

Giovedì **Scienza** 32^a Edizione

la scienza in diretta
settimana per settimana

GIOVEDÌ 14 DICEMBRE 2017

CHE LA FORZA DELL'ADROTERAPIA SIA CON NOI

Nuove tecnologie per combattere il cancro limitando i danni collaterali

Elisa Fiorina

È assegnista di ricerca presso la sezione di Torino dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare nel gruppo di Fisica Medica. Durante il dottorato ha partecipato allo sviluppo di algoritmi per l'identificazione automatica di patologie in immagini diagnostiche. Dal 2014 ha contribuito alla costruzione di un rivelatore PET per la validazione in tempo reale dei trattamenti in adroterapia. Grazie ai promettenti risultati ottenuti, questo strumento verrà utilizzato nei prossimi mesi per un trial clinico su pazienti al Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) di Pavia.

Simona Giordanengo

È ricercatrice presso la sezione di Torino dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare nel gruppo di Fisica Medica. Si occupa dello sviluppo di rivelatori di particelle e sistemi innovativi per radioterapia e adroterapia dal 2004. Durante il dottorato e con contratti successivi ha lavorato allo sviluppo del sistema di guida e controllo della dose durante un trattamento presso il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) di Pavia. Dal 2013 al 2016 è stata responsabile di un progetto per lo sviluppo di un sistema di calcolo della dose in tempo reale utile per trattare tumori in prossimità di organi in movimento.

PER SAPERNE DI PIÙ

L'adroterapia sul WEB



Fondazione CNAO
goo.gl/rBjd85



Fondazione Veronesi
goo.gl/S8KpRu



Policlinico
Università di Catania
goo.gl/KLZiKV



Centro di Protonterapia
di Trento
goo.gl/txVRK3

L'ADROTERAPIA

La forza delle radiazioni

L'adroterapia è una forma di radioterapia poiché sfrutta le radiazioni ionizzanti per la cura dei tumori. La differenza fondamentale tra le due terapie oncologiche riguarda il tipo di radiazione, cioè il "proiettile" utilizzato per il trattamento. Al posto dei raggi X ad alta energia usati nella radioterapia tradizionale, l'adroterapia attacca il tumore con protoni e ioni, ovvero nuclei di atomi, classificati dalla fisica delle particelle come adroni in quanto soggetti alla forza nucleare forte (dal greco *adrós*, forte). Ciò che rende queste particelle efficaci contro molte patologie tumorali è la capacità di depositare la dose soprattutto al termine del percorso e quindi in profondità nel paziente, riducendo i danni ai tessuti sani attraversati. I raggi X sono anch'essi molto penetranti ma rilasciano gran parte della dose nei primi centimetri di tessuto attraversato, rendendo difficile e talvolta impossibile raggiungere tumori profondi.

L'adroterapia è quindi una terapia molto selettiva e particolarmente importante nei casi in cui il tumore è localizzato in profondità o vicino a organi vitali che non devono essere irradiati. Un altro vantaggio degli adroni e in particolare degli ioni carbonio, risiede nella loro efficacia biologica ovvero nella capacità di causare rotture nei legami chimici presenti nelle molecole biologiche, in particolare nel DNA. Quando i legami delle molecole di DNA sono danneggiati in molti punti diversi, perdono la capacità di auto-replicarsi, causando la morte della cellula. A parità di energia rilasciata, gli ioni carbonio causano un numero di rotture nel DNA maggiore rispetto ai raggi X e ai protoni, riuscendo ad inattivare anche tumori resistenti alla radioterapia tradizionale e a quella con protoni.

La macchina per generare adroni e guidarli sul tumore.

La radioterapia e ancor di più l'adroterapia sono discipline altamente tecnologiche che richiedono l'impiego di apparati strumentali complessi e sofisticati come l'acceleratore di particelle, che ha il compito di accelerare i protoni o gli ioni fino ad energie sufficienti ad attraversare i tessuti del paziente e colpire il tumore.

I principali tipi di acceleratori per adroterapia sono il ciclotrone e il sincrotrone. Sono entrambi circolari e di dimensioni molto maggiori degli acceleratori lineari usati negli ospedali per radioterapia. Il sincrotrone è più grande e complesso ed è capace di accelerare sia protoni che ioni di carbonio e di altre specie.

Il sincrotrone realizzato per il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) di Pavia è un prototipo frutto della ricerca nella fisica delle alte energie, realizzato grazie alla collaborazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), del CERN (Svizzera), del GSI (Germania), di LPSC (Francia) e dell'Università di Pavia. Esso è stato prodotto con tecnologia principalmente italiana.

È un anello lungo 80 metri e con un diametro di 25; al suo interno si trovano le sorgenti di particelle in cui si creano i protoni o gli ioni carbonio e si impacchettano in fasci composti, ognuno, da miliardi di particelle.

Questi pacchetti entrano nell'anello del sincrotrone dopo una pre-accelerazione e, inizialmente, viaggiano a circa 30.000 chilometri al secondo. Successivamente, girando nell'anello vengono accelerati fino ad energie cinetiche di 250 MeV per i protoni e 4800 MeV per gli ioni carbonio (il MeV equivale ad un milione di elettronvolt). Raggiunta l'energia richiesta, il fascio di particelle viene estratto e guidato verso le sale di trattamento da un sistema di trasporto dei fasci. Un raffinato sistema di controllo, posto nella sala di trattamento, elabora in tempo reale i dati raccolti da un sistema di monitoraggio e convoglia il fascio sul tumore, seguendo la pianificazione clinica, tramite spostamenti laterali indotti con magneti e spostamenti in profondità variando l'energia di estrazione richiesta all'acceleratore.

La fisica e la tecnologia nel percorso del paziente

In adroterapia, il paziente si trova immerso in un ambiente in cui la fisica ha un ruolo centrale non solo durante l'erogazione del trattamento, ma anche per la pianificazione della terapia e per la gestione e valutazione del trattamento.

In particolare, a partire dalla diagnosi per arrivare fino ai controlli dopo il trattamento, il paziente viene sottoposto a diversi esami di imaging medico quali la Tomografia Computerizzata (CT), la Risonanza Magnetica (RM) e la Tomografia ad Emissione di Positroni (PET). Queste tecnologie basate su principi fisici sono ormai diffuse in tutti gli ospedali e permettono al medico di effettuare la diagnosi e individuare il volume tumorale.

Queste immagini sono anche utilizzate dal medico radioterapista e dal fisico medico, in collaborazione con il tecnico di radiologia, per pianificare e ottimizzare il trattamento adroterapico. Questa procedura avviene con l'ausilio di sistemi informatizzati chiamati Treatment Planning System (TPS) con cui si elabora la strategia migliore per fornire alle cellule tumorali la dose necessaria per curare il paziente risparmiando il più possibile il tessuto sano circostante.

Il trattamento adroterapico è suddiviso in sedute giornaliere e la durata totale della terapia è compresa tra due e otto settimane. Per sfruttare al massimo i vantaggi dell'adroterapia sono necessari diversi sistemi di controllo sia a livello dell'acceleratore (per la qualifica del fascio e per il rilascio della dose) sia a livello del paziente (verifica del posizionamento con i raggi X o reperi esterni rispetto alla CT di pianificazione).

L'adroterapia è un campo estremamente stimolante per l'applicazione di tecnologie di avanguardia, sviluppate nell'ambito della fisica fondamentale nei grandi laboratori di ricerca, per ottimizzare il trattamento adroterapico e sfruttare a pieno le potenzialità offerte dalla fisica dei fasci ionici. Alcuni esempi sono il trattamento di organi in movimento, l'utilizzo di diverse specie ioniche per ottimizzare l'effetto radiobiologico dei tessuti irraggiati e il monitoraggio accurato e in tempo reale dell'andamento del trattamento, importante nel caso di cambiamenti morfologici significativi nel paziente rispetto alla pianificazione iniziale. Inoltre, per rendere la tecnica competitiva rispetto alla radioterapia convenzionale, è necessario ridurre l'attuale complessità dei centri esistenti.



Il percorso clinico terapeutico
goo.gl/oNSwZg

L'INFN per l'adroterapia

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare svolge attività di ricerca, teorica e sperimentale, nei campi della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare.

Nell'ambito delle ricerche tecnologiche e interdisciplinari si occupa anche di applicazioni in adroterapia e in particolare di acceleratori di protoni e ioni per la clinica, di rivelatori di particelle per il monitoraggio dei fasci terapeutici, di sistemi avanzati di misura e calcolo della dose durante i trattamenti, dello sviluppo e verifica di nuovi modelli radiobiologici. Di seguito un breve riassunto dei progetti INSIDE e MOVE-IT in corso presso la sezione di Torino.

INSIDE

Il progetto INSIDE (“Innovative Solutions for In-Beam Dosimetry in Hadrontherapy”) nasce nel 2013 come PRIN (Progetto di Rilevanza Nazionale finanziato dal MIUR) con l’obiettivo di sviluppare, costruire e testare un sistema di monitoraggio innovativo, basato sulla tecnologia dei rivelatori di particelle, capace di verificare durante il trattamento adroterapico che il volume tumorale venga trattato come previsto nella fase di pianificazione.

È un progetto coordinato dall’Università di Pisa in collaborazione con gli atenei di Torino e di Roma “La Sapienza”, il Politecnico di Bari, l’INFN e, per la fase sperimentale, con il CNAO di Pavia.

Il sistema INSIDE è costituito da un sistema di imaging bi-modale, con uno scanner per la Tomografia a Emissione di Positroni (PET) e un tracciatore di particelle cariche, funzionante durante l’erogazione del fascio di trattamento di tumori del distretto testa-collo. Grazie a questo strumento, le particelle secondarie di varia natura (in particolare, fotoni e protoni) che vengono prodotte durante il trattamento sono misurate e possono fornire importanti informazioni sull’andamento in tempo reale dell’irraggiamento del tumore.

Nel dicembre 2016, il sistema PET di INSIDE è stato testato per la prima volta su un paziente trattato con protoni al CNAO e si è verificata la capacità di monitoraggio dello strumento durante il trattamento.

Dal 2017 è stato sottoscritto un accordo scientifico con il CNAO per la sperimentazione clinica dello scanner. Attualmente sono in corso adeguamenti meccanici e si prevede che la sperimentazione clinica parta entro la prima metà del 2018.

MOVE-IT

Il progetto MOVE-IT (Modeling and Verification for Ion beam Treatment planning), finanziato dalla Commissione Scientifica Nazionale V dell’INFN ha come obiettivo lo sviluppo e la verifica di modelli radiobiologici e di rivelatori per la caratterizzazione e il monitoraggio dei fasci di particelle durante studi di radiobiologia e in adroterapia clinica.

Nell’ambito di questo progetto, in collaborazione con TIFPA - Trento Institute for Fundamental Physics and Applications, l’INFN di Torino realizzerà nuovi monitor di fascio basati su sensori innovativi al silicio denominati Ultra Fast Silicon Detectors. I test di caratterizzazione dei primi sensori prodotti sono stati svolti con successo nel 2017 presso il CNAO e il primo prototipo di monitor di fascio sarà completato nel 2018 e testato presso i centri di adroterapia italiani (CATANA, CNAO e TIFPA).



Sito web progetto INSIDE:
goo.gl/yURGpq



Sito web progetto MOVE-IT:
goo.gl/15pdiR



TG Leonardo:
goo.gl/v4hW5K



Articolo su Asimmetrie
(rivista INFN):
goo.gl/JtyK2a



Articolo su SIF Prima Pagina
(Società Italiana di Fisica):
goo.gl/mTA2aS



Comunicato stampa INFN
sul primo test su paziente:
goo.gl/4qwG4Z