

RELAZIONE TECNICA ACCELERATORE PER RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA **LIAC**



ACCELERATORE MOBILE LIAC

1. Caratteristiche generali

Acceleratore per radioterapia intraoperatoria con 4 energie di fascio elettronico selezionabili fra i seguenti due set di valori: 4, 6, 8, 10 MeV oppure 6, 8, 10, 12 MeV¹.

Il sistema offerto è composto da:

Unità Mobile dotata di localizzatore automatico della posizione dello scudo che impedisce l'erogazione del fascio elettronico qualora lo scudo non sia nella posizione corretta.

Console di controllo completa di gruppo di continuità e di interfaccia per l'impianto di segnalazione dell'utente e computer portatile per la registrazione dei dati

Cavi di Collegamento e Rete

Scudo assorbitore di fascio ed eventuali schermature mobili laterali sulla base delle indicazioni del Responsabile della radioprotezione della Vs. Spett.le Azienda

Serie di applicatori per IORT per campi circolari ed ellittici aventi i seguenti diametri: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, millimetri; per ogni diametro vengono forniti terminali circolari a 0° ed ellittici a 15°, 30° e 45° per un totale di 28 combinazioni per ciascun corredo

Unicità del Liac

I seguenti motivi rendono unico l'acceleratore per radioterapia intraoperatoria Liac:

- La struttura accelerante disegnata appositamente per questo apparecchio, alimentata da un magnetron capace di fornire ben 3.1 MW di potenza impulsiva, arriva a fornire un fascio avente una E_{max} di 12 MeV. Il sistema offerto con energia elettronica massima pari a 10 MeV dispone dunque di una riserva di potenza che ne consente l'utilizzo non al limite delle sue potenzialità con conseguente miglioramento dell'affidabilità;
- Il Liac , unico nel suo genere, pesa meno di 400 kg , consente quindi di operare in ambienti diversi senza dover rinforzare i solai;
- Il Liac è l'unico acceleratore mobile per IORT che *contemporaneamente* rende *minimo* lo stress per il paziente, non richiedendo minimamente il suo spostamento dal lettino su cui è stato operato, e *massimizza* la sicurezza degli operatori potendo garantire un allineamento strumentale con lo scudo assorbitore del fascio;

¹ Il Liac utilizza due tipi di strutture acceleranti una da 10 MeV e la seconda capace di una E_{max} di 12 MeV. Va tenuto presente che superando i 10 MeV di E_{medio} la legislazione richiede per la gestione della macchina , figure professionali e procedure autorizzative diverse.

- Il Liac è l'unico acceleratore mobile per IORT che contemporaneamente offre energie da 10 MeV e superiori utilizzando la tecnologia della banda S, comune a tutti gli acceleratori per radioterapia ; ciò sta a significare una enorme affidabilità derivante dall'esperienza trentennale dei costruttori di magnetron per questo utilizzo;
- La stabilità del sistema di monitoraggio del fascio elettronico è garantita da un apposito circuito di stabilizzazione a controreazione;
- Il Liac è l'unico acceleratore mobile per IORT il cui "Dose Rate" possa essere configurato , entro ampi limiti, secondo il desiderio dell'utente , consentendo così di disporre di una macchina perfettamente adattata alle proprie necessità;
- Il Liac è l'unico acceleratore che con mezzi propri e indipendentemente da fonti di energia esterna, può essere trasferito all'interno di strutture ospedaliere, su diversi piani, tra diversi padiglioni e infine, utilizzando un furgone minimamente attrezzato, tra diversi centri ospedalieri, senza aver necessità di una verifica dosimetrica.

Movimentazione del LIAC

E' possibile orientare il fascio nello spazio. Il Liac è dotato di cinque gradi di libertà:

- Traslazione su un piano con possibilità di ruotare attorno ad un asse verticale passante per il centro dell'asse delle ruote anteriori (2 gradi di libertà)
- Elevazione rettilinea della testa radiante con un escursione di 100 cm (1 grado di libertà).
- Rotazione della testa radiante attorno ad un asse perpendicolare all'asse del fascio ed orientato longitudinalmente rispetto alla macchina (Rollio) con un'escursione di $\pm 60^\circ$ rispetto alla verticale (1 grado di libertà)
- Rotazione della testa radiante attorno ad un asse perpendicolare all'asse del fascio ed orientato trasversalmente rispetto alla macchina (Beccheggio) con un'escursione di $+30^\circ -15^\circ$ rispetto alla verticale (1 grado di libertà).

Tutte le movimentazioni sono motorizzate a 4 velocità e controllate da microprocessori tramite un telecomando filoguidato.

Dimensioni del LIAC

- Unità Mobile: Lunghezza 200 cm; Larghezza 80 cm; Altezza 180 cm
- Armadio di controllo: Lunghezza 80 cm; Larghezza 60 cm; Altezza 115 cm
- Scudo assorbitore: Lunghezza 40 cm; Larghezza 40 cm; Altezza 60 cm

Pesi del LIAC

- Unità Mobile < 400kg
- Armadio di controllo <100 kg
- Scudo assorbitore < 200 kg

Le prestazioni

Il sistema Liac è disponibile in due versioni che differiscono nell'energia cinetica massima raggiunta dagli elettroni accelerati: la prima versione offre un E_{po} pari a 10 MeV mentre la seconda fornisce una E_{po} di 12 MeV. Queste prestazioni sono ottenute tramite l'utilizzo di diverse strutture acceleranti e non dall'adattamento dello stesso acceleratore.

A richiesta il Liac può essere fornito con strutture acceleranti aventi energie massime diverse.

Le specifiche che seguono si riferiscono quando non altrimenti indicato al modello da 10 MeV.

Il docking

Il sistema di docking utilizzato è il cosiddetto hard docking

Sistema di controllo informatico hw / sw ed archiviazione dati

Nella console di controllo del LIAC sono inseriti i sistemi di controllo hw (allarmi, letture dati, avviamento e predisposizione della macchina, etc) e sw (sistemi di ingresso / uscita , interfaccia utente e comunicazione).

In particolare una interfaccia seriale consente di comunicare, tramite un software dedicato, ad un PC tutti i dati del paziente e del trattamento effettuato.

L'accesso a questi dati sensibili è ovviamente effettuato tramite password.

Un altro apposito sw consente inoltre di elaborare, gestire e memorizzare i dati dosimetrici della macchina.

2. Caratteristiche dosimetriche

Energia del Fascio

Il Liac è dotato della possibilità di selezionare quattro energie di fascio elettronico; le profondità di penetrazione del modello con energia massima 10 MeV sono riportate nella tavola seguente :

Posizione selezionata	Energia Nominale	Profondità del 100%	Profondità del 90%	Profondità dell'80%	Profondità del 50%	Profondità del 10%	Profondità massima
	MeV	R Max	R 90	R 80	R 50	R 10	R pratico
E1	4	8	11	13	17	23	23,5
E2	6	10	15	19	22,5	30	30,5
E3	8	14	20	24	29,5	38,5	39
E4	10	16,5	25,5	30	39	49	50

mentre le profondità di penetrazione del modello con energia massima 12 MeV sono riportate di seguito :

Posizione selezionata	Energia Nominale	Profondità del 100%	Profondità del 90%	Profondità dell'80%	Profondità del 50%	Profondità del 10%	Profondità massima
	MeV	R Max	R 90	R 80	R 50	R 10	R pratico
E1	6	10	15	19	22.5	30	30.5
E2	8	14	20	24	29.5	38.5	39
E3	10	16.5	25.5	30	38	49	50
E4	12	20	32	37	46	57	59

Tutte le misure riportate hanno una tolleranza di ± 2 mm; la misura delle PDD alle quattro energie è riportata nel Doc_1_LIAC.

Dose Superficiale

Non inferiore all'85% della dose massima misurata sull'asse per tutti gli applicatori e per tutte le energie; superiore al 92% a 10 MeV.

Rateo di Dose

Il rateo di dose del LIAC, misurato ad R Max con applicatore da 100mm, viene impostato a 10 Gy/minuto circa per ogni energia di funzionamento. Esso può, tuttavia essere modificato in accordo con l'utente in funzione della energia selezionata entro i seguenti limiti (misure effettuate a R Max, applicatore 100):

4 MeV	1 - 10 Gy/min
6 Mev	1 - 15 Gy/min
8 Mev	1 - 20 Gy/min
10 Mev	1 - 30 Gy /min

Il rateo aumenta al decrescere del diametro dell'applicatore fino ad un valore di circa 1.6 volte il rateo del \varnothing 100 mm con l'applicatore \varnothing 40 mm

Dimensione dei campi

Il Liac è dotato di applicatori aventi le seguenti caratteristiche:

diametro interno in millimetri: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100; per ogni diametro sono disponibili elementi terminali tagliati a 0° , 15° , 30° e 45° per un totale di 28 combinazioni.

Nel Doc_2_LIAC è visibile un set di applicatori.

Uniformità dei campi

La variazione in intensità di dose misurata alla profondità del build up all'interno di una superficie contenuta nell'80% del diametro del campo è inferiore al $\pm 3\%$ dell'intensità media (misurata alla profondità R100) per gli applicatori con diametro maggiore di 50 mm, inferiore al $\pm 5\%$ per gli applicatori da 40 e 50 mm ed inferiore al 10% con l'applicatore di diametro 30 mm.

Simmetria dei campi

La differenza di due punti qualsiasi equidistanti dall'asse e contenuti entro l'80% del diametro del campo sarà inferiore al $\pm 2\%$ (misurata alla profondità del build up) per tutti gli applicatori.

Contaminazione X del fascio

Data la particolare architettura dell'acceleratore, la contaminazione X del fascio del Liac, ad una distanza pari al 120% del range pratico, è inferiore allo 0.5% di quanto misurato a R100.

Modalità di misurazione

Le misure delle curve di PDD e dei profili vengono effettuate con fantoccio ad acqua e diodi per elettroni ovvero con pellicole gafcromiche per tutti gli applicatori. Le misure di dose assoluta vengono effettuate con i dosimetri a solfato ferroso (gel di Fricke) o con camera a ionizzazione a elettrodi piani e paralleli per gli applicatori bevel 0° [1] [2]. Le misure di dose assoluta per gli applicatori angolati vengono effettuate con

pellicole gafcromiche [1] o con camera a ionizzazione pin-point [3].

1. Rapporto ISTISAN 03/1 IT
2. Laitano et al Phys. Med. Biol. 51 (2006) 6419-36
3. Karaj et al. Med. Phys. 34 (2007) 952-958

Monitoraggio della dose

La misura della dose erogata è effettuata tramite due camere a ionizzazione indipendenti che vengono alimentate e lette da due circuiti indipendenti.

L'erogazione del fascio viene normalmente interrotta non appena il valore letto da una camera raggiunga le unità monitor impostate.

Qualora il valore letto da una o da entrambe le camere si discosti di più del 20% dal valore di riferimento l'erogazione del fascio viene interrotta; qualora il valore di dose per impulso letto da ciascuna delle due camere si discosti di più del 20% dal valore letto dall'altra l'erogazione del fascio viene interrotta.

3. Sicurezza e Radioprotezione

Sistemi di sicurezza

Il LIAC è dotato di:

- Pulsanti di emergenza per eventuale interruzione manuale dell'erogazione del fascio;
- Gruppo di continuità che consente il completamento del trattamento e la registrazione dei dati dosimetrici anche in caso di interruzione dell'alimentazione di rete;
- Collegamento con microinterruttori posti sulle porte di ingresso della sala operatoria per interruzione del fascio in caso di ingresso accidentale;
- Sistema di controllo del corretto allineamento dello scudo di protezione in direzione del fascio
- Monitoraggio della dose con 2 sistemi indipendenti
- Allarmi hardware indipendenti dal software di sistema

Radioprotezione

Come è noto, la radiazione prodotta da un acceleratore di elettroni che, come il Liac, non utilizzi elementi diffusivi al fine di uniformare il fascio elettronico è minima e trascurabile se confrontata con quella generata per frenamento del paziente che si comporta in questo caso come un vero e proprio target se pur a basso rendimento.

Va tenuto presente, quindi che i tessuti trattati produrranno un lobo di radiazioni X di energia massima pari a quella degli elettroni incidenti e quantitativamente pari allo 0,2 % della dose depositata.

Questo lobo dovrà, se l'istallazione lo richiede essere attenuato mediante uno scudo assorbitore di spessore opportuno; la macchina garantisce, come già detto in precedenza un preciso allineamento con l'asse del fascio.

La radiazione laterale decade rapidamente all'aumentare dell'angolo e rende eventualmente non necessaria l'adozione di schermature mobili; si consiglia piuttosto l'adozione di aree di sgombro per una distanza dell'ordine dei 10 metri dal paziente; a tale scopo la macchina, come già detto è particolarmente equipaggiata per consentire tale metodica di radioprotezione.

(Per maggiori dettagli si veda il documento allegato: "Installazione_Schermatura_LIAC")

Documenti allegati

1. Doc_1 : Curve di profondità di deposizione di dose in acqua (pdd)
2. Doc_2: Corredo di applicatori
3. Doc_3: Misure di omogeneità e simmetria del fascio del LIAC
4. Installazione_Schermatura_LIAC