



IT0000660

**ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ**

**Controlli di qualità essenziali  
in radioterapia con fasci esterni**

Gruppo di studio Istituto Superiore di Sanità  
"Assicurazione di qualità in radioterapia"

ISSN 1123-3117

**Rapporti ISTISAN**

**99/6**

**31 / 50**

Istituto Superiore di Sanità

**Controlli di qualità essenziali in radioterapia con fasci esterni.**

Gruppo di studio Istituto Superiore di Sanità "Assicurazione di qualità in radioterapia"  
1999, 28 p. Rapporti ISTISAN 99/6

Vengono presentate dal Gruppo di studio ISS "Assicurazione di Qualità in Radioterapia" le linee guida per la stesura dei protocolli di controlli di qualità in radioterapia con fasci esterni. Questo documento, pur non dettando norme o regole, definisce i controlli di qualità essenziali necessari a garantire un adeguato livello di accuratezza del trattamento radiante e rappresenta pertanto una parte essenziale del contributo fisico-dosimetrico al programma globale di Assicurazione di Qualità in Radioterapia con fasci esterni.

Parole chiave: Assicurazione di qualità, Radioterapia

Istituto Superiore di Sanità

**Minimal requirements for quality controls in radiotherapy with external beams.**

Study group Istituto Superiore di Sanità "Assicurazione di qualità in radioterapia"  
1999, 28 p. Rapporti ISTISAN 99/6 (in Italian)

Physical-dosimetric guidelines have been developed by the ISS study group "Quality Assurance in Radiotherapy" to define protocols for quality controls in external beam radiotherapy. While the document does not determine strict rules or firm recommendations, it suggests minimal requirements for quality controls necessary to guarantee an adequate degree of accuracy in external beam radiotherapy.

Key words: Quality assurance, Radiotherapy

**Gruppo di studio Istituto Superiore di Sanità "Assicurazione di qualità in radioterapia"**

Dr. L. Andreucci	Servizio di Biofisica, Istituto Nazionale per la Ricerca sul Cancro, Genova
Prof. M. Benassi	Laboratorio di Fisica Medica, Istituto Regina Elena, Roma
Dr.ssa L. Begnozzi	Laboratorio di Fisica Medica, Istituto Regina Elena, Roma
Sig. A. Bonini	Servizio di Radioterapia, IRCCS San Raffaele, Milano
Dr. F. L. Cazzaniga	Divisione di Radioterapia e Servizio di Medicina Nucleare, Azienda Ospedaliera Sant'Anna, Como
Prof. L. Cionini	Dipartimento di Oncologia, Unità di Radioterapia, Università degli Studi, Pisa
Dr. E. Emiliani	Servizio di Radioterapia, Ospedale Santa Maria delle Croci, USL 35, Ravenna
Prof. G. Gardani	Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori, Dipartimento di Radioterapia, Milano
Sig.ra A. Giani	Dipartimento di Fisiopatologia Clinica, Unità Operativa di Radioterapia, Azienda Careggi e Università degli Studi, Firenze
Dr. S. Magri	Servizio di Fisica Sanitaria, Azienda Istituti Ospitalieri, Cremona
Prof. F. Milano	Dipartimento di Fisiopatologia Clinica, Università degli Studi, Firenze
Prof. P. Montemaggi	U.O. Radioterapia Ospedale Mariano Santo, Cosenza
Prof. A. Piermattei	Istituto di Fisica Sanitaria, Università Cattolica del S. Cuore, Roma
Dr. C. Polico	Divisione di Radioterapia Oncologica Azienda USL 18, Rovigo
Dr. L. Raffaele	Istituto Nazionale per la Ricerca sul Cancro di Genova e Policlinico Universitario, Catania
Dr. R. Valdagni	Divisione di Radioterapia Oncologica, Casa di Cura S. Pio X, Milano
Dr.ssa V. Viti	Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

**Segreteria organizzativa**

Sig.ra Franca Grisanti      Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Il documento è stato presentato e discusso nella Giornata di studio "Assicurazione di qualità in radioterapia" che ha avuto luogo presso l'Istituto superiore di sanità il 2 dicembre 1998.

Si ringrazia la Sig.ra Tiziana Talucci per l'opera svolta a supporto delle attività del Gruppo di studio e per la collaborazione fornita nella preparazione del presente documento.

## Indice

<b>Introduzione</b>	pag. 1
<b>1. Controlli di qualità per apparecchiature di Roentgenterapia, telecobaltoterapia e acceleratori lineari</b>	pag. 4
1.1. Aspetti generali	pag. 4
1.2. Tipologia, frequenza dei controlli, tolleranze	pag. 5
1.3. Tabelle dei parametri sottoposti a controllo di qualità in Roentgenterapia	pag. 7
1.4. Tabelle dei parametri sottoposti a controllo di qualità in telecobaltoterapia	pag. 10
1.5. Tabelle dei parametri sottoposti a controllo di qualità per acceleratori lineari	pag. 13
<b>2. Controlli di qualità dei simulatori in radioterapia</b>	pag. 16
2.1. Aspetti generali	pag. 16
2.2. Controlli di qualità sui simulatori tradizionali	pag. 17
2.3. Controlli di qualità sui TC simulatori	pag. 18
2.4. Controlli di qualità sui simulatori TC	pag. 19
<b>3. Controlli di qualità dei sistemi per la pianificazione del trattamento radioterapico</b>	pag. 19
3.1. Aspetti generali	pag. 19
3.2. Principali fonti di errore nell'uso dei sistemi per la pianificazione del trattamento radioterapico	pag. 20
3.3. Documentazione tecnica	pag. 21
3.4. Controlli di qualità di tipo dosimetrico	pag. 22
3.5. Controlli di qualità di tipo non dosimetrico	pag. 24
<b>4. Controlli di qualità dei sistemi dosimetrici per la taratura del fascio e dosimetria relativa</b>	pag. 26
4.1. Aspetti generali	pag. 26
4.2. Camere a ionizzazione ed elettrometri usati nella taratura dei fasci	pag. 27
4.3. Rivelatori impiegati in misure relative	pag. 27
4.4. Sistemi di scansione automatica e sistemi di scansione delle pellicole radiografiche	pag. 28
4.5. Barometri e termometri	pag. 28

## Introduzione

I controlli di qualità (CQ) delle apparecchiature per radioterapia costituiscono un preciso obbligo di legge a seguito del D.Lvo n. 230 del 17/3/95 (art. 113) (1) e relativi decreti applicativi: DM (Sanità) 14 febbraio 1997 (2) e sue successive modifiche DM (Sanità) 29 dicembre 1997 (3). In base a tale legislazione il responsabile dell'apparecchiatura di radioterapia è chiamato a redigere il relativo protocollo per i controlli di qualità (CQ) avvalendosi del Fisico Specialista e basandosi su quanto indicato dalla letteratura scientifica nazionale ed internazionale per la quale nel DM del 29 dicembre 1997 (3) sono riportati numerosi riferimenti bibliografici.

In considerazione della vastità della letteratura il Gruppo di studio dell'Istituto Superiore di Sanità "Assicurazione di Qualità in Radioterapia" ha ritenuto opportuno elaborare delle linee guida che indichino i criteri essenziali per garantire un adeguato livello di accuratezza dell'intero trattamento radiante. Queste linee guida, che vedono la luce come *Rapporto ISTISAN*, rappresentano pertanto una parte essenziale del contributo fisico-dosimetrico al programma globale di Assicurazione di Qualità (AQ) già illustrato nel *Rapporto ISTISAN 96/39* (4). I controlli indicati in ogni capitolo del presente rapporto devono intendersi quindi come quelli essenziali a garantire la qualità dei trattamenti radianti di categoria A e B, come definiti nel *Rapporto ISTISAN 96/39* (4). Sono state prese in considerazione solamente le apparecchiature di base senza corredo di accessori (sistema multilamellare, sistemi a cuneo dinamico, sistemi portali). La presenza di tali accessori così come l'attivazione di tecniche speciali impone al singolo Centro l'introduzione di controlli dedicati. Per questi accessori così come per i trattamenti di categoria C e D le raccomandazioni suggerite dovranno essere integrate da altre specifiche che saranno oggetto di ulteriori documenti. Inoltre, poiché nella stesura del presente rapporto si è fatto riferimento all'attuale situazione dei Centri di radioterapia italiani, le linee guida qui presentate si intendono soggette ad un adeguamento nel tempo.

L'esame dei protocolli oggi esistenti e adottati da molti Centri nazionali ed internazionali mette in luce la possibilità di controllare un grande numero di parametri alcuni dei quali sono indicatori di elevata qualità della prestazione radioterapica. Ci è sembrato opportuno, tuttavia, raccogliendo anche la raccomandazione del documento originale ESTRO (5), prendere in considerazione solo alcuni parametri ritenuti sicuramente indicatori di un funzionamento corretto dell'apparecchiatura e sufficienti a garantire il mantenimento di prestazioni funzionali accettabili ai fini della qualità. Questa scelta vuole anche rispondere all'esigenza di contenere il costo dei programmi di CQ in termini di impegno di persone, di tempo e di fermo delle apparecchiature. La proposta di un numero limitato di parametri non esclude che in un singolo Centro di radioterapia si possa prevedere un fermo macchina addizionale semestrale o annuale onde completare il programma di CQ anche con altri parametri ritenuti di interesse per il livello della qualità della prestazione radioterapica.

Abbiamo indicato, per ogni apparecchiatura, i parametri da controllare, le tolleranze, la periodicità dei controlli e la bibliografia fondamentale a cui ci siamo riferiti, tutto al fine, così come indicato nei citati DM, di mantenere le dosi ai volumi non bersaglio al livello più basso ragionevolmente ottenibile, compatibilmente con il fine radioterapico perseguito con l'esposizione. Per le procedure operative nella conduzione dei singoli controlli si rimanda ai documenti nazionali ed internazionali citati nel DM del 29 dicembre 1997 (3) nonché alla bibliografia indicata in ogni capitolo del presente documento che chiarisce alcuni aspetti procedurali.

Il presente rapporto costituisce, nelle intenzioni degli estensori, uno strumento di lavoro suggestivo di una metodologia omogenea su tutto il territorio nazionale, auspicabile, ancorché non obbligatoria, dal momento che la legislazione attuale permette un'ampia scelta tra molti protocolli. Per tale motivo le linee guida qui presentate non debbono ritenersi vincolanti, potendo essere modificate all'interno di ciascun Centro modulando la scelta dei parametri da controllare e la frequenza dei controlli da eseguire alla luce delle singole realtà locali, in base a quanto indicato nei citati DM. La ricerca di un'omogeneità nell'ambito nazionale dovrebbe comunque essere considerata come un obiettivo di interesse comune e può essere realizzata anche gradualmente per i Centri che abbiano difficoltà ad adeguarvisi immediatamente modificando le procedure già in uso.

E' opportuno sottolineare che tali scelte, comunque obbligatorie, rientrano fra i compiti del medico oncologo radioterapista che dell'impiego clinico delle apparecchiature è il responsabile, ma è indispensabile che vengano concordate con il fisico specialista cui compete la responsabilità del controllo del corretto funzionamento - secondo i parametri concordati - delle apparecchiature medesime. Le tolleranze definite per i singoli controlli vanno interpretate nel senso che al di fuori dei valori indicati può essere ancora consentito l'uso clinico dell'apparecchiatura purché tale decisione sia assunta dopo un'accurata valutazione congiunta da parte del fisico specialista e del medico oncologo radioterapista, fermo restando che della decisione finale è quest'ultimo che ne resta comunque responsabile in via esclusiva. In ogni caso il superamento dei livelli di tolleranza deve prevedere un intervento, eventualmente posticipato, le cui modalità sono concordate dal medico oncologo radioterapista e dal fisico specialista e da entrambi motivate e giustificate.

Poiché comunque le tolleranze indicate nel presente documento rientrano tra le più ampie di quelle riportate nella letteratura indicata nel suddetto DM, gli autori del presente rapporto auspicano che i Centri italiani di radioterapia provvedano in un lasso di tempo ragionevole a predisporre i meccanismi necessari affinché si possano raggiungere gli obiettivi indicati nel documento.

## **Bibliografia**

- 1) Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti. Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230. Suppl. Ord. alla G.U., n. 136 del 13 giugno 1995, Serie Generale.
- 2) Italia DM (Sanità) 14 febbraio 1997, G. U. n. 58 del 11 marzo 1997, Serie Generale.
- 3) Italia DM (Sanità) 29 dicembre 1997, G. U. n. 108 del 12 maggio 1998.
- 4) Gruppo di studio ISS sull'Assicurazione di Qualità in Radioterapia. Proposta di linee guida in relazione agli aspetti clinici e tecnologici". Roma, Istituto Superiore di Sanità. (Rapporti ISTISAN 96/39, 1996).
- 5) THWAITE S, D., SCALLIET, P., LEER, J. W., OVERGAARD, J. Quality assurance in radiotherapy. *Radiother. Oncol.* (1995), 35: 61-73.

## 1. Controlli di qualità per apparecchiature di Roentgenterapia, telecobaltoterapia e acceleratori lineari

*1.1. Aspetti generali* - Nella formulazione di queste linee guida si è cercato di conciliare, per quanto possibile, la definizione di standard qualitativi elevati con i costi che l'ottenimento di tali standard comporta in termini di risorse umane, di materiali, di tempo macchina (pertanto non disponibile per le applicazioni cliniche), così come esposto nell'introduzione del documento. Si è inoltre rivolta particolare attenzione a quegli elementi che sono strettamente connessi alla protezione del paziente.

Abbiamo riportato, sotto forma di tabelle, i parametri essenziali che devono essere sottoposti a controllo per le apparecchiature di Roentgenterapia, telecobaltoterapia e per gli acceleratori lineari.

Vogliamo ricordare la definizione dei controlli da effettuare secondo quanto indicato all'art. 3 comma 1 del DM 14/02/1997: prove di accettazione e di collaudo, art.3 comma 1 lettera a, prove di verifica e di stato, art.3 comma 1 lettera b e prove di costanza, art.3 comma 1 lettera c.

1) Per prova di accettazione e di collaudo (art. 3 comma 1 lettera a) si intende quella da effettuarsi per controllare la rispondenza dell'apparecchiatura a caratteristiche prefissate all'atto dell'installazione.

La prova di accettazione viene effettuata quando:

- è stato installato un nuovo apparecchio;
- sono state apportate importanti modifiche o effettuate sostituzioni di parti importanti dell'apparecchio.

Scopo della prova di accettazione è di verificare la conformità dell'apparecchiatura alle specifiche contrattuali o comunque dichiarate dal costruttore. Essa viene eseguita in collaborazione con il personale della Ditta fornitrice. I parametri oggetto della prova sono quelli individuati dal protocollo di collaudo della Ditta fornitrice, purché in accordo con quelli suggeriti da organismi internazionali e con quelli adottati presso il Centro: in alcuni casi sarà tuttavia possibile concordare con la Ditta integrazioni o modifiche al protocollo di collaudo, qualora esso non risulti sufficiente o adeguato.

Devono inoltre essere verificati e misurati (qualora si tratti di parametri misurabili) tutti i requisiti previsti dal capitolato di fornitura.

2) Per prova di verifica o di stato (art. 3 comma 1 lettera b) si intende quella da effettuarsi per verificare il livello di rispondenza dell'apparecchiatura alla funzione che deve svolgere.

Consiste nella determinazione dei valori di riferimento dei parametri oggetto dei controlli di qualità e pertanto deve essere eseguita contestualmente o subito dopo la prova di accettazione. Tuttavia i risultati ottenuti nella prova di accettazione possono essere assunti come risultati anche della prova di stato, se il controllo è effettuato con identiche modalità in entrambe le prove.

Le prove di stato devono essere ripetute quando:

- sono state apportate importanti modifiche o effettuate sostituzioni di parti importanti dell'apparecchio.

Qualora la prova di accettazione sia stata eseguita dopo importanti sostituzioni di parti o modifiche dell'apparecchiatura oppure dopo importanti regolazioni di parametri funzionali, la prova di stato può essere eseguita limitatamente ai parametri i cui valori di riferimento siano suscettibili di aver subito modifiche a causa dell'intervento.

3) La prova di costanza (art. 3 comma 1 lettera c) è quella destinata a sorvegliare la stabilità della prestazione funzionale dell'apparecchio mediante un metodo di prova adeguato in termini di affidabilità e semplicità.

Le prove di costanza verranno effettuate a intervalli regolari con periodicità fissate parametro per parametro.

La prova di costanza deve essere eseguita anche quando si sospetti un mal funzionamento dell'apparecchio.

*1.2. Tipologia, frequenza dei controlli, tolleranze* - In relazione alla loro tipologia abbiamo suddiviso i controlli in controlli di sicurezza, controlli dosimetrici e controlli meccanici.

In relazione alla loro frequenza, i controlli sono stati suddivisi in giornalieri, settimanali, mensili, semestrali ed annuali. I controlli giornalieri sono relativi a parametri particolarmente critici in quanto in grado di condizionare fortemente il posizionamento del paziente, l'identificazione del volume bersaglio, la dose somministrata, la sicurezza del paziente. I controlli settimanali sono relativi a parametri altrettanto critici ma che non subiscono facili modificazioni. I controlli mensili e semestrali riguardano verifiche più approfondite di parametri per i quali è ragionevole ipotizzare piccole variazioni nell'arco del mese. I controlli annuali si riferiscono a parametri per i quali la probabilità di variazione è estremamente bassa. Per acceleratori con due o più energie fotoniche, il controllo giornaliero della dose (cGy/UM) deve essere effettuato per ogni singola energia. Per i fasci di elettroni viene generalmente consigliato un controllo a rotazione, con almeno due misure di dose alla settimana per ognuna delle energie disponibili.

La verifica del corretto funzionamento dei dispositivi di emergenza ("colpi di pugno") che disinseriscono l'alimentazione a tutta l'apparecchiatura richiede di togliere bruscamente tensione a tutto l'impianto. Questa operazione così traumatica potrebbe comportare qualche problema nel ripristino delle normali condizioni di funzionamento soprattutto se eseguita dal personale del Centro. Si ritiene più funzionale effettuare questo tipo di verifica assieme al personale della Ditta fornitrice contestualmente ad una delle manutenzioni periodiche in modo che eventuali problemi possano essere prontamente risolti.



Le frequenze suggerite devono essere di norma rispettate salvo che non esistano ragioni dimostrabili per modificarle: ad esempio se è dimostrata un'ampia variabilità in uno dei parametri controllati, la frequenza di verifica verrà incrementata; viceversa, in presenza di un parametro che rimane costante nel tempo, potrà ragionevolmente essere ridotta; in quest'ultimo caso la modifica al programma di CQ verrà implementata solo dopo un'analisi storica della variabilità del parametro e dopo una valutazione delle implicazioni cliniche indotte da ogni modifica nella frequenza di verifica del parametro considerato.

Le prove di costanza vanno eseguite con la periodicità indicata nel protocollo e registrate sul manuale di qualità, secondo quanto indicato nell'articolo 7 del DM del 14/02/97 (vedi bibliografia dell'introduzione).

Le modalità operative (procedure) con cui le verifiche vengono effettuate e registrate devono essere descritte per ogni parametro unitamente al riferimento tecnico o normativo.

Nella definizione delle procedure per la effettuazione di ogni controllo, a meno che non sia chiaramente specificato dalla norma, andranno utilizzate condizioni sovrapponibili, per quanto possibile, a quelle di trattamento del paziente.

Va stabilito altresì, in forma univoca e per iscritto, quali procedure seguire e quali persone informare in caso di superamento dei limiti, affinché il programma di qualità sia realmente efficace ai fini della radioprotezione del paziente.

### 1.3. Tabelle dei parametri sottoposti a controllo di qualità in Roentgenterapia

#### A - Controlli relativi ai dispositivi elettrici e meccanici di sicurezza in sala di trattamento

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
A1	Verifica dell'interblocco porta	giornaliera	funzionamento
A2	Verifica del corretto funzionamento delle telecamere e dell'interfono	giornaliera	funzionamento
A3	Verifica della non erogazione raggi per errato posizionamento o mancanza del filtro aggiuntivo	giornaliera	funzionamento
A4	Verifica del corretto funzionamento delle spie luminose indicanti l'irradiazione in corso, sul tavolo di comando e sulla porta di ingresso alla sala di trattamento	giornaliera	funzionamento
A5	Verifica del corretto funzionamento delle spie luminose indicanti sul tavolo di comando la selezione della tecnica di irradiazione (tensione+filtrazione)	giornaliera	funzionamento
A6	Verifica del sistema di bloccaggio dei movimenti della testata (verticali e rotatori)	settimanale	funzionamento
A7	Verifica dell'integrità e del corretto posizionamento degli applicatori e dei limitatori di campo	settimanale	funzionamento

#### B - Controlli di tipo geometrico

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
B1	Corrispondenza tra il campo di irradiazione e il campo luminoso o il campo nominale individuato dall'applicatore	mensile	5 mm
B2	Reticolo di campo (corrispondenza della proiezione del centro del reticolo con il centro geometrico del campo luminoso).	semestrale	3 mm

## C - Controlli dosimetrici

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
C1	<b>Stabilità dei valori di tensione e corrente indicati dagli strumenti posti sul tavolo di comando</b>	giornaliera	<5% in 2 min
C2	<b>Stabilità della taratura</b> Per le qualità del fascio, le dimensioni del campo e le SSD maggiormente in uso.	mensile	5%
C3	<b>Temporizzatore</b> Accuratezza Riproducibilità Linearità "End effects"	semestrale	2 s (per $t \geq 10s$ ) 2% 2% < 5 s
C4	<b>Simmetria (metodo fotodensitometrico)</b>  calcolata, separatamente per l'asse x e l'asse y, come  $[(d_{max} - d_{min})/d_{max}]$  dove $d_{max}$ e $d_{min}$ sono le distanze, nei due versi opposti, in cui le densità ottiche nette si riducono al 90% di quella centrale  vedi norma UNI 10135 (1)	semestrale	$\leq 0.1$
C5	<b>Omogeneità (metodo fotodensitometrico)</b> calcolata come coefficiente di variazione (CV) delle densità ottiche nette misurate all'interno di un cerchio concentrico con il campo nominale e di diametro 0.8 d, dove d è il lato minore del campo radiante  vedi norma UNI 10135 (1)	semestrale	$CV \leq 0.1$
C6	<b>Taratura dei fasci di radiazione (cGy/min, cGy/U.M)</b> Per tutte le condizioni di trattamento (qualità del fascio, SSD, dimensioni del campo e applicatori), applicando il protocollo di riferimento.	annuale	3%

## D - Qualità del fascio (per tutte le combinazioni adottate di tensione e filtrazione)

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
D1	<p><b>Costanza del rendimento in profondità</b></p> <p><math>[R=D(z_1)/D(z_2)]</math></p> <p>per un campo di riferimento di dimensioni standard; sono raccomandati valori di <math>z_1=0</math> (superficie del fantoccio) e di <math>z_2 = z_{80\%}</math> o <math>z_{50\%}</math>.</p>	trimestrale	<p>Terapia profonda e semiprofonda 3%</p> <p>Terapia superficiale e plesioterapia 5%</p>
D2	<p><b>Costanza spessore emivalente</b></p> <p>[SEV(mm Al) per tensioni da 10 a 120 kV] [SEV(mm Cu) per tensioni &gt; di 120 kV]</p>	annuale	10%

*Bibliografia*

- 1) Norme UNI 10135 (1992). Controlli periodici e dosimetria degli apparecchi per Roentgenterapia.
- 2) Quality assurance in Radiotherapy. WHO 1988.
- 3) KLEVENHAGEN S. C. and THWAITES D. I. Radiotherapy Physics in Practice, edited by J.R.Williams and D.I.Thwaites (Oxford University Press, 1993), Cap.6: Kilovoltage x-rays.
- 4) WACHSMANN, F., DREXLER, G. Graphs and Tables for Radiology. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1976.
- 5) Garanzia della qualità in Radioterapia a fasci esterni, Controlli sugli impianti per Roentgenterapia. *Fisica Sanitaria* 1/96 pp.11-21.
- 6) IAEA 1970. Manual of Dosimetry in Radiotherapy. IAEA Technical Reports Series 110.
- 7) IAEA 1987. Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: an international code of practice. IAEA Technical Reports Series 277.
- 8) The IPEMB code of practice for the determination of absorbed dose for x-rays below 300 kV generating potential (0.035 mm Al-4 mm Cu HVL; 10-300 kV generating potential). *Phys.Med.Biol.*, 1996, 41: 2605-2625.
- 9) HPA-1977 Phantom Materials for photon and electron beams. HPA Scientific Reports Series 20.
- 10) Central Axis Depth Dose Data for use in Radiotherapy, Br.J.Radiol.Suppl.#25. London (1996).

*1.4. - Tabelle dei parametri sottoposti a controllo di qualità in telecobaltoterapia*

**A - Controlli relativi ai dispositivi elettrici e meccanici di sicurezza in sala di trattamento**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
A1	Verifica dell'interblocco porta	giornaliera	funzionamento
A2	Verifica del corretto funzionamento delle telecamere	giornaliera	funzionamento
A3	Verifica del corretto funzionamento dei segnali luminosi di irradiazione	giornaliera	funzionamento
A4	Verifica del corretto funzionamento monitor ambientale in sala di trattamento.	giornaliera	funzionamento
A5	Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi d'intercomunicazione		funzionamento
A6	Verifica del corretto funzionamento dei sistemi anticollisione (ove presenti)	settimanale	funzionamento
A7	Verifica del corretto funzionamento della illuminazione di emergenza	settimanale	funzionamento

**B- Controlli dei parametri meccanici relativi alle unità di trattamento e controlli dei dispositivi di centratura**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
B1	Corrispondenza isocentro e laser di centratura	giornaliera	2 mm
B2	Verifica della corretta indicazione del telemetro	giornaliera settimanale	2 mm all'isocentro 3 mm a $\pm 200$ mm dall'isocentro
B3	Accuratezza dell' indicatore ottico delle dimensioni del campo	settimanale	2 mm
B4	Corrispondenza tra campo luminoso e campo radiante	settimanale	3 mm
B5	Verifica dell'isocentro meccanico (stativo - collimatore)	mensile	2 mm (diametro)
B6	Accuratezza degli indicatori meccanici e/o digitali dell'angolazione dello stativo, del collimatore e del lettino di trattamento	mensile	1 °
B7	Terapia rotazionale (verifica della differenza fra arco di pendolazione impostato e arco effettivamente percorso)	mensile	5 °

**C - Controlli degli accessori: filtri a cuneo e portabloccchi.**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
C1	Integrità del porta accessori e dei sistemi di bloccaggio	mensile	funzionamento
C2	Portabloccchi: verifica del centro di rotazione	semestrale	2 mm
C3	Costanza dei fattori di trasmissione dei filtri a cuneo	semestrale	2%

**D - Controlli dosimetrici**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
D1	<b>Omogeneità</b>	mensile	3%
D2	<b>Simmetria</b>	mensile	3%
D3	<b>Costanza della Penombra (20% - 80%)</b>	mensile	$\phi$ sorg.=1cm $\leq 6$ mm per campi $\leq 10 \times 10$ cm <sup>2</sup> $\leq 7$ mm per campi $> 10 \times 10$ cm <sup>2</sup> $\phi$ sorg.=1,5 cm $\leq 9$ mm per campi $\leq 10 \times 10$ cm <sup>2</sup> $\leq 10,5$ mm per campi $> 10 \times 10$ cm <sup>2</sup> $\phi$ sorg.=2 cm $\leq 12$ mm per campi $\leq 10 \times 10$ cm <sup>2</sup> $\leq 14$ mm per campi $> 10 \times 10$ cm <sup>2</sup>
D4	<b>Accuratezza del temporizzatore</b>	trimestrale	1s
D5	<b>Linearità del temporizzatore</b>	trimestrale	1%
D6	<b>Stabilità del rateo di dose (cGy/min) in un punto e in condizioni di riferimento, applicando il protocollo adottato</b>	semestrale	2% del valore di riferimento
D7	<b>Stabilità del rateo di dose al variare dell'angolo dello stativo (cGy/min)</b>	annuale	2%

**E - Controlli relativi ai dispositivi meccanici del lettino di trattamento**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
E1	Indicatori di posizione lettino di trattamento	mensile	2 mm/1°
E2	Deflessione verticale	annuale	5 mm
E3	Isocentricità dell'asse di rotazione del lettino	annuale	2 mm (diametro)

## Bibliografia

- 1) Norme UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) n. 9775. Controlli periodici degli apparecchi per telegammaterapia 1990.
- 2) CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) n. 62 - 31 Apparecchi Elettromedicali - Norme particolari di sicurezza per apparecchiature di gammaterapia 1990.
- 3) CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) n. 62 - 31, V<sub>1</sub> Apparecchi Elettromedicali - Norme particolari di sicurezza per apparecchiature di gammaterapia 1991.
- 4) A Brahma Accuracy Requirements and quality assurance of external beam therapy with photons and electrons. *Acta Oncologica*, Supplementum n.1. Stockholm 1988.
- 5) ANSI (American National Standards Institute, New York) Rep. n. 449 I. Procedures for periodic inspection of Co 60 and Cs 137 teletherapy equipment, 1978.
- 6) AAPM (American Association of Physicists in Medicine). Report Series n. 46. AAPM Comprehensive QA for Radiation Oncology. AAPM Radiation Therapy TG No.40, 1994.
- 7) SFPH (Société Francaise Des Physiciens d'Hopital) Cahier n.18. Controle de qualité d'une installation de Télécobaltherapie, 1984.

### 1.5. - Tabelle dei parametri sottoposti a controllo di qualità per acceleratori lineari

#### A - Controlli relativi ai dispositivi elettrici e meccanici di sicurezza in sala di trattamento

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
A1	Verifica dell'interblocco porta	giornaliera	funzionamento
A2	Verifica del corretto funzionamento delle telecamere	giornaliera	funzionamento
A3	Verifica del corretto funzionamento dei segnali acustici e luminosi di irradiazione	giornaliera	funzionamento
A4	Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi d'intercomunicazione	giornaliera	funzionamento
A5	Verifica del corretto funzionamento dell'illuminazione di emergenza	settimanale	funzionamento
A6	Verifica del corretto funzionamento dei sistemi anticollisione (ove presenti)	settimanale	funzionamento



**B- Controlli dei parametri meccanici relativi all'unità di trattamento e controlli dei dispositivi di centratura**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
B1	Corrispondenza dell'isocentro e laser di centratura	giornaliera	2 mm
B2	Verifica della corretta indicazione del telemetro	giornaliera settimanale	2 mm all'isocentro 3 mm a $\pm 200$ mm dall'isocentro
B3	Corrispondenza tra asse di rotazione del collimatore e centro del reticolo del campo luminoso	mensile	1 mm
B4	Verifica dell'isocentro meccanico (stativo-collimatore)	mensile	2 mm (diametro)
B5	Accuratezza dell'indicazione numerica del campo all'isocentro (fotoni)	settimanale	2 mm
B6	Accuratezza dell'indicazione numerica del campo (elettroni)	settimanale	2 mm
B7	Accuratezza dell'indicazione numerica del campo per campi asimmetrici	settimanale	2 mm
B8	Corrispondenza tra campo luminoso e campo radiante all'isocentro (fotoni)	mensile	2 mm o 1% per lato comunque il valore maggiore
B9	Accuratezza dell'indicazione numerica del campo in funzione dell'inclinazione dello stativo	mensile	2 mm
B10	Accuratezza degli indicatori meccanici e/o digitali dell'angolazione dello stativo, del collimatore e del lettino di trattamento	mensile	1°
B11	Terapia rotazionale (Verifica della differenza fra arco di pendolazione impostato e arco effettivamente percorso)	mensile	3°

**C - Controlli degli accessori: filtri a cuneo e portabloccchi**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
C1	Integrità del porta accessori e dei sistemi di bloccaggio	mensile	funzionamento
C2	Portabloccchi: verifica del centro di rotazione	annuale	2 mm
C3	Costanza fattore di trasmissione dei filtri a cuneo	annuale	2%

**D - Controlli dosimetrici**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
D1	Stabilità della dose in un punto e in condizioni di riferimento (cGy/UM)	giornaliera	3%
D2	Omogeneità	mensile	3% per fotoni ed elettroni
D3	Simmetria	mensile	3% per fotoni ed elettroni
D4	Qualità del fascio di elettroni R <sub>50</sub>	mensile	2 mm del valore di riferimento
D5	Qualità del fascio fotonico TPR <sub>200</sub> 100	mensile	1% del valore di riferimento
D6	Costanza dei parametri relativi alla trasmissione in profondità (PDD)	semestrale	2% per fotoni 2 mm per elettroni
D7	Stabilità della dose nel corso di un ciclo giornaliero di trattamento (cGy/UM)	semestrale	2%
D8	Stabilità della dose al variare dell'angolo dello stativo (cGy/UM)	semestrale	2%
D9	Linearità delle camere monitor	semestrale	1%
D10	Riproducibilità delle camere monitor	semestrale	1%
D11	Costanza della Penombra (20% - 80%) (per tutte le energie di fotoni ed elettroni disponibili)	annuale	2 mm
D12	Taratura del fascio di radiazione (cGy/UM), utilizzando la camera di riferimento del Centro e applicando il protocollo adottato, per tutte le energie	annuale	2% del valore di riferimento

**E - Controlli relativi ai dispositivi meccanici del lettino di trattamento**

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
E1	Indicatori di posizione del lettino di trattamento	mensile	2 mm/1°
E2	Deflessione verticale	annuale	5 mm
E3	Isocentricità dell'asse di rotazione del lettino	annuale	2 mm (diametro)

**Bibliografia**

- 1) KUTCHER, G.J. et al. Comprehensive Q.A. for radiation oncology: Report of AAPM Radiation Therapy Committee TG No. 40, *Med. Phys.* April, 1994, 21 (4).
- 2) NATH et al. AAPM code of practice for radiotherapy accelerators: Report of AAPM Radiation Therapy TG No. 45, *Med. Phys.* June 1994, 21 (7).
- 3) AAPM TG No. 21. A protocol for determination of absorbed dose from high energy photon, *Med. Phys.* 1983, 10 (6).
- 4) IAEA 1997. Absorbed dose determination in photon and electrons beams, an international code of practice, IAEA Technical Report n. 277, Vienna 1997.
- 5) AAPM TG No.25. Clinical electron beam dosimetry: report of AAPM Radiation Therapy committee TG No.25, *Med. Phys.* 1991, 18 (1).
- 6) AIFB 1988. Protocollo per la standardizzazione della dosimetria in radioterapia dell'associazione Italiana di Fisica Biomedica. Protocollo per la dosimetria di base nella radioterapia con fasci di fotoni ed elettroni con  $E_{max}$  tra 1 e 40 MeV. *Fisica Medica* 1988, VI (2).
- 7) IEC 977. Medical electron accelerators in the range 1 MeV to 50 MeV - guidelines for functional performance characteristics, 1989.
- 8) Norme UNI 10308. Controlli periodici sugli acceleratori impiegati in radioterapia.
- 9) ICRU Report 50. Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy, 1/9/93
- 10) Norme CEI 62-35, Apparecchi Elettromedicali. Norme particolari di sicurezza per acceleratori medicali di elettroni nella gamma da 1 a 50 MeV.
- 11) Norme CEI 62-36, Apparecchiature Elettromedicali. Acceleratori di elettroni per uso medico. Caratteristiche delle prestazioni funzionali.

**2. Controlli di qualità dei simulatori in radioterapia**

*2.1. Aspetti generali* - I simulatori attualmente in uso possono essere di tre tipi:

- a) simulatori tradizionali;
- b) TC simulatori;
- c) simulatori TC.

I simulatori tradizionali sono costituiti, da un tubo radiogeno per uso radiodiagnostico montato su una struttura con caratteristiche meccaniche, accessori e prestazioni del

tutto sovrapponibili a quelli di un acceleratore lineare. Il fascio radiologico prodotto simula, pertanto, dal punto di vista geometrico quello impiegato per la irradiazione e grazie ai movimenti del lettino, dei collimatori e dello stativo, può fornire immagini radiologiche di qualità diagnostica del campo di irradiazione nelle stesse condizioni e con la stessa precisione con cui è eseguito il trattamento.

I TC simulatori sono, invece, costituiti da un normale tomografo computerizzato al quale viene aggiunto un sistema "hardware" di marcamento laser per la proiezione sulla superficie cutanea del paziente di punti di riferimento ai fini della simulazione del trattamento nelle fasi di scelta dei campi e delle tecniche di irradiazione. Ciò che caratterizza un TC simulatore è il modulo "software" specifico che, integrato con il "software" diagnostico dello stesso tomografo, consente di simulare la tecnica di irradiazione.

I simulatori TC, infine, sono un compromesso tra i due sistemi, cioè sono costituiti da un simulatore tradizionale con sistema di visualizzazione di immagini fluoroscopico cui è aggiunto un sistema di ricostruzione digitale di immagini tomografiche trasverse.

Nei paragrafi successivi sono riportate indicazioni di massima sulle frequenze e sui valori di accettabilità dei controlli da effettuare; queste indicazioni andranno adattate in base alle apparecchiature in dotazione, al loro stato e alla loro utilizzazione.

I sistemi radiologici impiegati per la centratura dei campi semplici non sono da considerare come simulatori. I Centri che li utilizzano dovrebbero controllare, con le tolleranze proprie delle procedure seguite in radioterapia, le apparecchiature utilizzate a questi scopi. I controlli per queste apparecchiature sono compresi tra quelli elencati per i simulatori limitatamente alle prestazioni possibili.

*2.2. Controlli di qualità sui simulatori tradizionali* - I controlli di qualità su un simulatore tradizionale comprendono i controlli geometrici solitamente effettuati su un acceleratore e i controlli che vanno effettuati su un normale impianto a raggi x (utilizzato in grafia o scopia a seconda dei modelli). Questi controlli possono essere suddivisi in alcuni gruppi facenti riferimento alle caratteristiche di un solo componente del sistema:

- a) Caratteristiche del generatore;
- b) Caratteristiche del tubo;
- c) Caratteristiche dell'amplificatore di brillantezza;
- d) Parametri geometrici;
- e) Esposimetro automatico.

Nella tabella 2.1 vengono riportate le prove da effettuare per il controllo del corretto funzionamento del simulatore.

Tabella 2.1. CQ per simulatori tradizionali. (\*).

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita	Tolleranza
1	Corrispondenza dell'isocentro e laser di centratura	giornaliero	2 mm
2	Verifica corretta dell'indicazione del telemetro	giornaliero	2 mm all' isocentro
3	Corrispondenza tra asse di rotazione del collimatore e centratore del campo luminoso	settimanale	2 mm
4	Verifica della posizione dell'isocentro	settimanale	2 mm
5	Corrispondenza tra campo luminoso e indicazione dimensioni su display per il campo 5x5	settimanale	2 mm
6	Corrispondenza tra campo luminoso e indicazione dimensioni su display per il campo 20x20	settimanale	2 mm
7	Corrispondenza tra campo luminoso e indicatore meccanico delle dimensioni	mensile	2 mm
8	Corrispondenza tra display e indicazione dimensioni su consolle di comando	mensile	1 mm
9	Corrispondenza tra campo luminoso e campo radiante	mensile	2 mm
10	Corrispondenza indicazione, inclinazione dello stativo e indicazione su display	mensile	1°
11	Lettino di trattamento: indicatore altezza	mensile	2 mm
12	Lettino di trattamento: indicatore rotazione base	mensile	1°
13	Porta accessori: verifica del centro di rotazione	semestrale	2 mm
14	Lettino di trattamento: indicatore flessione tavola alla massima elongazione	annuale	5 mm

(\*) Non abbiamo riportato in tabella i CQ relativi all'impianto a raggi x per i quali occorre riferirsi ai protocolli di CQ per la diagnostica.

**2.3 Controlli di qualità sui TC simulatori** - I controlli da effettuarsi sui TC simulatori sono i controlli di base di un apparecchio TC cui vanno aggiunti i controlli propri del sistema di marcamento "laser".

I primi hanno lo scopo di verificare parametri relativi alla qualità dell'immagine ed al suo contenuto informativo geometrico e fisico (rumore, uniformità, risoluzione spaziale, spessore di strato, taratura numeri TC, orientamento immagini, allineamento laser, posizionamento del supporto del paziente, linearità); essi dovrebbero essere applicati anche sulle apparecchiature TC tradizionali usate per la localizzazione ed il conseguente piano di trattamento computerizzato.

Il sistema di marcamento "laser" di un TC simulatore è una caratteristica aggiuntiva rispetto al sistema di "laser standard". Esso consente di proiettare sulla pelle del paziente (o sulla superficie del sistema di immobilizzazione), il centro del campo di irradiazione o anche il contorno stesso del campo, è così possibile evitare il passaggio al simulatore tradizionale necessario, invece, quando si impieghi una TC tradizionale, dopo aver impostato la tecnica di irradiazione mediante simulazione al computer.

Il sistema di marcamento "laser" è controllato da computer e l'incertezza associata dipende dalla capacità del "software" di riprodurre posizioni note e ricostruire

fedelmente volumi noti. Tale incertezza ovviamente è legata al numero di scansioni TC usate per definire e ricostruire la superficie del paziente nello spazio. Queste informazioni infatti sono utilizzate per calcolare l'intersezione dei fasci di irradiazione con la superficie corporea. Sono raccomandati CQ mirati alla verifica ed al contenimento di tali incertezze.

Un parametro critico nell'uso di un TC simulatore è rappresentato dalla qualità dell'immagine DRR (Digitally Reconstructed Radiographs) che dovrà essere successivamente utilizzata come immagine di riferimento rispetto all'immagine portale effettuata all'unità di terapia. Sono quindi necessari CQ mirati ad individuare la migliore spaziatura tra le scansioni TC in grado di fornire la migliore risoluzione della DRR.

*2.4. Controlli di qualità sui simulatori TC* - Per i simulatori TC i controlli di qualità devono tenere conto delle caratteristiche miste proprie di questi apparecchi; si dovranno, pertanto, eseguire sia i controlli propri del simulatore come elencati nella tabella 2.1 che quelli propri di un sistema di ricostruzione delle immagini digitali in quanto questi apparecchi usano il segnale dell'intensificatore di brillanza per produrre un'immagine trasversa TC.

Per quasi tutti questi controlli di qualità devono essere approntati opportuni fantocci.

### *Bibliografia*

- 1) PENNINGTON, E.C., JANI, S. K. Quality Assurance Aspects of a CT Simulator in CT Simulation for Radiotherapy, ed. Shirish K. Jani, 1993.
- 2) GALVIN, J. M. The CT-simulator and the Simulator-CT: Advantages, Disadvantages and Future Developments. In: Radiation Therapy Physics, ed. Springer-Verlag, 1995.
- 3) McCULLOUGH, E.C. The Selection, Acceptance Testing and Quality Control of Radiotherapy Treatment Simulators. *Radiology* 1979, **131**: 221-230.
- 4) CEI EN 61168. Simulatori di Radioterapia. Caratteristiche Funzionali, 1994.

## **3. Controlli di qualità dei sistemi per la pianificazione del trattamento radioterapico**

*3.1. Aspetti generali* - L'utilizzazione dei sistemi computerizzati per lo studio fisico-dosimetrico dei piani di trattamento radioterapici ("Treatment Planning System"-TPS) è oggi largamente diffusa ed è ritenuta indispensabile nell'ambito dell'ottimizzazione dell'intero processo della radioterapia. L'utilizzazione di queste avanzate tecnologie informatiche nello studio e nella pianificazione dei trattamenti radioterapici può peraltro introdurre significativi errori che, nell'ambito di un

programma di assicurazione della qualità, devono essere attentamente valutati. Infatti la disponibilità di elaboratori veloci con "hardware" e "software" grafici evoluti permette di ottenere sofisticate presentazioni della distribuzione di dose che possono indurre a ritenere attendibili in modo acritico i risultati ottenuti e quindi a sottovalutare la necessità di procedere ad un adeguato controllo sperimentale.

E' necessario, di conseguenza, istituire programmi di CQ che permettano di ridurre al minimo gli errori che possono intervenire in ciascuna fase dello studio e dell'elaborazione del piano di trattamento in cui venga utilizzato un TPS. Il fisico specialista, sulla base delle esigenze cliniche definite dal medico oncologo radioterapista e della conseguente complessità dei trattamenti radioterapici necessari deve predisporre un idoneo programma di CQ.

La necessità di istituire questi programmi di controllo di qualità comporta l'obbligo di affrontare i seguenti aspetti della complessa problematica:

1. Disponibilità di una adeguata documentazione tecnica relativa ad "hardware" e "software" del sistema ed effettuazione, da parte della Ditta produttrice del sistema, di corsi di addestramento del personale medico, fisico, tecnico alla predisposizione e all'uso del TPS.
2. Effettuazione di adeguati controlli di qualità di tipo dosimetrico per la verifica del calcolo della dose.
3. Effettuazione di controlli di qualità di tipo non dosimetrico che riguardano i seguenti aspetti:
  - acquisizione e trasferimento di immagini digitali ottenute con modalità diverse (TC, RM, SPECT, PET, etc.);
  - elaborazione e registrazione delle suddette immagini;
  - definizione delle strutture e ricostruzione dei volumi di interesse;
  - rappresentazione delle densità elettroniche delle strutture anatomiche interessate dai fasci di radiazione;
  - definizione delle tecniche di irradiazione;
  - visualizzazione delle strutture anatomiche e delle tecniche di irradiazione;
  - visualizzazione della distribuzione di dose;
  - valutazione ed ottimizzazione dei piani di trattamento.

La problematica relativa all'istituzione di un programma completo di AQ nell'ambito dei TPS è estremamente complessa, come anche sottolineato in una recente pubblicazione dell'AAPM su questo tema (5). Pertanto in questo documento vengono suggerite soltanto le indicazioni generali per la predisposizione dei suddetti programmi di CQ i quali necessariamente devono essere applicabili in tutti i Centri in rapporto alle singole realtà. In un documento successivo, espressamente dedicato, verranno presentate linee guida più dettagliate in relazione alla tematica della AQ globale nei piani di trattamento.

**3.2. Principali fonti di errore nell'uso dei sistemi per la pianificazione del trattamento radioterapico** - L' accuratezza globale nell'utilizzo dei TPS per la valutazione della dose è dovuta alla somma di differenti contributi. Elenchiamo qui di seguito i principali:

**Accuratezza dei dati di ingresso**

Errori possono essere introdotti durante l'effettuazione delle misure dei parametri di base del fascio e nella determinazione dei dati del paziente;

**Accuratezza nella registrazione dei dati di ingresso**

Errori possono essere introdotti dall'operatore durante l'immissione dei dati, la taratura degli strumenti utilizzati per l'immissione dei dati (digitalizzatore o simili), la strutturazione dei "file" di ingresso in caso di procedura computerizzata per l'immissione dei dati;

**Accuratezza nella visualizzazione dei dati**

Errori possono essere introdotti dagli strumenti utilizzati per la visualizzazione grafica dei dati ("plotter" o stampante);

**Accuratezza del modello fisico, dell'algoritmo di calcolo**

Una delle fonti principali di errore è introdotta dal modello fisico e, quindi, dal relativo algoritmo di calcolo. In particolare, essendo questi errori dovuti a soluzioni approssimate di problemi fisici complessi, le incertezze crescono quando ci si avvicina alle situazioni limite di approssimazione. A queste incertezze di base si aggiungono quelle relative ai parametri geometrici e/o dosimetrici selezionati dall'utilizzatore, come i valori di "cut-off", la spaziatura tra i punti di acquisizione dei parametri dosimetrici dei fasci, etc. Si deve infine tenere sempre presente l'influenza sui risultati forniti dall'algoritmo della scelta della griglia per il calcolo della distribuzione di dose.

**3.3. Documentazione tecnica** - La Ditta produttrice deve rendere disponibile:

- a) descrizione dettagliata del sistema contenente la struttura sia del "software" che dell' "hardware";
- b) manuale per l'utilizzatore contenente una chiara descrizione di tutte le procedure previste dal sistema e della loro corretta utilizzazione;
- c) descrizione degli algoritmi di calcolo della distribuzione di dose ed in particolare descrizione dettagliata del modello fisico e dei relativi livelli di accuratezza raggiungibili. Le potenzialità del sistema e le limitazioni delle singole procedure e/o dei programmi impiegati devono essere chiaramente descritti. In particolare devono essere bene evidenziate le procedure di normalizzazione della dose. Infine dovrebbe essere fornita un'ampia lista di riferimenti bibliografici;
- d) descrizione dettagliata dell'uso dei programmi e/o protocolli per l'introduzione nel sistema dei dati geometrici e dosimetrici delle proprie unità di radioterapia nonché dei parametri necessari all'algoritmo per il calcolo delle distribuzioni di dose;
- e) descrizione delle librerie "software" del sistema e delle relative modalità di accesso.



### *3.4. Controlli di qualità di tipo dosimetrico*

#### **Controlli sull'algoritmo di calcolo della distribuzione di dose**

Prima di effettuare qualsiasi controllo sull'algoritmo di calcolo della distribuzione di dose, occorre verificare che i dati relativi alle misure effettuate ed inseriti nel sistema siano corretti ed utilizzati nei vari programmi in modo appropriato. Adeguati controlli dovranno poi essere effettuati per verificare l'accuratezza dell'algoritmo di calcolo della dose sia per fasci di fotoni che di elettroni. In tabella 3.1, ripresa dalla pubblicazione di Van Dyk et al. (1), sono sinteticamente riportati tali controlli. Le tolleranze relative sono indicative e riferite a condizioni di irradiazione standard. Le tolleranze di riferimento per ogni Centro dovranno essere definite dal fisico specialista.

Tabella 3.1. CQ per TPS. Questa tabella è ripresa dal riferimento bibliografico 1. Le tolleranze riportate sono indicative e si riferiscono a condizioni standard di irraggiamento. La frequenza suggerita è semestrale per tutti i tipi di controlli.

Tipo di controllo	Tolleranza (*)
<b>I. FASCI DI FOTONI</b>	
A) Calcolo della dose in mezzo omogeneo	
1. Lungo l'asse centrale del fascio (eccetto che nella regione di "build up")	2%
2. Nella regione a basso gradiente di dose e alti valori di dose	3%
3. Nella regione ad alto gradiente di dose (>30%/cm)	4 mm
4. Nella regione a basso gradiente di dose e bassi valori di dose (<7% della dose di normalizzazione)	3%
B) Correzioni per disomogeneità sull'asse centrale (geometria a strati, in regioni di equilibrio elettronico)	3%
C) Calcolo della dose in mezzo disomogeneo (incertezze composte, fantoccio antropomorfo, "off axis", correzioni dei contorni, disomogeneità, blocchi, campi irregolari, regioni di equilibrio elettronico, attenuatori)	
1. Nella regione a basso gradiente di dose e alti valori di dose	4%
2. Nella regione ad alto gradiente di dose (>30%/cm)	4 mm
3. Nella regione a basso gradiente di dose e bassi valori di dose (<7% della dose di normalizzazione)	3%
<b>II. FASCI DI ELETTRONI</b>	
A) Calcolo della dose in mezzo omogeneo	
1. Lungo l'asse centrale del fascio (eccetto che nella regione di "build up")	2%
2. Nella regione a basso gradiente di dose e alti valori di dose	4%
3. Nella regione ad alto gradiente di dose (>30%/cm)	4 mm
4. Nella regione a basso gradiente di dose e bassi valori di dose (<7% della dose di normalizzazione)	4%
B) Correzioni per disomogeneità sull'asse centrale (geometria a strati, in regioni di equilibrio elettronico)	5%
C) Calcolo della dose in mezzo disomogeneo (incertezze composte, fantoccio antropomorfo, "off axis", correzioni dei contorni, disomogeneità, blocchi, campi irregolari, attenuatori)	
1. Nella regione a basso gradiente di dose e alti valori di dose	7%
2. Nella regione ad alto gradiente di dose (>30%/cm)	5 mm
3. Nella regione a basso gradiente di dose e bassi valori di dose (<7% della dose di normalizzazione)	5%
(*) Le tolleranze sono riportate come % del valore di riferimento di dose normalizzato sull'asse centrale.	

### Controlli sul calcolo delle unità monitor

Il calcolo delle unità monitor (UM) è di primaria importanza ai fini di una corretta somministrazione della dose al paziente. La procedura di calcolo delle UM deve essere verificata per controllare l'accuratezza dei risultati forniti per le varie tecniche di irradiazione. In particolare, il calcolo delle UM andrebbe controllato sia per il caso di campi singoli che per campi multipli. Una possibile scelta dei campi da controllare può essere quella riportata nella tabella 3.2.

*Tabella 3.2. Tecniche di irradiazione e condizioni sperimentali per la verifica del calcolo delle UM.*

- |     |   |
|-----|---|
| 1.  | Campi rettangolari aperti   |
| 2.  | Campi schermati   |
| 3.  | Campi con cuneo statico o universale                                    |
| 4.  | Campi con cuneo dinamico  |
| 5.  | Campi schermati e con cuneo dinamico                                    |
| 6.  | Campi asimmetrici ("offset")  |
| 7.  | Campi sagomati da collimatori multilamellari                            |
| 8.  | Campi asimmetrici e con cuneo universale                                |
| 9.  | Campi sagomati da collimatori multilamellari e con cuneo statico        |
| 10. | Campi sagomati con collimatori multilamellari e collimatori asimmetrici |
| 11. | Campi non complanari  |
| 12. | Campi non complanari schermati con blocchi e collimatori multilamellari |
| 13. | Superficie di incidenza obliqua   |
| 14. | Disomogeneità sull'asse centrale del fascio                             |
| 15. | Disomogeneità non sull'asse centrale del fascio                         |

**3.5. Controlli di qualità di tipo non dosimetrico** - Le procedure per i controlli di qualità di tipo non dosimetrico sono numerose e riguardano molteplici aspetti tra loro molto diversi dell'*iter* che viene seguito nello studio ed elaborazione di un piano di trattamento.

#### Controlli sull' "hardware" del sistema

La maggioranza degli elaboratori e "workstation" dei sistemi commerciali oggi in uso viene fornita con programmi di diagnostica che effettuano autotest di funzionamento. Gli utilizzatori dovrebbero essere adeguatamente informati ed istruiti dalla Ditta fornitrice affinché si faccia un uso corretto di tali programmi. Periferiche quali digitalizzatori xy e "plotter", dovrebbero essere adeguatamente controllati e l'accuratezza dovrebbe sempre risultare superiore al millimetro. Si consiglia una frequenza di controlli settimanale.

### Acquisizione, trasferimento al TPS ed uso delle immagini digitali

Si ritiene opportuno valutare con adeguati controlli la taratura dell'impianto di "imaging" (TC, RM, etc.) e verificarne la riproducibilità. Per questi controlli si consiglia una frequenza semestrale;

Occorre quindi valutare e verificare tutta la procedura riguardante l'acquisizione ed il trasferimento delle immagini digitali. In particolare i controlli dovrebbero includere: posizione ed orientazione di ciascuna sezione (destra-sinistra, testa-piedi, etc.)

- descrizione di ogni sezione (numero di "pixel", dimensione dei "pixel", spessore della sezione);
- dati delle immagini (scala di grigi e conversioni);
- informazioni relative al paziente.

### Descrizione anatomica, segmentazione e contornamento dei volumi di interesse

La segmentazione e/o il contornamento dei volumi di interesse possono essere effettuati sia manualmente che automaticamente. Se si utilizzano metodi di contornamento manuale, deve essere controllato il corretto funzionamento del digitalizzatore, del "mouse", e quant'altro venga utilizzato a tale scopo. Utilizzando invece metodi di contornamento automatico, dovrebbe essere verificata l'attendibilità dei risultati in tutte le situazioni possibili (interfaccia tra strutture con caratteristiche simili e interfaccia tra strutture con caratteristiche fortemente differenti).

Qualora disponibili, bisogna inoltre prestare attenzione all'utilizzo delle immagini digitali ricostruite. Infatti, la qualità di un'immagine digitale ricostruita diventa critica se si utilizza la simulazione TC come supporto clinico.

Per tutti questi controlli potrebbero essere costruiti appropriati fantocci costituiti da volumi noti di diverse dimensioni, forme e densità su cui acquisire differenti serie di immagini TC e/o RM per valutare anche metodi di segmentazione che utilizzano immagini multimodali.

### Descrizione dei fasci di irradiazione e definizione automatica ("autoshaping") del campo di irradiazione

Tra i controlli di carattere non dosimetrico rientrano anche quelli riguardanti la descrizione della geometria e della tecnica di irradiazione (dimensione del campo, rotazione di stativo e collimatori, posizione simmetrica e/o asimmetrica delle coppie di collimatori secondari, posizione dei collimatori lamellari, posizione e rotazione del lettino), la verifica degli accessori utilizzati (blocchi, collimatori multilamellari, compensatori, cunei statici, cunei dinamici) e il rispetto delle limitazioni delle singole macchine.

### Calcolo della dose

Occorre verificare l'influenza delle dimensioni della griglia di calcolo (verifica delle variazioni al variare della griglia di calcolo sia in relazione ai valori di dose calcolati che in relazione a situazioni anatomiche diverse) e la scelta del tipo di normalizzazione della distribuzione di dose relativa ad un determinato piano di trattamento.

Visualizzazione della dose.

Occorre verificare l'accuratezza della posizione delle isodosi rispetto all'anatomia del paziente/fantoccio, l'interpolazione dei valori di dose calcolata al variare delle dimensioni della griglia di calcolo e l'adeguata rappresentazione delle superfici tridimensionali di isodosi.

Istogrammi dose-volume per la valutazione e scelta del piano di trattamento.

Occorre predisporre un'adeguata procedura di verifica dell'accuratezza degli istogrammi dose-volume, qualora utilizzati, mediante la simulazione di trattamenti su volumi noti e/o mediante fantocci adeguati alla verifica quantitativa dei volumi irradiati.

Stampa del piano di trattamento.

Nella stampa di un piano di trattamento devono essere riportati correttamente i dati identificativi del paziente e tutte le informazioni necessarie alla predisposizione dell'unità di terapia al trattamento, quali i parametri delle macchine utilizzate, la corrispondenza tra i codici e le orientazioni dei cunei, la scala dei contorni stampati (sia delle sezioni che dei contorni da utilizzare per il taglio dei blocchi o per la sagomatura dei campi) e una chiara identificazione delle linee di isodose rappresentate.

*Bibliografia*

- 1) VAN DYK, J., BARNETT, R., CYGLER, J., and SHRAGGE, P. Commissioning and quality assurance of treatment planning computers. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 1993, **26**: 261-273.
- 2) McSHAN, D.L. Comments on: Commissioning and quality assurance of treatment planning computers. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* ,1994, **26**: 371-372.
- 3) FRAASS, B. Quality assurance for 3D treatment planning in: *Teletherapy: present and future* ed. by J.Palma and T. Mackie (Advanced Medical Pu., Madison WI, 1996), 253-318.
- 4) Evaluation of 3D treatment planning systems for clinical use in radiotherapy. L. Andreucci editor, ed. Giardini, 1996.
- 5) FRAASS, B., DOPPKE, K., HUNT, M., KUTCHER, G., STARKSCHALL, G., STERN, R., VAN DYK, J. AAPM Radiation Therapy Committee T.G. No.53. Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning, *Med.Phys.* 1998, **25** (10): 1773-1829.

#### **4. Controlli di qualità dei sistemi dosimetrici per la taratura del fascio e dosimetria relativa**

**4.1. Aspetti generali** - Le misure di alcuni parametri degli impianti per radioterapia sono effettuate utilizzando strumentazione elettronica e dispositivi di posizionamento telecomandati. Inoltre si devono impiegare strumenti, come termometri, barometri, metri lineari, per la misura delle grandezze fisiche necessarie alla determinazione di opportuni fattori correttivi da introdurre nelle procedure di misura.

Le prove di costanza devono verificare il corretto funzionamento di ogni dispositivo o strumento comunque utilizzato per effettuare le procedure previste dai protocolli essenziali per i controlli di qualità in radioterapia. Le prove devono essere eseguite non soltanto sulle camere a ionizzazione e sugli elettrometri che sono impiegati nelle procedure di taratura dei fasci di radiazione e sui fantocci ad acqua telecomandati ma anche sui dispositivi di scansione di pellicole radiografiche, sui rivelatori a semiconduttore, sulle pellicole radiografiche qualora le procedure adottate per i controlli di qualità ne prevedano l'impiego. Anche gli strumenti che vengono utilizzati per misure che portano a determinare le correzioni da introdurre in alcuni fattori devono essere inclusi nella strumentazione sottoposta a controlli di qualità. Sarebbe opportuna la registrazione dei risultati e dei controlli effettuati per verificare nel tempo il livello qualitativo di ogni apparecchiatura.

Non viene qui considerato il tema dei CQ sui sistemi dosimetrici usati in dosimetria *in vivo*, che potranno essere inclusi in un documento successivo sulla AQ per i sistemi di verifica dell'esecuzione e somministrazione del trattamento. Per i sistemi di dosimetria *in vivo* si vuole ricordare che esistono attualmente alcuni documenti che ne prendono in esame alcuni aspetti (1-2).

*4.2. Camere a ionizzazione ed elettrometri usati nella taratura dei fasci* - Gli strumenti impiegati nella taratura dei fasci di radiazione dovrebbero essere tarati ad intervalli di tempo non superiori a due anni presso un laboratorio di metrologia di radiazioni ionizzanti primario o secondario. Questa procedura non elimina né sostituisce la necessità per l'utilizzatore di controllare che la funzionalità dei dispositivi rimanga all'interno delle specifiche del costruttore. Si deve pertanto verificare periodicamente la costanza di risposta di tutta la strumentazione impiegata nella taratura dei fasci di radiazione.

La costanza di risposta dell'elettrometro e della camera a ionizzazione può essere verificata mediante l'uso di una sorgente di prova ( $^{90}\text{Sr}$ ) o mediante l'uso di un fascio di fotoni da  $^{60}\text{Co}$ , assicurando la riproducibilità del posizionamento della camera a ionizzazione nel fascio entro 1% in una geometria costante.

La strumentazione deve essere sottoposta a un'ispezione visiva periodica per assicurare l'integrità meccanica di tutte le parti e componenti, con particolare riguardo a connettori, interruttori, spie luminose, parti unite da viti, e a un esame funzionale per verificare periodicamente la rispondenza con le specifiche indicate dal costruttore.

*4.3. Rivelatori impiegati in misure relative* - Per i rivelatori impiegati in misure relative è opportuna una verifica periodica della rispondenza alle specifiche indicate dal costruttore. La dipendenza della risposta dalla dose e la costanza della risposta nell'intervallo di tempo necessario all'effettuazione di una serie completa di misure dovrebbero essere verificate.

**4.4. Sistemi di scansione automatica e sistemi di scansione delle pellicole radiografiche** - I dispositivi che consentono il preciso e ripetibile posizionamento dei rivelatori nel fascio devono essere verificati con regolarità.

Per i dispositivi che usano componenti elettronici la frequenza dei controlli dovrebbe essere semestrale, mentre i dispositivi puramente meccanici possono essere verificati su base annuale.

**4.5. Barometri e termometri** - La risposta di tali dispositivi dovrebbe essere periodicamente verificata.

*Tabella 4.1. Tabella sintetica per i CQ dei sistemi dosimetrici per la taratura del fascio e del fantoccio ad acqua*

	Tipo di controllo	Frequenza suggerita
1	Costanza taratura camera a ionizzazione ed elettrometro	trimestrale
2	Caratteristiche del rivelatore di radiazione	trimestrale
3	Dispositivi per il posizionamento dei rivelatori	annuale
4	Fantocci solidi	annuale
5	Barometri	annuale
6	Termometri	annuale
7	Taratura della camera a ionizzazione ed elettrometro	biennale

### *Bibliografia*

- 1) AIFB 1997. Dosimetria con i rivelatori a semiconduttore, n. 3, 1997.
- 2) VAN DAM, J., MARINELLO, G. Methods for *in vivo* dosimetry in external radiotherapy. ESTRO 1994 booklet n. 1, 1994.

*Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità  
e Responsabile scientifico: Giuseppe Benagiano*

*Direttore responsabile: Vilma Alberani*

*Stampato dal Servizio per le attività editoriali  
dell'Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 ROMA*

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN  
deve essere preventivamente autorizzata.*

*Reg. Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988*

*Roma, marzo 1999 (n. 1) 6° Suppl.*



*La responsabilità dei dati scientifici e tecnici  
pubblicati nei Rapporti e Congressi ISTISAN è dei singoli autori*

**Istituto Superiore di Sanità**  
Viale Regina Elena, 299 - 00161 Roma  
Direttore: Giuseppe Benagiano  
Tel. +39-0649901  
Fax +39-0649 387 118  
Telex 610071 ISTSAN I  
Telegr. ISTISAN - 00161 Roma  
[www.iss.it](http://www.iss.it)