins in radiotherapy. *Seminars in Radiation Oncology* 14(1):52-64, 2004

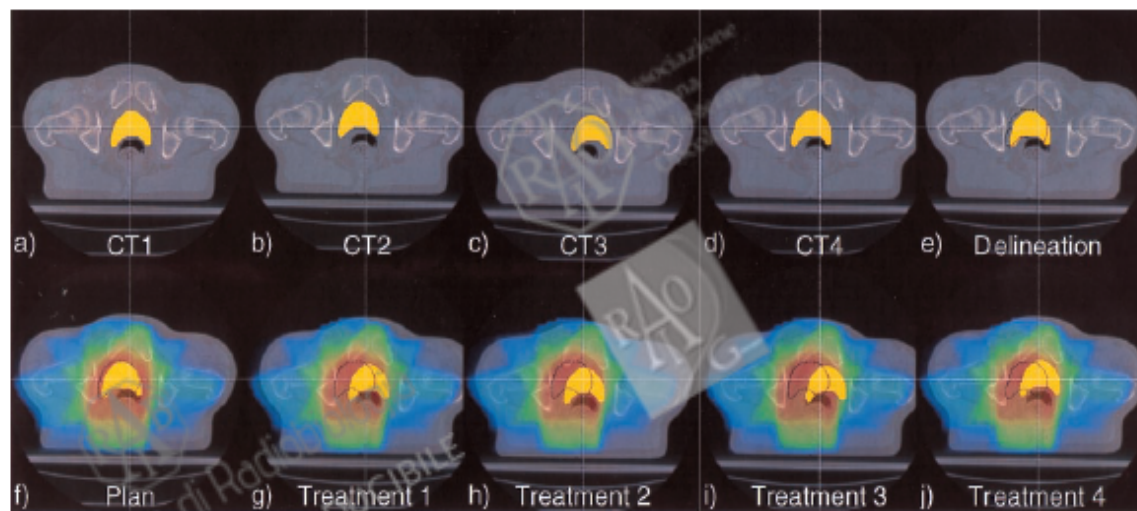


Fig. 1. Simulated visualization of the effect of tumor motion, setup error, and delineation error on the dose delivery in radiotherapy. The standard deviation of both setup error and organ motion is exaggerated: both are 6 mm in x and y direction. The PTV margin is 10 mm. (a) Assume that the indicated region is the "true" clinical target volume (CTV), i.e., the region with tumor cells. The (white) cross wires indicate the room lasers. (b-d) Due to setup error on the CT scanner and organ motion, the four CT scans are not identical. (e) CT4 is used for planning, and the delineation (black contour) adds some extra error, because the "true" CTV is invisible. (f) The planning is based on the delineated CTV. (g-i) For each treatment fraction, the error made in the treatment preparation phase is reproduced, causing a systematic shift of the "true" CTV relative to the delivered dose distribution. In addition, random movements (treatment execution variations) occur due to tumor motion and setup error. As will be demonstrated in this paper, a PTV margin of 17 mm would have been more appropriate for this situation.

The PTV is a geometrical concept and it is defined to select appropriate beam sizes and beam arrangements, taking into consideration the net effect of all the possible geometrical variations and inaccuracies in order to obtain a clinically acceptable and specified probability that the prescribed dose is actually absorbed in the CTV.



Strategie di correzione in IGRT

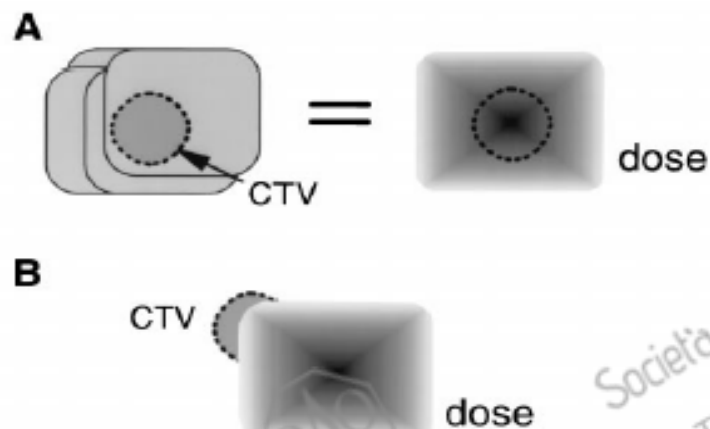


Fig. 2. Schematic drawing of the impact of geometrical deviations on the dose distribution described in a coordinate system that is fixed relative to the CTV. (A) Treatment execution (random) deviations lead to blurring of the dose distribution. (B) Treatment preparation (systematic) deviations lead to a (unknown) shift of the cumulative dose distribution relative to the CTV.

van Herk M. The probability of correct target dosage: dose-population histogram for deriving treatment margin in radiotherapy. *International Journal of Radiation Oncology Biology, Physics* 47(4):1121-1135, 2000

Strategie di correzione on-line

- Se deviazioni $>$ cut-off prestabiliti, correzione immediata.
- Correzione di errore sistematico e random.
- Allungamento dei tempi di trattamento.
- Preferibile quando il volume è in prossimità di OAR critici, in caso di dose-escalation o ipofrazionamenti.

Strategie di correzione off-line

- Dati acquisiti ed immagazzinati (3-5 frazioni).
- Analisi e correzione in secondo tempo.
- Analisi statistica della media sistematica e deviazione standard della componente sistematica dell'errore di set-up.
- Pari efficacia rispetto alla strategia on-line in quanto l'abbattimento dell'errore sistematico incide in maniera significativa rispetto all'errore random.

Correzione off-line - Livelli di azione

NAL (no action level)

- Errore sistematico come media degli errori delle prime 3-5 frazioni.
- Correzione applicata sistematicamente senza limiti di tolleranza.
- Extended NAL (e NAL): ulteriore verifica settimanale.
- Procedura più usata

SAL (shrinking action level)

- Al disotto di un definito livello di azione non si corregge e tale livello si riduce in base al numero di immagini acquisite in precedenza.
- La media degli errori rilevati sulle immagini acquisite viene confrontata con il livello di azione corrente
- Set-up corretto se la discrepanza supera il livello di azione.

Distribuzione errore sistematico

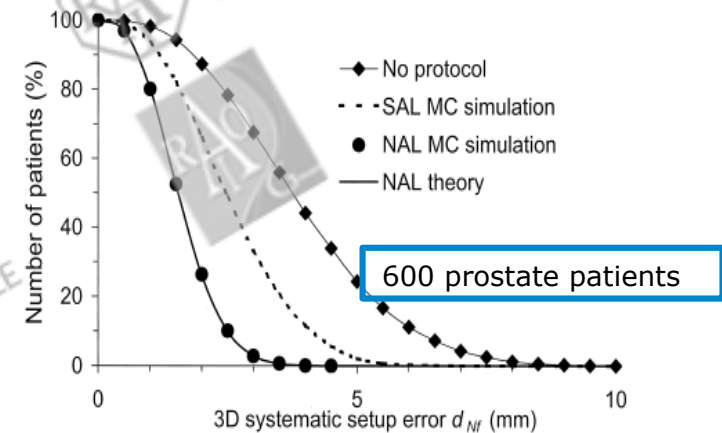


Fig. 3. The cumulative distribution of the 3D systematic setup errors d_N , obtained from MC simulations (with population characteristics from Table 1) for the NAL and optimal SAL OVP for $N_{\text{max}} = 3$: $(\alpha, N_{\text{max}}) = (6.2, 2)$. For the NAL OVP, the analytical result is also given (solid line).



International Journal of Radiation
Oncology*Biography*Physics

Volume 50, Issue 5, 1 August 2001, Pages 1350–1365



168764|

Physics contribution

A protocol for the reduction of systematic patient setup errors with minimal portal imaging workload ☆

Hans C.J. de Boer, M.Sc.^a, Ben J.M. Heijmen, Ph.D.^a



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
e CESARE ARRIGO
Alessandria



Aspetti dosimetrici

Tableau 1

Études ayant publié des valeurs de doses calculées et mesurées pour différentes modalités d'acquisition.

Étude	Modalité	Site anatomique	Mesures/Calcul	Doses (cGy/ scanographie)	Doses (cGy/ 40 fractions)
Stock et al. [10]	Acquisition planaire de basse énergie	Prostate, vessie, rectum	Mesure	0,01-0,08	0,40-3,2
Stock et al. [10]	Tomographie conique de basse énergie	Prostate, vessie, rectum	Mesure	3,5	140
Kan et al. [11]	Tomographie conique de basse énergie	Vessie, rectum	Mesures	0,9-1,2	36-48
Hyer et al. [12]	Tomographie conique de basse énergie	Prostate, vessie	Mesures	1,5-2,8	60-112
Ding et al. [13]	Tomographie conique de basse énergie	Prostate, vessie, rectum	Calcul	1,4-1,7	56-68
Shah et al. [14]	Tomographie de haute énergie avec géométrie en éventail	Prostate	Calcul	0,7-2,1	28-84
Isambert et al. [15]	Tomographie conique de haute énergie	Prostate	Mesure	3,7	148
Zabel-du Bois et al. [16]	Tomographie conique de haute énergie	Pelvis	Calcul	8,5	340

Les doses mesurées relèvent de mesures ponctuelles, éventuellement moyennées.

Doses délivrées par l'imagerie de contrôle en radiothérapie externe guidée par l'image

In room delivered doses during image-guided radiotherapy courses

G. Delpon^{a,*,b,c}, S. Chiavassa^{a,b,c}, S. Supiot^{b,c,d}, A. Lisbona^{a,b,c}

^a Service de physique médicale, centre René-Gauducheau, institut de cancérologie de l'Ouest, boulevard Jacques-Monod, 44805 Saint-Herblain cedex, France

^b Centre de recherche en cancérologie Nantes Angers, 8, quai Moncoussu, BP 70721, 44007 Nantes cedex 1, France

^c Inserm U 892, 8, quai Moncoussu, BP 70721, 44007 Nantes cedex 1, France

^d Service de radiothérapie, centre René-Gauducheau, institut de cancérologie de l'Ouest, boulevard Jacques-Monod, 44805 Saint-Herblain cedex, France





XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Aspetti dosimetrici

Per confrontare correttamente la dose da imaging ottenuto con differenti modalità, occorre convertire tutte le dosi in una grandezza che tenga conto degli effetti radiobiologici.

EFFECTIVE DOSE : $E = D * F$ (mSv)

D = indicatore di dose relativa alla metodica considerata (mGy)

F = fattore semi-empirico tabulato per esami standard (mSv/mGy)

Rischio di secondi tumori = Effective dose moltiplicata per il fattore riportato nella pubblicazione ICRP 60 pari a 5×10^{-5} per mSv.

Torace

CBCT 1 seduta	PI 1 seduta	CBCT 10 sedute	PI 6 sedute	CBCT 30 sedute
8 mSv	25 mSv	80 mSv	150 mSv	240 mSv

	Effective dose 1 seduta	Effective dose totale	Stima di rischio
CBCT (daily)	8 mSv	240 mSv	1.2 %
PI (weekly)	25 mSv	150 mSv	0.75 %

Murphy M., Balter J, Balter S, BenComo J.A, Das I.J, Jiang S.B, Ma C.M, Olivera G.H, Rodebaugh R.F, Ruchala K.J, Shirato H, Yin F. *The management of imaging dose during image-guided radiotherapy: Report of the AAPM Task group 75. Medical Physics 34 (10):4041-4063, 2007*



Società Italiana di Radiobiologia



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Aspetti dosimetrici

- E' altamente consigliata da parte di ogni centro la verifica dei panel dei valori di acquisizione della CBCT predefiniti dalla casa costruttrice, che a seconda delle esigenze cliniche devono essere modificati per poter ottimizzare la qualità delle immagini e la dose di esposizione.
- Una singola scansione di CBCT eroga una dose addizionale al paziente inferiore all'esecuzione delle immagini portali con EPID (da 2 a 10 volte).
- Eseguire CBCT giornaliera comporta una dose al paziente addizionale superiore rispetto all'esecuzione delle immagini portali settimanali (circa il doppio), pertanto, sulla base della valutazione clinica del rapporto rischio-beneficio, occorre predisporre protocolli di esecuzione delle CBCT specifici per patologie e tipologia del trattamento, anche personalizzabili per ogni paziente.



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
e CESARE ARRIGO
Alessandria

Distretto cervico-cefalico

Stretta correlazione tra perdita di peso e dislocazione mediale delle parotidi (rischio di dose maggiore rispetto a quella pianificata).
Elevato BMI prima della radioterapia correlato con maggior errore sistematico A-P ed errore random cranio-caudale.

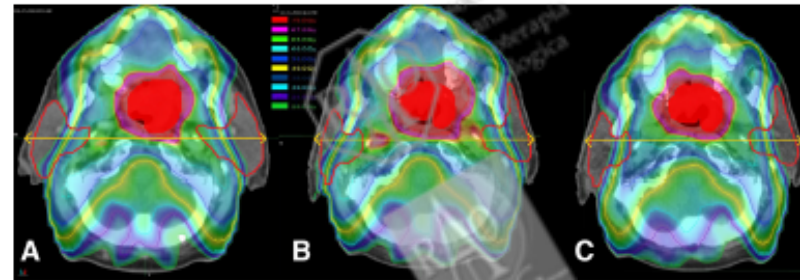


Figure 1 Illustration of the anatomical variations on the dose distribution: (MRI) dose distributions at different times for a given patient, showing the PG overdose without replanning (B) and the benefit of replanning (C). **A:** Planned dose on the pre-treatment CT (CT0). **B:** Actual delivered dose without replanning during the treatment (Week 3). **C:** Adaptive planned dose with replanning to spare the parotid glands (PG) at the same fraction (Week 3). PGs are shown by the red line. The full red represents the Clinical Target Volume (CTV70). The arrow shows the head thickness. Figure 1B and 1C compared to 1A shows that the PGs and the CTV70 volumes and the neck thickness have decreased. These anatomical variations have led to dose hotspots in the neck, close to the internal part of the two PG (Figure 1B). Replanning (Figure 1C) allowed to spare the PG even better than on the planning (Figure 1A).

Lai et al. Radiation Oncology 2014, 9:19
<http://www.ro-journal.com/content/9/1/19>



RESEARCH Open Access

Impact of body-mass factors on setup displacement in patients with head and neck cancer treated with radiotherapy using daily on-line image guidance

Yo-Liang Lai^{1†}, Shih-Neng Yang^{1,4}, Ji-An Liang^{1,2}, Yao-Ching Wang¹, Chun-Yen Yu^{1†}, Ching-Hsiung Su¹ and Shang-Wen Chen^{1,2,3*}

To reduce setup errors in patients with HNC receiving RT, the use of on-line image-guided radiotherapy is recommended for patients with a large body weight or height, and a performance status score of 1-2. In addition, adaptive planning should be considered for those who have a large reduction ratio in the circumference (<1) and thickness (<0.94) over the level of the mastoid tip during the 20th fraction of treatment.

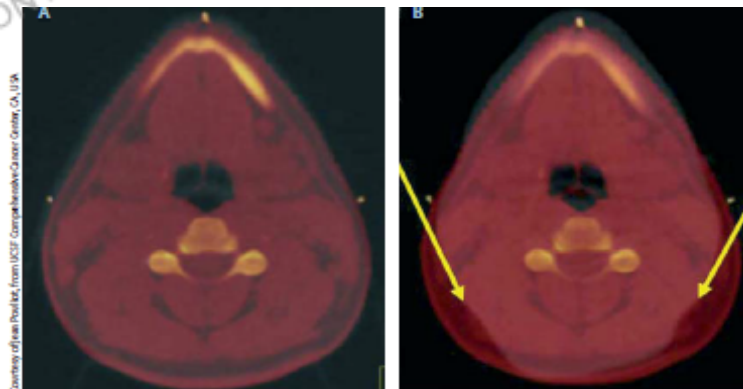


Figure 5: Megavoltage cone-beam CT scans of head and neck cancer. Substantial anatomical change seen between weeks 1 (A) and 3 (B), which is attributable to weight loss during radiotherapy (highlighted with yellow arrows).





XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
 XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
 IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Distretto cervico-cefalico

L'errore random si riduce solo aumentando la frequenza delle sedute con IGRT.
 Con frequenza del 50%, errore residuo nelle tre dimensioni fino a 5 mm nell'11% delle rimanenti sedute.

CLINICAL INVESTIGATION **Head and Neck**
EVALUATION OF IMAGE-GUIDANCE PROTOCOLS IN THE TREATMENT OF HEAD AND NECK CANCERS
 OMAR A. ZEIDAN, PH.D., KATIA M. LANGEN, PH.D., SANFORD L. MEEKS, PH.D.,
 RAFAEL R. MANON, M.D., THOMAS H. WAGNER, PH.D., TWYLA R. WILLOUGHBY, M.S.,
 D. WAYNE JENKINS, M.D., AND PATRICK A. KUPELIAN, M.D.
 Department of Radiation Oncology, M. D. Anderson Cancer Center Orlando, Orlando, FL

Table 2. Frequencies of residual errors observed with different protocols exceeding 3, 5, and 10 mm

Protocol	IG%	Error >3 mm	Errors >5 mm	Errors >10 mm
A: No imaging	0%	72% ± 3%	37% ± 2%	4% ± 1%
B1: Initial fraction only	3%	79% ± 3%	47% ± 2%	5% ± 1%
B3: Mean of initial three fractions	9%	63% ± 3%	31% ± 2%	1% ± 0.5%
B5: Mean of initial five fractions	15%	58% ± 3%	26% ± 2%	1% ± 0.5%
B7: Mean of initial seven fractions	21%	53% ± 3%	26% ± 2%	1% ± 0.5%
C: Weekly imaging, 3-mm threshold	20%	60% ± 3%	31% ± 2%	2% ± 0.5%
D: First five fractions + weekly imaging, patient-specific threshold	31%	50% ± 2%	27% ± 2%	4% ± 1%
E: Imaging every other fraction, running mean	50%	29% ± 2%	11% ± 1%	0.5% ± 0.3%

The three-dimensional setup error is the vector calculated from the remaining setup errors in the three directions. Data in this table are calculated for all (i.e., image-guided as well as nonimage-guided, treatments). The uncertainty in the results was estimated by using the square root of *N*, where *N* is the number of observations. The percentage of fractions that are image guided (IG%) according to each protocol is also shown.

onale Piemonte
 azionale
 O e **BIAGIO**



e **CESARE ARRIGO**
 Alessandria



Distretto cervico-cefalico

Studio dell'errore di set-up in 225 pazienti trattati in IMRT, CBCT quotidiane.
 95 pazienti sono stati trattati con un margine di espansione CTV-PTV di 5 mm, i successivi 130 con un margine di espansione di 3 mm. Non si sono rilevate differenze nell'incidenza di recidive tra i due gruppi.
 Riduzione dei margini del PTV a <5 mm è giustificata solo con l'esecuzione giornaliera di CBCT.

CLINICAL INVESTIGATION **Head and Neck**

EVALUATION OF THE PLANNING TARGET VOLUME IN THE TREATMENT OF HEAD AND NECK CANCER WITH INTENSITY-MODULATED RADIOTHERAPY: WHAT IS THE APPROPRIATE EXPANSION MARGIN IN THE SETTING OF DAILY IMAGE GUIDANCE?

ALLEN M. CHEN, M.D.,* D. GREGORY FARWELL, M.D.,[†] QUANG LUU, M.D.,[†] PAUL J. DONALD, M.D.,* JULIAN PERKS, PH.D.,* AND JAMES A. PURDY, PH.D.*
 Departments of *Radiation Oncology and [†]Otolaryngology-Head and Neck Surgery, University of California Davis School of Medicine, Sacramento, California

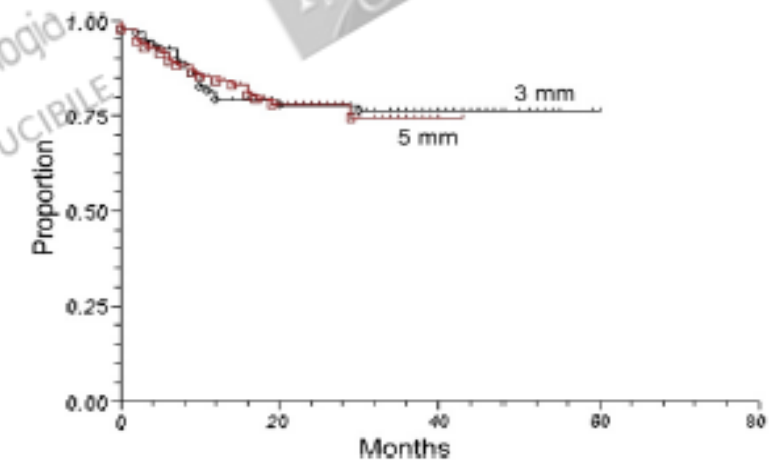
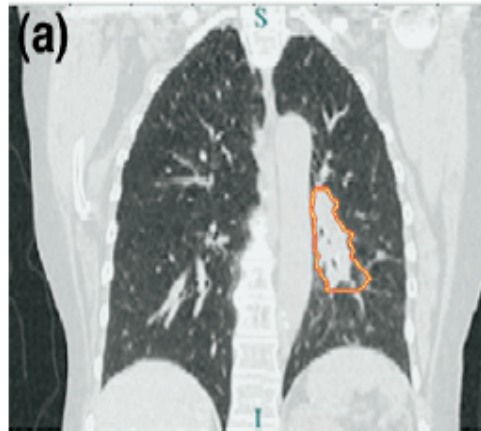


Fig. 2. Local-regional control according to CTV-to-PTV expansion margins.

Strategia di correzione consigliata

Protocollo off-line e NAL con immagini di verifica volumetriche eseguite nelle prime 5 sedute e verifica settimanale.
 Verifica online giornaliera in caso di riduzione dei margini

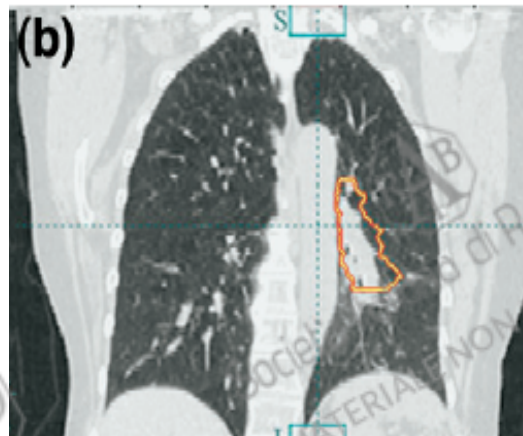
Torace



ASSESSING RESPIRATION-INDUCED TUMOR MOTION AND INTERNAL TARGET VOLUME USING FOUR-DIMENSIONAL COMPUTED TOMOGRAPHY FOR RADIOTHERAPY OF LUNG CANCER

H. HELEN LIU, Ph.D.* PETER BALTER, Ph.D.* TERESA TUTT*, BUM CHOI, Ph.D.* JOY ZHANG, Ph.D.* CATHERINE WANG, Ph.D.* MELINDA CHI, M.S.* DERSHAN LUO, Ph.D.* TINSU PAN, Ph.D.* SANDEEP HUNJAN, Ph.D.* GEORGE STARKSCHALL, Ph.D.* ISAAC ROSEN, Ph.D.* KARL PRADO, Ph.D.* ZHONGXING LIAO, M.D.† JOE CHANG, M.D., Ph.D.† RITSUKO KOMAKI, M.D.† JAMES D. COX, M.D.,† RADHE MOHAN, Ph.D.,* AND LEI DONG, Ph.D.*

Departments of *Radiation Physics and †Radiation Oncology, The University of Texas M. D. Anderson Cancer Center, Houston, TX



Variazioni in corso di trattamento per movimento respiratorio con significativo "intra fraction tumor motion", performance status del paziente (calo ponderale, difficoltà respiratorie) e modificazioni del parenchima polmonare (aree di atelettasia o reinflazione).



Gating respiratorio di maggior utilità per movimenti respiratori superiori ai 5-8 mm e per piccoli GTV (sterotassi)

Murphy MJ, Report of AAPM Task Group 75, Med Phys 2007;34:4041-63

Table 3. Tumor motion (in millimeters) from expiration to inspiration computed from the deformable registration and the difference from the results of the rigid-body registration for 10 patients studied

Tumor location in lung	SI	LR	AP	dSI	dLR	dAP
Upper/mid	6.5	1.8	-1.9	-2.7	0.8	-0.9
Upper/mid	2.6	5.8	-1.9	-0.7	0.9	0.1
Mid	8.3	0.1	-0.1	-0.9	0.1	-1.1
Mid	4.8	2.0	1.3	-1.0	0.0	0.3
Mid	5.2	0.0	-1.4	-0.6	0.0	0.6
Mid/lower	6.4	-1.4	1.4	-0.3	-0.4	-0.6
Mid/lower	8.1	-0.9	2.7	-0.2	0.1	-0.2
Mid/lower	8.0	-0.1	1.5	-1.2	-0.1	-0.5
Lower	14.7	1.2	1.6	0.5	0.2	-0.4
Upper/mid/lower	5.4	-1.0	-1.0	-1.3	0.0	1.0
Average	7.0	0.7	0.2	-0.8	0.2	-0.2



Torace

- Scenario A: no imaging
- Scenario B: weekly imaging with a 3-mm threshold
- Scenario C: first 5 fraction imaged then weekly imaging with a patients-specific threshold
- Scenario D: imaging every other day

TABLE 2. Summary of Set-Up Error Data for Each Imaging Scenario in 3 Dimensions

Scenario	LR (cm)			SI (cm)			AP (cm)			3D Vector (cm)		
	M	Σ	random	M	Σ	random	M	Σ	random	M	Σ	random
A	0.24	0.35	0.27	0.37	0.56	0.35	-0.24	0.32	0.20	0.89	0.34	0.29
B	0.02	0.13	0.30	0.01	0.15	0.37	-0.02	0.08	0.24	0.47	0.12	0.30
C	-0.01	0.09	0.26	-0.01	0.15	0.37	0.01	0.10	0.17	0.36	0.14	0.34
D	-0.02	0.08	0.21	0.07	0.13	0.27	-0.01	0.09	0.17	0.25	0.10	0.32

M indicates overall mean systematic setup error; Σ , standard deviation of the systematic setup error; Σ , standard deviation of the random setup error.

TABLE 3. Setup Margins* (mm) Required to Account for the Residual Error of Each Imaging Scenario

Scenario	LR	SI	AP
A	10.7	16.4	9.3
B	5.4	6.4	3.7
C	4.0	6.3	3.6
D	3.5	5.2	3.5
--	-	-	-

Optimal Image-Guidance Scenario With Cone-Beam Computed Tomography in Conventionally Fractionated Radiotherapy for Lung Tumors

Anamaria R. Yeung, MD,* Jonathan Li, PhD,* Wenyin Shi, MD, PhD,* Heather Newlin, MD,*
Christopher G. Morris, MS,* Sanjiv Samant, PhD,* Anneyuko Saito, MD,† Alexei Chvetsov, PhD,‡
Chihray Liu, PhD,* Jatinder Palta, PhD,*‡ and Kenneth Olivier, MD§



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Torace

Strategia di correzione consigliata

- Off-line (protocollo e NAL) mediante immagini volumetriche con verifica settimanale (una frequenza di verifica maggiore che 1v/sett non è stata considerata di beneficio rispetto al singolo controllo settimanale).
- On-line con immagini volumetriche in caso di trattamento IMRT o di OAR vicini al target o di ipofrazionamenti.
- La strategia di correzione potrebbe essere modificata in corso di trattamento in caso di comparsa di variazioni anatomiche quali ad esempio versamento pleurico, atelettasia o riduzione del volume tumorale che possano modificare i rapporti tra le diverse strutture.
- Da segnalare che nella valutazione dei tumori del distretto toracico occorre probabilmente fare una distinzione per le malattie emolinfoproliferative quali Linfoma di Hodgkin e non Hodgking. La giovane età dei pazienti e l'outcome più favorevole con una quindi maggiore aspettativa di vita dovrebbero maggiormente tenere in conto la problematica delle dosi di esposizione delle verifiche volumetriche.



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
e CESARE ARRIGO
Alessandria



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
 XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
 IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI

Pancreas



Organ motion in pancreatic radiotherapy

Quantifying motion for pancreatic radiotherapy margin calculation

Gillian Whitfield^{a,1}, Pooja Jain^{a,1}, Melanie Green^a, Gillian Watkins^a, Ann Henry^a, Julie Stratford^b, Ali Amer^c, Thomas Marchant^c, Christopher Moore^c, Patricia Price^{d,4}

^aAcademic Radiation Oncology, The University of Manchester; ^bWaste Centre for Radiotherapy Research; ^cChristie Medical Physics and Engineering, The Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK; ^dDepartment of Surgery and Cancer, Hammersmith Hospital, London, UK

Son et al. Radiation Oncology 2012, 7:203
<http://www.ro-journal.com/content/7/1/203>



RESEARCH

Open Access

The technical feasibility of an image-guided intensity-modulated radiotherapy (IG-IMRT) to perform a hypofractionated schedule in terms of toxicity and local control for patients with locally advanced or recurrent pancreatic cancer

Seok Hyun Son¹, Jin Ho Song¹, Byung Ock Choi¹, Young-nam Kang¹, Myung Ah Lee², Ki Mun Kang³ and Hong Seok Jang^{1*}

Strategia di correzione consigliata

In caso di trattamento neoadiuvante o radicale: IMRT-IGRT online mediante verifiche volumetriche giornaliere.

Auspicabile l'uso di sistemi per il controllo del respiro.

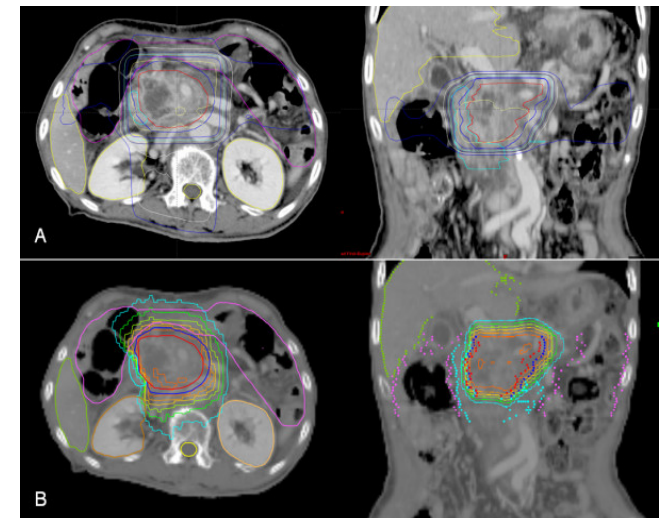


Mobilità d'organo anche 20 mm.

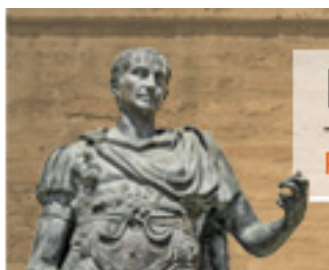
Con CBCT: errore sistematico e random: latero-laterale 2.4 e 3.2 mm; antero-posteriore 2 e 1.7 mm; cranio-caudale 3.2 e 3.6 mm.

Errore di set up inter fraction con reperi fiduciali: 2 mm latero-laterale, 1.6 mm antero-posteriore, 2.6 mm cranio-caudale.

95% del movimento dei reperi fiduciali intra fraction "peak-to-peak" fino a 6.7 mm latero-laterale, 10.1 mm antero-posteriore e 20.6 mm cranio-caudale.



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
 Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
 e **CESARE ARRIGO**
 Alessandria



Regione paravertebrale

PHYSICS CONTRIBUTION

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF IMAGE-GUIDED RADIOTHERAPY FOR PARASPINAL TUMORS

EVA M. STOIBER, M.D.,* GERHARD LECHSEL, PH.D.,[†] KRISTINA GISKE, M.Sc.,[†]
MARC W. MUENTER, M.D.,* ANGELIKA HOESS, M.S.,[†] ROLF BENDL, PH.D.,^{†‡} JUERGEN DEBUS, M.D.,
PH.D.,* PETER E. HUBER, M.D., PH.D.,* AND CHRISTIAN THIEKE, M.D., PH.D.*

*Department of Radiation Oncology, German Cancer Research Center and University Clinic Heidelberg, Heidelberg, Germany;
[†]Division of Medical Physics in Radiation Oncology, German Cancer Research Center, Heidelberg, Germany; and [‡]Department of
Medical Informatics, Heilbronn University, Heilbronn, Germany

45 pazienti immobilizzati.

321 controlli CT.

Errori di traslazione di entità minore per i tumori in sede cervicale, seguiti da quelli in sede toracica e da quelli in sede lombare (nel 40% almeno 2 mm in ogni direzione)

Errori rotazionali trascurabili.

Strategia di correzione consigliata

On-line con immagini volumetriche in caso di trattamento IMRT, stereotassi o IMRT ipofrazionata.

IGRT off-line negli altri casi

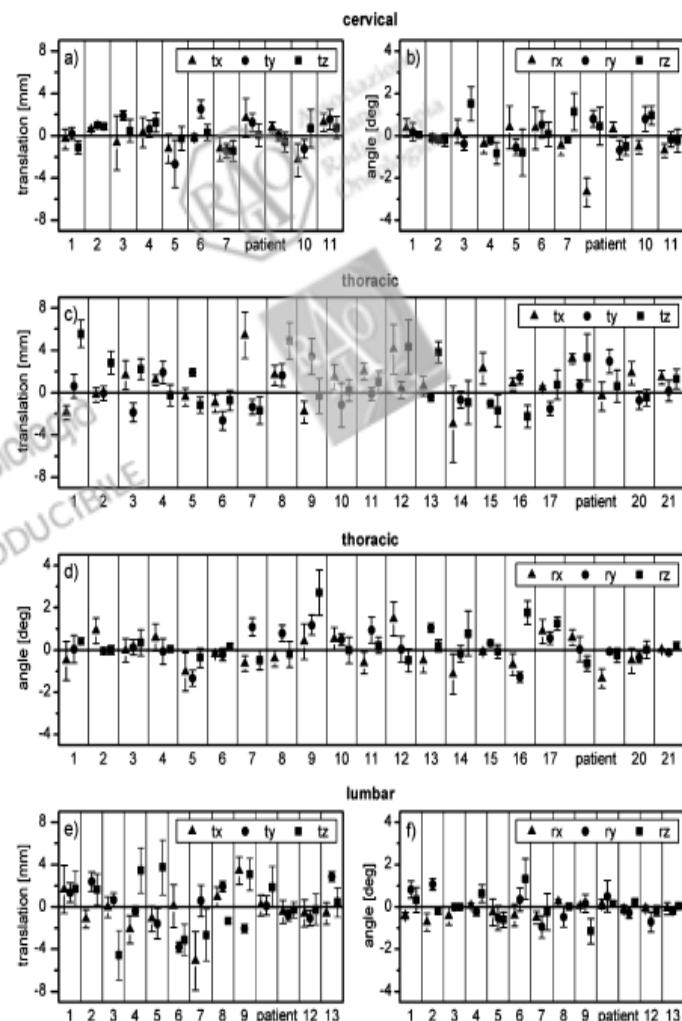


Fig. 5. Mean values and standard deviations of translational (t) (a, c, e) and rotational (r) errors (b, d, f) in x, y, and z axes separately for each of the 45 patients, grouped according to treatment site: cervical (a, b), thoracic (c, d), and lumbar (e, f).





PHYSICS CONTRIBUTION

DAILY ONLINE CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY TO ASSESS INTERFRACTIONAL MOTION IN PATIENTS WITH INTACT CERVICAL CANCER

NEELAM TYAGI, PH.D., JOHN H. LEWIS, M.S., CATHERYN M. YASHAR, M.D., DANIEL VO, STEVE B. JIANG, PH.D., ARNO J. MUNDT, M.D., AND LOREN K. MELL, M.D.
Department of Radiation Oncology and Center for Advanced Radiotherapy Technologies, University of California San Diego, La Jolla, California

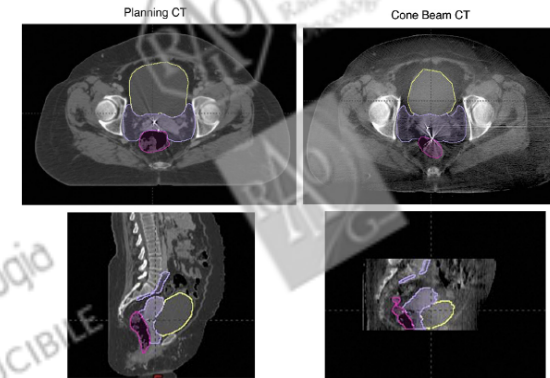


Fig. 1. Axial (upper panel) and sagittal (lower panel) slices of a planning CT scan (left panel) and a cone beam CT scan (right panel) for an exemplary patient. The scans show contours for clinical target volume (cyan), rectum (pink), and bladder (yellow).

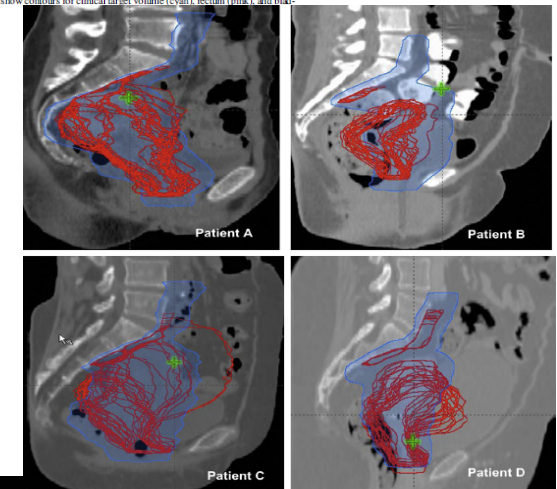
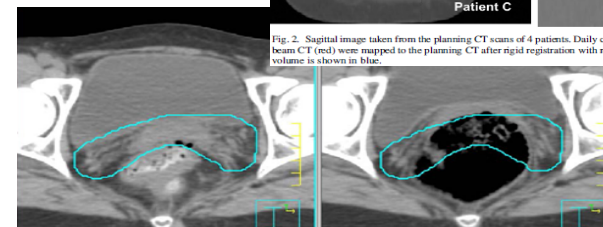


Fig. 2. Sagittal image taken from the planning CT scans of 4 patients. Daily clinical target volume contours from the cone beam CT (red) were mapped to the planning CT after rigid registration with respect to bony anatomy. The planning target volume is shown in blue.



Ginecologia

Mobilità dell'utero per grado di riempimento di retto e vescica (*interfraction motion e intrafraction motion*), con anomalie di traslazione, rotazione e deformazione dell'utero e degli organi pelvici.

Movimento inter- ed intrafrazione di cervice e utero in media 3 mm in ogni direzione (max 18 mm).

Se non vengano utilizzati margini sufficientemente ampi tra CTV e PTV, inadeguata copertura del target.

Haripotepornkul N.H, Sameer K, Scanderbeg N.D, Saenz C., Yashar C.M. Evaluation of intra- and inter-fraction movement of the cervix during intensity modulated radiation therapy. *Radiotherapy and Oncology* 98:347-351, 2011

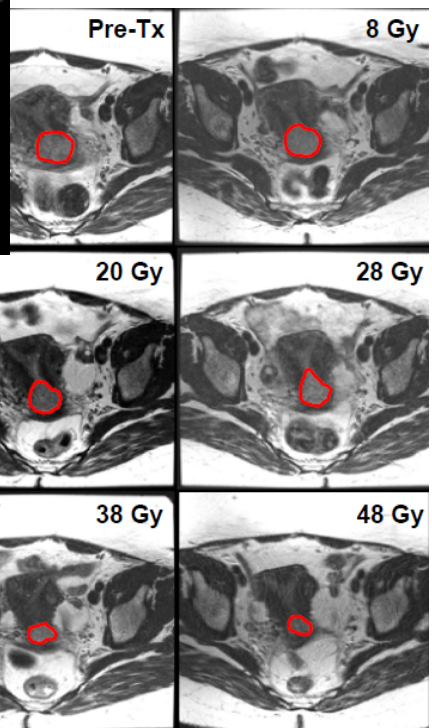
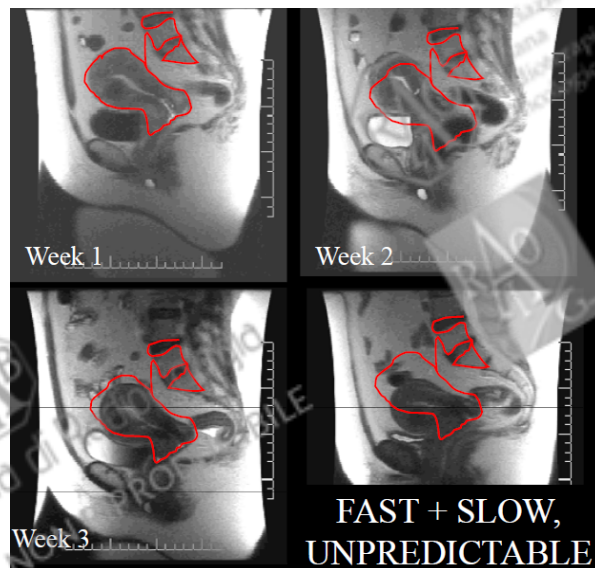
“margine del giorno”: utilizzo di piani di trattamento con differenti margini di espansione CTV-PTV ottenuti dalla misurazione ecografica della vescica durante la RT

Ahmad R, Bondar L, Voet P, Mens J, Quint S, Dhawtal G, Heijmen B, Hoogeman M. A margin-of-the-day online adaptive intensity-modulated radiotherapy strategy for cervical cancer provides superior treatment accuracy compared to clinically recommended margins: A dosimetric evaluation. *Acta Oncologica* 52(7):1430-1436, 2013

Ginecologia

Durante trattamento radioterapico frazionato esclusivo o associato a chemioterapia, regressione volumetrica delle neoplasie localmente avanzate della cervice sino al 60-80% del volume tumorale iniziale (strategia adaptive).

Rockne H, Guy C.J, Charles B.S. Whole pelvic intensity-modulated radiotherapy for gynecological malignancies: a review of the literature. *Critical Reviews in Oncology/Hematology* 94(3):371-379, 2015



Strategia di correzione consigliata

In caso di trattamento 3DCRT: off-line mediante immagini volumetriche con matching su reperi ossei (on-line se deviazioni significative).

In caso di trattamento IMRT: online mediante immagini volumetriche giornaliere con matching su tessuti molli. Adeguato anche protocollo off-line e NAL se utero non in sede.





Prostata

Spostamenti all'interno della pelvi fino a 2 cm, fortemente influenzati dal riempimento rettale e vescicale, nonché dal movimento respiratorio o dai movimenti di peristalsi intestinale. Organ motion: netto sotto-dosaggio del volume prostatico, aumentata irradiazione dei tessuti sani circostanti, soprattutto in IMRT



Variabilità intrafrazione

Prevalentemente variazioni di posizione intorno all'apice. Con retto vuoto movimento di circa 3 mm A-P in 20 minuti

Valutazione su 10 pazienti, per 10 frazioni: Con intervallo fra 4 e 16 minuti, movimento intrafrazione >3 mm nel 24% dei casi e >5 mm nel 5% dei casi



Disponibile en ligne sur www.sciencedirect.com



Quantification des mouvements prostatiques lors de l'irradiation prostatique

Quantification of prostate movements during radiotherapy
X. Artignan^{a,*}, M. Rastkhah^a, J. Balosso^a, P. Fourneret^b, O. Gilliot^c, M. Bolla^a

^a Service de radiothérapie, CHU de Grenoble, boulevard de la Chantourne, 38700 La Tronche, France
^b Service de radiothérapie, centre hospitalier de Chambéry, France
^c Service de radiothérapie, centre Jean-Perrin, Clermont-Ferrand, France

J Appl Clin Med Phys. 2010 Dec 2;12(1):3371.

Cone beam CT pre- and post-daily treatment for assessing geometrical and dosimetric intrafraction variability during radiotherapy of prostate cancer.

Reggiori G¹, Mancosu P, Tozzi A, Cantone MC, Castiglioni S, Lattuada P, Lobefalo F, Cozzi L, Foqliata A, Navarra P, Scorsetti M.



Azienda Ospedaliera Nazionale
**SS. ANTONIO e BIAGIO
e CESARE ARRIGO**
Alessandria

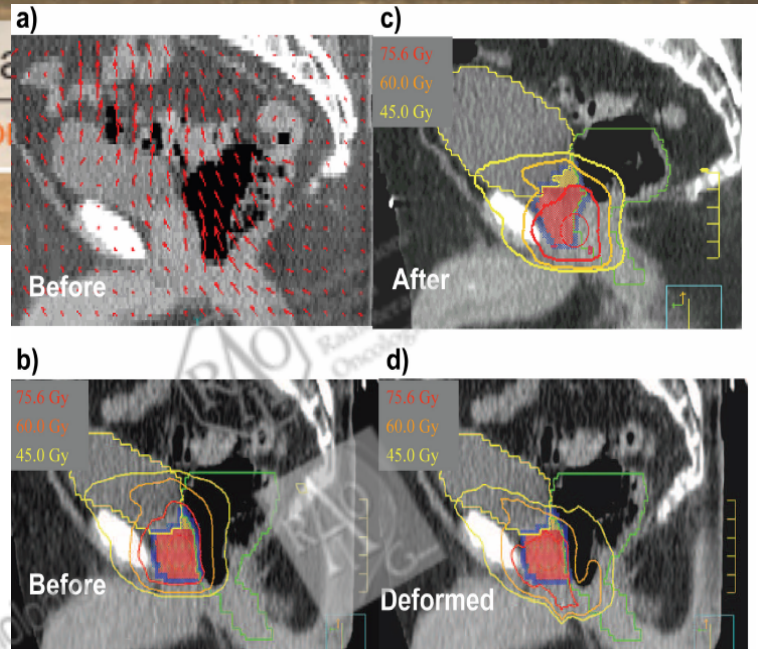


Fig. 4. (a) The displacement vector field of a patient with rectal gas migration during a treatment fraction. The dose distributions are calculated in (b) before and (c) immediately after treatment for the same patient. (d) shows the dose distribution of (c) mapped to the anatomy of (b) by the deformable image registration.

Prostata

Con margini di 10 mm in tutte le direzioni spaziali tranne che posteriormente (5 mm) copertura della prostata assicurata nel 95% dei casi ma non quella delle vescicole seminali.

- Melancon A.D, O'Daniel J, Zhang L, Kudchadker R.J, Kuban D.A, Lee A.K, Cheung R.M, de Crevoisier R, Tucker S.L, Newhouse W.D, Mohan R, Dong L. Is a 3 mm intrafractional margin sufficient for daily image-guided intensity-modulated radiation therapy of prostate cancer? *Radiotherapy and Oncology* 85(2):251-259, 2007
- Dudouet P, Boutry C, Mounie G, Thouveny F, Redon A. Système d'imagerie par tomographie conique de basse énergie (KV) de Varian: experience de Montauban. *Cancer Radiotherapie* 13(5): 375-83, 2009

RESEARCH

Open Access

Analysis of inter-fraction setup errors and organ motion by daily kilovoltage cone beam computed tomography in intensity modulated radiotherapy of prostate cancer

Marcella Palombarini¹, Stefano Mengoli², Paola Fantazzini^{3,4*}, Cecilia Cadioli³, Claudio Degli Esposti⁵ and Giovanni Piero Frezza⁵

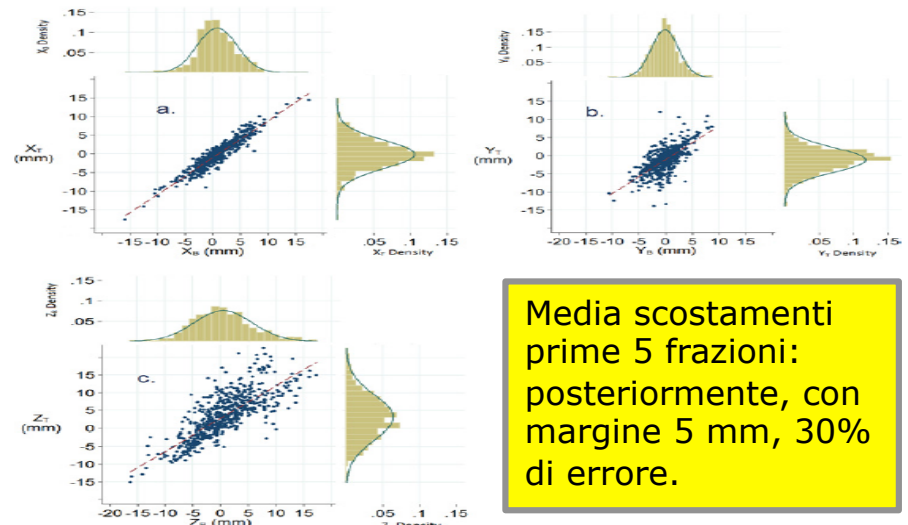
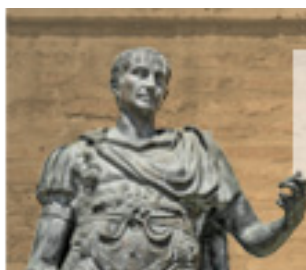
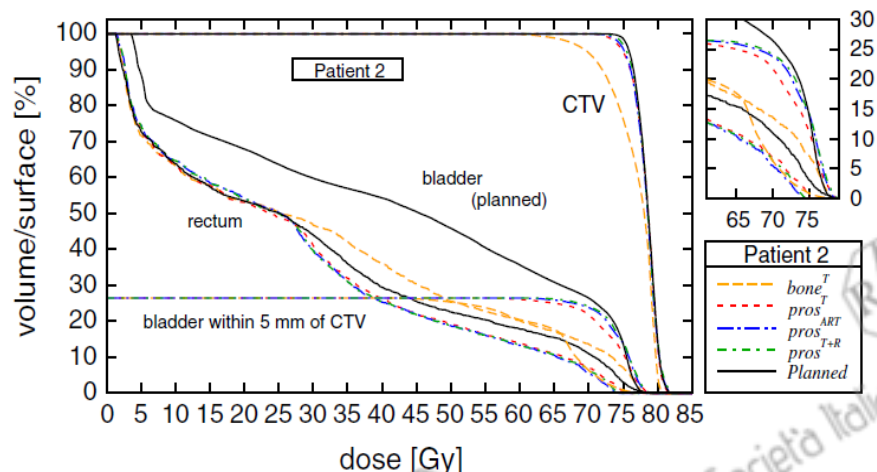


Figure 1 Histograms of the shifts along x (LR), Y (SI), Z (AP) for the two matching modalities and corresponding scatterplots. Distributions of the shifts (in mm) along left-right (X) (a), supero-inferior (Y) (b), and antero-posterior (Z) (c) axes for the two matching modalities (B-match and T-match), along with the scatterplots of the corresponding shifts. Bell curves are computed using mean and standard deviation of the underlying variables. Dashed lines represent the identity function. The scatterplots shown in Figure 1a (X_t vs X_a), Figure 1b (Y_t vs Y_a), and Figure 1c (Z_t vs Z_a), have correlation coefficients of 0.94, 0.74 and 0.78, respectively, all highly statistically significant (p -value < 0.001). Note that Z_t tends to be larger than Z_a , especially for larger values of Z_a (Figure 1c).

Media scostamenti
prime 5 frazioni:
posteriormente, con
marginie 5 mm, 30%
di errore.



Prostata



In caso di trattamento prostatico possibilità di adottare un margine CTV-PTV di 7 mm garantendo una D min al 95% del CTV se vengono corretti giornalmente tutti gli errori traslazionali registrati dalla CBCT, scendendo a 4 mm se vengono corrette anche le rotazioni con un risparmio di irradiazione per retto e vescica.

Rijkhorst E.J, Lakeman A, Nijkamp J, Sonke J.J. Strategies for online organ motion correction for intensity-modulated radiotherapy of prostate cancer: prostate, rectum, and bladder dose effects. *International Journal of Radiation Oncology Biology, Physics* 75(4): 1264-60, 2009

Rx modality and rectum volume definition

IMRT-plan-rectum

3D-CRT-plan-rectum

	PRV-CBCT-5	PRV-CBCT-AII	PRV-CBCT-AV
IMRT-plan-rectum	$P \leq 0.004$ (IA vs. IB)	$P \leq 0.002$ (IA vs. IC)	$P \leq 0.02$ (IA vs. ID)
	$P \leq 0.03$ (IB vs. IC)		
3D-CRT-plan-rectum	$P \leq 0.013$ (CA vs. CB)	$P \leq 0.009$ (CA vs. CC)	$P = 0.86$ (NS) (CA vs. CD)
	$P = 0.10$ (NS) (CB vs. CC)		

PRV-CBCT=Planning organ at risk volume-cone beam computed tomography, IMRT=Intensity modulated radiation therapy, 3D-CRT=Three-dimensional-conformal radiotherapy, PRV-CBCT-AV=Planning organ at risk volume-cone beam computed tomography, NS=Not significant. IA- ID and CA- CD definitions can be found in Table 1

Estrema variabilità del riempimento rettale con differenti spostamenti dello stesso a seconda del tratto considerato (retto basso, medio o alto). il PRV del retto ottenuto dalla somma dei volumi rettali delle prime 5 CBCT non predice il PRV del retto dell'intero trattamento.

Prabhakar R, Oates R, Jones D, Kron T, Cramb J, Foroudi F, Geso M, Gill S. A study on planning organ at risk volume for the rectum using cone beam computed tomography in the treatment of prostate cancer. *Medical dosimetry* 39(1):38-43, 2014



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Prostata

Strategia di correzione consigliata

Immagini planari in caso di markers impiantati.

In caso di trattamento 3DCRT o IMRT con margini standard: off-line mediante immagini volumetriche con verifica settimanale anche in caso di IMRT.

In caso di trattamento IMRT con riduzione dei margini rispetto allo standard, o in caso di protocollo che preveda un ipofrazionamento (moderato o ad alta dose/frazione con tecnica stereotassica) o un boost ad alta dose: on-line con immagini volumetriche giornaliere.

Naturalmente, la strategia di verifica deve essere scelta anche sulla base della compliance del paziente alla preparazione intestinale e vescicale al trattamento.



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
e **CESARE ARRIGO**
Alessandria



Pediatria

Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran M d'Hugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola L Howe, Cecile M Ronckers, Preetha Rajaraman, Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González

Summary

Background Although CT scans are very useful clinically, potential cancer risks exist from associated ionising radiation, in particular for children who are more radiosensitive than adults. We aimed to assess the excess risk of leukaemia and brain tumours after CT scans in a cohort of children and young adults.



Lancet 2012; 380: 499-505
 Published Online
 June 7 2012
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60817-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60817-2)

Strategia di correzione consigliata

Cautela nell'impiego di metodiche di verifica con fasci ionizzanti.

Nei casi in cui non è possibile eseguire un trattamento senza l'impiego di IGRT volumetrica necessaria la valutazione di alcuni parametri: età, sesso, sede anatomica del target, diminuzione dell'ampereaggio, utilizzo di filtri, impiego di protocolli per aumentare la qualità dell'immagine acquista con dosi di esposizione minori, utilizzo di protocolli personalizzati per la frequenza delle IGRT e attenta documentazione della dose ricevuta al target e a tutti sani.

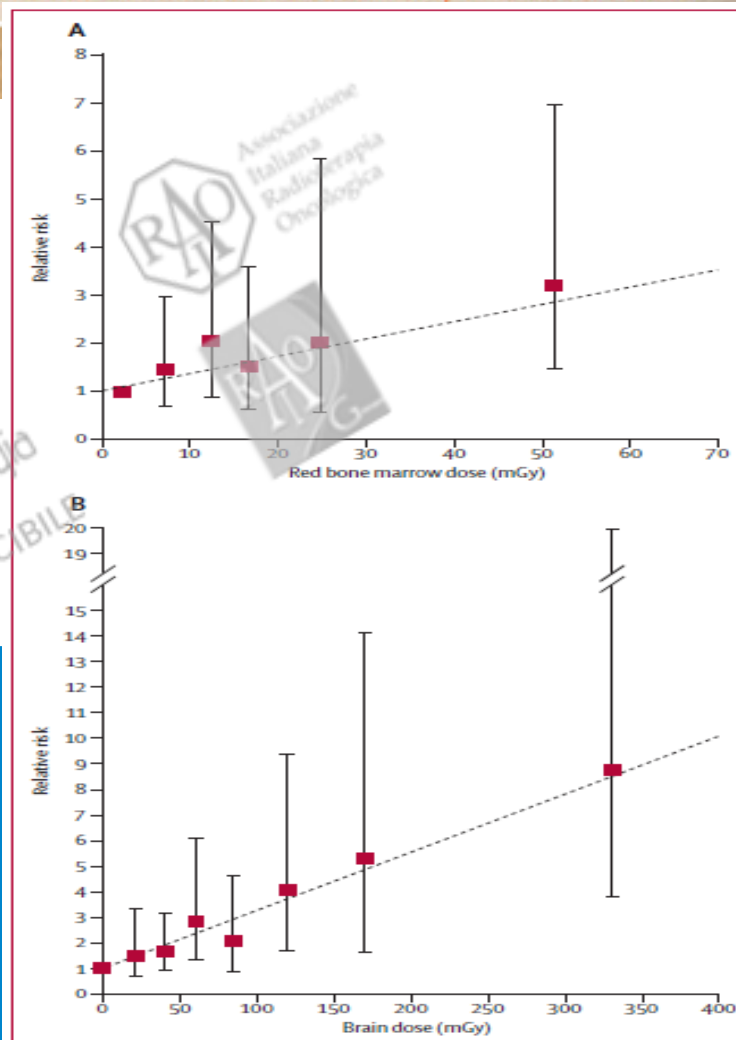


Figure: Relative risk of leukaemia and brain tumours in relation to estimated radiation doses to the red bone marrow and brain from CT scans (A) Leukaemia and (B) brain tumours. Dotted line is the fitted linear dose-response model (excess relative risk per mGy). Bars show 95% CIs.





Ritrattamenti

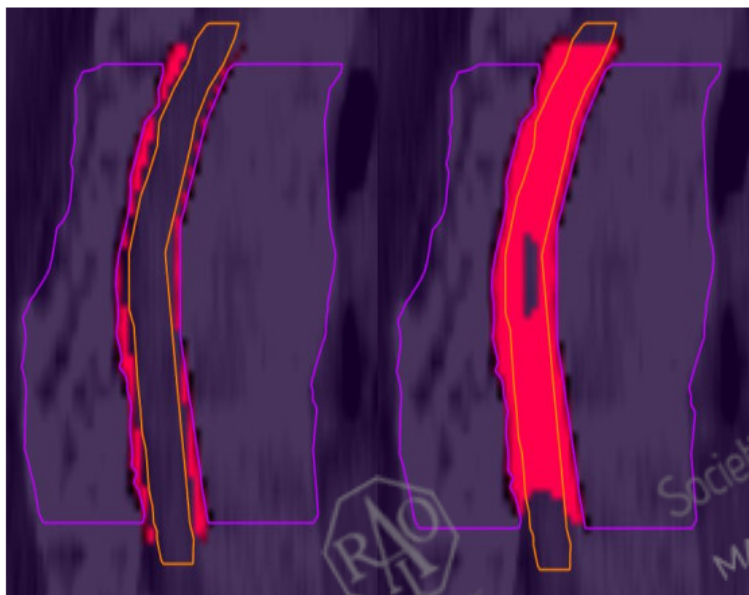


Figure 2
Hot spots inside the spinal canal. Sagittal isocentric slice for patient 1 with (left) and without (right) CBCT table setup correction. Hotspots (dose over the allowed tolerance dose of 18 Gy) inside the spinal canal are displayed in red. CTV is marked in purple and spinal cord in orange.

The mean absolute value (\pm standard deviation) over all patients and fractions of the translational error is 6.1 mm (± 4 mm) and 2.7° (± 1.1 mm) for the rotational error. The dose coverage of the 95% isodose for the CTV is considerably decreased for the uncorrected table setup. This is associated with an increasing of the spinal cord dose above the tolerance dose.

Re-irradiation of spinal column metastases by IMRT: impact of setup errors on the dose distribution

Christian Gröger, Matthias G Hautmann, Rainer Loeschel, Natalia Repp, Oliver Kölbl and Barbara Döbler

Radiation Oncology 2013 8:269 | DOI: 10.1186/1748-717X-8-269 | © Gröger et al.; licensee BioMed Central Ltd. 2013

Strategia di correzione consigliata

On-line con immagini volumetriche giornaliere



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
Azienda Ospedaliera Nazionale
**SS. ANTONIO e BIAGIO
e CESARE ARRIGO**
Alessandria



XXVI CONGRESSO NAZIONALE AIRO
 XXX CONGRESSO NAZIONALE AIRB
 IX CONGRESSO NAZIONALE AIRO GIOVANI



Farmaci innovativi e ipofrazionamento

PALACONGRESSI DI RIMINI - 30 settembre, 1 - 2 ottobre 2016

Andrea Ballarè

Renato Chiarlone

Renzo Corvò

Giuseppina Gambaro

Filippo Grillo Ruggieri

Marco Krenkli

Maria Rosa La Porta

Gregorio Moro

Fernando Munoz

Umberto Ricardi

Paolo Rovea

Tindaro Scolaro

Maria Tessa

Alessandro Urgesi

GRAZIE!!!!

Elvio Russi

Stefano Maria Magrini

Marco Orsatti

Claudio Arboscello

Salvina Barra

Domenico Cante

Marco Gatti

Alessia Guarneri

Laura Masini

Filippo Alongi

Elena Cazzulo

Alba Fiorentino

Pietro Gabriele

Elisabetta Garibaldi

Anna Merlotti

Gianni Penduzzu

Maria Grazia Ruo Redda

Liana Todisco



Sistema Sanitario Regionale Piemonte
 Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. ANTONIO e BIAGIO
 e **CESARE ARRIGO**
 Alessandria