

[as] riflessi

Energia per curare.

di Eleonora Cossi



La precisione è la parola chiave per parlare di un'applicazione nata dalla fisica delle particelle e oggi impiegata in tutto il mondo per trattare i tumori localizzati non operabili o pediatrici. Si tratta dell' "adroterapia", una terapia in cui si usano particelle di alta energia prodotte con acceleratori di particelle dedicati in parte o totalmente al trattamento dei pazienti oncologici. Accade nel centro Catania, che ha trattato circa 500 pazienti dal 2002 utilizzando il ciclotrone dei Laboratori Nazionali del Sud (Lns) dell'Infn di Catania, nel Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (Cnao) di Pavia, il cui sincrotrone è stato realizzato dall'Infn sulla scia del progetto pionieristico promosso dalla Fondazione Tera (circa 1500 pazienti trattati dal 2011), e nel centro di protonterapia di

Trento, di cui l'Infn è partner attraverso il Trento Institute for Fundamental Physics and Applications (Tifpa), dove sono stati trattati oltre 400 pazienti da ottobre 2014.

Gli adroni (dal greco *hadros*, forte) sono particelle formate da quark, che quindi subiscono la forza nucleare forte. Nelle attuali terapie si usano due tipi di adroni: i protoni e gli ioni carbonio. Diversamente dagli elettroni e dai fotoni, impiegati nella radioterapia, l'utilizzo degli adroni ha il vantaggio di poter rilasciare l'energia delle particelle in modo molto più preciso. La precisione è dovuta al fatto che gli ioni leggeri e i protoni possono penetrare attraverso i tessuti fino alla profondità desiderata, definita in base al loro numero atomico, massa ed energia iniziale, rilasciando poca energia

a.
Il sincrotrone del Cnao, a Pavia.

durante il tragitto e concentrandone il rilascio a fine percorso, in una piccola regione - dell'ordine del mm - chiamata dai fisici "picco di Bragg" (vd. in *Asimmetrie* n. 9 p. 32, ndr). Queste particelle possono così colpire quasi solo le cellule malate, minimizzando i danni nel tessuto sano. L'azione delle particelle sulle cellule tumorali provoca la rottura della doppia elica nella struttura del Dna e porta alla morte delle cellule cancerose.

Proprio come negli acceleratori costruiti per gli esperimenti di fisica fondamentale, il processo di accelerazione inizia all'interno di speciali camere, chiamate "sorgenti", in cui si generano plasmi di elettroni e ioni. Gli ioni sono pre-accelerati, estratti e iniettati nelle macchine acceleratrici. Qui, grazie a campi elettrici e magnetici controllati da radiofrequenze, gli ioni vengono accelerati ad alte energie e raggruppati in pacchetti composti ognuno da miliardi di particelle.

Nel sincrotrone del Cnao, ad esempio, in partenza i pacchetti viaggiano a poche migliaia di km al secondo, ma nella fase di massima energia - 250 MeV per i protoni e 400 MeV per nucleone per gli ioni carbonio - raggiungono velocità di circa 100.000 km al secondo. I fasci accelerati vengono poi inviati nelle sale di trattamento. Nel centro di Pavia ce ne sono tre, dove un magnete curva il fascio dirigendolo sul bersaglio, le cellule tumorali del paziente, con una precisione di 200 micron (due decimi di millimetro). Questa precisione è garantita da un monitoraggio continuo, a tre dimensioni, del paziente, per seguire i movimenti del corpo che possono alterare la posizione del tumore (come ad esempio il respiro).

Il centro di Trento ospita un ciclotrone commerciale capace di produrre fasci di protoni con energie da 70 a 228 MeV, utilizzati per la cura di vari tipi di tumori. Durante il trattamento, il paziente è posizionato su un lettino all'interno di una "gantry", una camera che permette di indirizzare le radiazioni ruotando a 360° attorno al paziente. Nella gantry è possibile evitare accuratamente gli organi a rischio, e per questo motivo il centro di Trento tratta molti pazienti pediatrici (circa il 30% del totale), per i quali gli effetti collaterali a lungo termine sono ovviamente una grande preoccupazione. "Il Tifpa si occupa della ricerca presso il centro di protonterapia, utilizzando una sala dedicata con due linee fisse, che si aggiunge alle due sale di trattamento con i gantry", commenta Marco Durante, direttore del Tifpa. "La sala sperimentale è una *user-facility* e nel 2017 ha ospitato ben 20 esperimenti diversi: dalla fisica medica, alla radiobiologia, ai test di materiali di schermatura e della microelettronica nello spazio", conclude Durante. Catania, invece, è specializzato nella cura dei tumori dell'occhio utilizzando fasci di protoni accelerati a 62 MeV dal ciclotrone superconduttore dei Lns. In questa linea le particelle vengono trasportate in aria attraverso un sistema passivo e vengono impiegate precise e avanzate tecniche dosimetriche per la calibrazione di fasci in termini di dose assoluta. "Catania ha rappresentato la prima esperienza clinica di protonterapia in Italia dimostrando la capacità di aggregare competenze interdisciplinari nel campo della medicina, fisica e biologia, mettendo l'energia dei nuclei a disposizione per la salute umana", commenta Giacomo Cuttone, direttore dei Lns.



b.
La sala di trattamento di Catania, nei Laboratori del Sud dell'Infn a Catania.