

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA
prot. 2005022122

Coordinatore Scientifico	Gianrossano GIANNINI
Ateneo	Università degli Studi di TRIESTE
Titolo della Ricerca	DOSIMETRIA REAL-TIME DI FOTONI E NEUTRONI PER RADIOTERAPIA E B.N.C.T. "BORON NEUTRON CAPTURE THERAPY" CON "LINAC" CLINICI
Finanziamento assegnato	Euro 133.000
Durata	24 Mesi

Obiettivo della Ricerca

L'obiettivo primario del programma di ricerca è la realizzazione di strumenti d'avanguardia, con tecniche di rivelatori di particelle ed elettronica ad alta integrazione di scala, per la dosimetria di neutroni e fotoni "real-time" dedicata all'ambiente radioterapico ospedaliero in associazione agli sviluppi più recenti di BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) con acceleratori di elettroni LINAC clinici.

L'uso di acceleratori ospedalieri, per produrre cospicui flussi di neutroni utilizzabili nella promettente radioterapia BNCT con cattura di neutroni su Boro, può rendere tale metodologia di più rapida ed efficiente applicazione, aprendo la strada alla possibilità di cura per alcune patologie tumorali altrimenti intrattabili.

Le Unità di Ricerca dell'Università di Trieste e dell'Università Cattolica a Roma/P. Gemelli sono già attivamente impegnate nell'ambito del progetto PHONES (Photo Neutron Source) dell' INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) nella costruzione di convertitori fotoneutronici per acceleratori LINAC clinici.

Le simulazioni, le costruzioni di apparati parziali e le misure preliminari già effettuate confermano le potenzialità della metodologia ed evidenziano che, con una adeguata dosimetria di neutroni e fotoni in tempo reale si potrà raggiungere la piena operatività del metodo in tempi brevi dell'ordine dei due anni, col totale controllo degli aspetti radioprotezionistici e radioterapici e conoscenza delle distribuzioni reali di dose fornite ai pazienti. In tal modo sarà anche rapida la ottimizzazione dei protocolli terapeutici in funzione delle diverse patologie da trattare.

Gli strumenti da realizzare rientrano pienamente tra le esperienze dei gruppi proponenti in tutti i molteplici aspetti di rivelatori di particelle con scintillatori, fibre scintillanti, fotomoltiplicatori multianodo ed elettronica ad alta integrazione di scala, nonché nel loro uso in ambiente radioterapico ospedaliero.

I dosimetri verranno provati presso i LINAC clinici delle Unità di Ricerca (che dispongono di ben cinque LINAC da 15-18 MeV).

Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo

Il programma di ricerca proposto verterà sulla realizzazione in parallelo delle varie componenti necessarie per misurare flussi e dosi di neutroni e fotoni prodotti da LINAC clinici mediante fotoconvertitore neutronico in ambiente radioterapico ospedaliero.

Durante il primo anno saranno realizzati gli scintillatori, le fibre ottiche per il trasporto del segnale dei rivelatori e l'elettronica di lettura e acquisizione mentre al contempo si provvederà a caratterizzare con strumenti esistenti i fasci già disponibili.

Durante il secondo anno si monteranno i dosimetri nel frattempo realizzati sia nell'ambito dei bunker di radioterapia delle strutture ospedaliere, sia intorno al fotoconvertitore/schermo che sullo stesso lettino di trattamento.

Il programma complessivo sarà basato sulla adeguata temporizzazione e armonizzazione delle attività specifiche delle singole Unità di Ricerca e di quelle da svolgere in collaborazione illustrate in maggior dettaglio nei paragrafi seguenti.

UNITA' DI RICERCA DI TRIESTE

Il compito principale dell'Unità di Ricerca di Trieste sarà la realizzazione della strumentazione per la dosimetria "real-time" congiunta di neutroni e fotoni e il loro adattamento all'ambiente radioterapico a al fotoconvertitore per neutroni sviluppato nel progetto INFN-PHONES (Photo Neutron Source).

Lo strumento che s'intende realizzare è un'extrapolazione di un dispositivo recentemente presentato, alla conferenza di Boston dell'Ottobre 2004, World Congress on BNCT. Si tratta di un rivelatore (SOF) basato su scintillatori plastici (S), fibre ottiche (OF) e fotomoltiplicatori in grado, a coppie, di misurare anche i fotoni e che mostra di poter determinare in modo lineare i flussi di neutroni termici in un intervallo molto esteso di oltre tre decenni di flusso.

Rispetto a quanto finora realizzato sarà esteso il numero di canali contemporaneamente acquisibili di un fattore 32 utilizzando i fotomoltiplicatori Hamamatsu a 64 canali collegati alla scheda elettronica già realizzata e che permette il collegamento diretto ad un computer.

Il rivelatore di neutroni real-time che si intende realizzare, consiste in una serie di 16*4 scintillatori plastici, fibre ottiche di circa 10 m di lunghezza in guaine da 8, elettronica di amplificazione, formazione e acquisizione remota con computer di analisi e presentazione.

In ogni gruppo i quattro canali sono ottimizzati per la rivelazione di neutroni veloci, per i neutroni termici, i fotoni e il fondo: il gruppo per i neutroni termici è ottenuto con uno scintillatore speciale caricato in Boro (nel Boro naturale l'isotopo 10 è presente al 20%). Rispetto alla versione pubblicata si estende la potenzialità di un fattore 32 nel numero di canali, ovvero 16*2 considerando la misura contemporanea di neutroni veloci e fondo.

UNITA' DI RICERCA DI ROMA-UNIVERSITA' CATTOLICA

L'unità di ricerca di dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Roma (UCSC) si propone di verificare sperimentalmente le fluenze di neutroni ottenute mediante il moderatore realizzato dall'unità di Trieste.

L'unità dispone di una serie di acceleratori: due della serie CLINAC C/D della Varian e un Saturne 43 della General Electric, ideale per questo tipo di misure.

L'unità si propone di caratterizzare con i migliori strumenti a disposizione sul mercato, sia attivi che passivi, le distribuzioni di fluenze e spettrali dei neutroni prodotti nei fasci degli acceleratori elencati.

In una prima fase, l'unità sperimenterà l'uso di rivelatori attivi, e quindi real-time, quali le "position sensitive ionization chambers", di cui si richiede l'acquisto. Tali camere si basano sull'uso di He-3 e permettono di rivelare neutroni termici.

Contemporaneamente, la caratterizzazione dello spettro completo, cioè inclusivo della componente veloce, sarà effettuata con rivelatori passivi, e quindi off-line, quali i rivelatori con CR39 e i rivelatori a bolle.

In una seconda fase, tali misure verranno ripetute utilizzando i rivelatori a fibre scintillanti sviluppati dalle altre unità del progetto.

UNITA' DI RICERCA DI COMO-UNIVERSITA' DELL'INSUBRIA

L'unità di ricerca di Como, formata da esperti nello sviluppo di rivelatori ed elettronica e da personale dell'Unità Operativa di Fisica Sanitaria dell'Ospedale Sant'Anna, si occuperà della realizzazione di un apparato per misure di dose e di spettri sia del campo primario che del campo di radiazione diffusa di fasci radioterapici di elettroni e fotoni, in real-time e con alta risoluzione spaziale.

Si sono svolti nel corso del 2005 estensivi test presso il reparto di Radioterapia per la caratterizzazione dello spettro della radiazione diffusa prodotta da un fascio radioterapico di elettroni con energia compresa tra 6 e 20 MeV nell'interazione con il sistema di collimazione della testata dell'acceleratore e con il materiale schermante. Le misure sono state effettuate utilizzando rivelatori a microstrip di silicio ad alta granularità spaziale, e scintillatori ad alta risoluzione temporale.

I risultati sul flusso sia per quanto riguarda la radiazione diffusa sia per quanto riguarda il fascio diretto hanno indicato la necessità di avere uno strumento ad alta granularità spaziale e temporale che possa fornire misure spettrometriche e dosimetriche real-time. Lo strumento sarà realizzato utilizzando fibre scintillanti lette da fotomoltiplicatori multi-anodo.

Il prototipo del modulo sarà costituito da 64 fibre da 2 mm prodotte dalla Saint Gobain (USA) lette da un fotomoltiplicatore (PM) multi-anodo R7600-00-M64 prodotto dalla HAMAMATSU (Giappone).

Per quanto riguarda l'elettronica di lettura, l'unità intende seguire 3 strade di sviluppo:

- utilizzare il numero di conteggi sopra soglia; il sistema si baserà sull'ASIC VLSI VA64TAP dell'IDEAS (Norvegia)
- utilizzare la carica prodotta nelle fibre ad ogni pacchetto di 5 us (durata del pacchetto di irraggiamento di un acceleratore della serie CLINAC C/D), che richiede un'elettronica a integrazione; in questo caso si seguiranno due sviluppi: l'uso di un ASIC VLSI a integrazione (VASCAM, IDEAS) e la realizzazione di un'elettronica basata su ADC a integrazione di carica
- il sampling continuo del segnale per tutta la durata del pacchetto, che permette di seguire l'evoluzione del segnale stesso; tale elettronica verrà realizzata in modo discreto basandosi su ADC a campionamento ultra-rapidi.

Se tutte e tre le alternative dovessero dimostrarsi buone in termini di risultati, è possibile integrare le diverse elettroniche in una stessa scheda di interfaccia con la possibilità per l'utente di selezionare la modalità di funzionamento.

Il sistema di acquisizione dati, durante la fase di validazione del prototipo e del rivelatore finale, si baserà su un sistema VME con ADC commerciali a 12 bit e 100 MHz.

Durante il secondo anno di attività, verrà sviluppata una scheda basata sullo standard USB 2.0 che permetterà di interfacciare il sensore direttamente al PC, sia con sistema operativo Linux che Windows. Per quanto riguarda l'interfaccia utente, esistono diverse possibilità che verranno selezionate in base alla compatibilità con quello che esiste già nel reparto di Radioterapia e in funzione dei requisiti degli end-user.

La fine del primo anno del progetto e gli ultimi 7 mesi saranno dedicati alle misure spettrometriche e dosimetriche sia con sorgenti che presso gli acceleratori dell'Ospedale Sant'Anna, misure che permetteranno di arrivare alla validazione prima del prototipo e poi del sistema finale.

Criteria di verificabilità

Per verificare l'avanzamento del programma di ricerca proposto il coordinatore raccoglierà il materiale scientifico presentato agli incontri da organizzare su base circa trimestrale tra i partecipanti.

In particolare si terrà una base di dati contenente i dettagli dei progetti, realizzazioni e misure di volte in volta portati a completamento nei trimestri. Grande importanza avranno le misure di flussi e dosi di neutroni e fotoni prodotti da LINAC clinici mediante fotoconvertitore neutronico in ambiente radioterapico ospedaliero.

Gli scintillatori, le fibre ottiche per il trasporto del segnale dei rivelatori e l'elettronica di lettura e acquisizione realizzati durante il primo anno, saranno caratterizzati con strumenti esistenti e fasci già disponibili. Di ciò verranno scritte note interne e i risultati migliori o più rilevanti saranno pubblicati su riviste scientifiche internazionali del settore e possibilmente presentati a conferenze nazionali e internazionali. A tale proposito alcuni membri delle nostre unità operative sono già stati invitati a presentare relazioni alla conferenza mondiale sulla BNCT in Giappone nell'ottobre 2006.

Parimenti sarà oggetto di possibile e puntuale verifica a scadenza trimestrale l'attività del secondo anno durante il quale si monteranno i dosimetri nel frattempo realizzati sia nell'ambito dei bunker di radioterapia delle strutture ospedaliere, sia intorno ai fotoconvertitori prototipo disponibili, che sugli stessi lettini di trattamento delle unità radioterapiche di Trieste, Roma e Como.

Elenco delle Unità di Ricerca

Sede dell'Unità	Università degli Studi di TRIESTE
Responsabile Scientifico	Gianrossano GIANNINI
Finanziamento assegnato	Euro 78.000

Compito dell'Unità

Sede dell'Unità	Università degli Studi INSUBRIA Varese-Como
Responsabile Scientifico	Michela PREST
Finanziamento assegnato	Euro 24.000

Compito dell'Unità

Sede dell'Unità	Università Cattolica del Sacro Cuore
Responsabile Scientifico	Angelo PIERMATTEI
Finanziamento assegnato	Euro 31.000

Compito dell'Unità
