

Scheda di approfondimento

**IL SINCROTRONE:
l'acceleratore che
trasforma le particelle
subatomiche
in "armi sofisticate"
contro i tumori**



IL BUNKER

Il trattamento dei tumori tramite adroterapia presuppone l'utilizzo di un **acceleratore di particelle**, la cui funzione consiste nello **scomporre gli atomi e nel creare fasci di particelle subatomiche** da indirizzare sulle cellule tumorali per distruggerle.

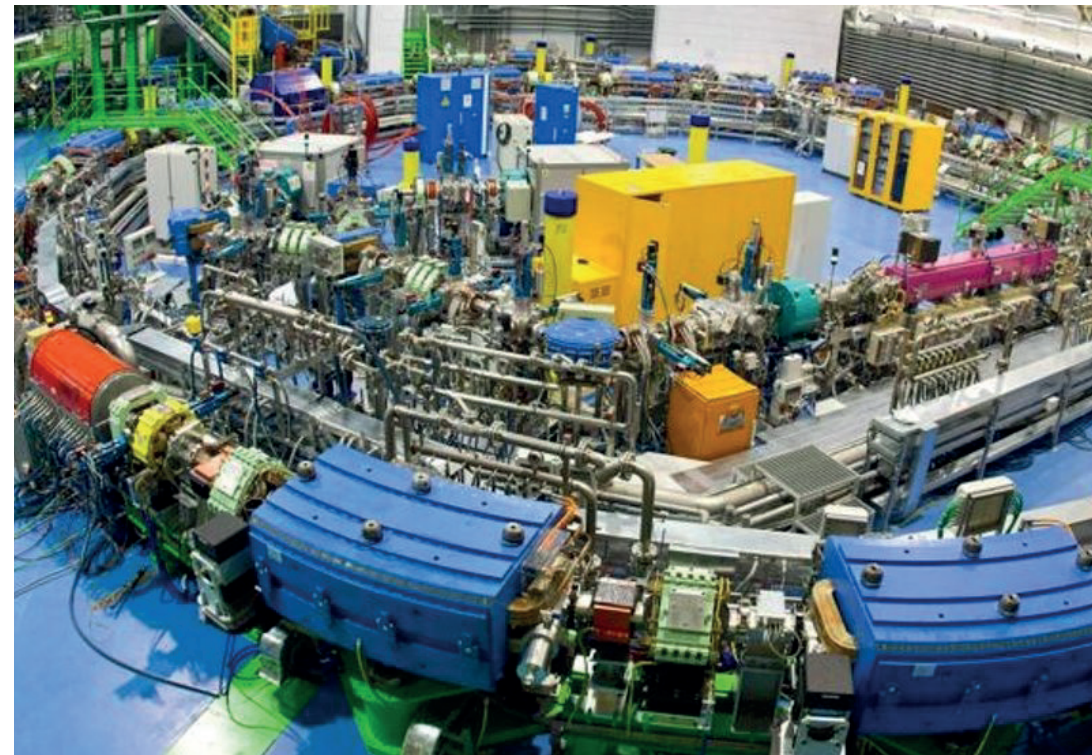
Mentre per produrre fasci di protoni è sufficiente un acceleratore lineare di dimensioni ridotte (che può trovare spazio anche in una stanza d'ospedale), per gli ioni carbonio serve un macchinario molto più complesso e sofisticato.

Grazie al **sincrotrone** di cui è dotato, il **CNAO** di Pavia è **l'unico centro in Italia in grado di estrarre dall'atomo e accelerare, oltre ai protoni, anche gli ioni carbonio**, rivelatisi particolarmente efficaci contro tumori resistenti alla radioterapia convenzionale o non operabili.

La tecnologia del sincrotrone è simile a quella utilizzata dal CERN di Ginevra ma, a differenza degli acceleratori impiegati nei laboratori di fisica, questo macchinario è stato espressamente sviluppato per il trattamento clinico di pazienti oncologici. Per la sua realizzazione, hanno collaborato con il CNAO: l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), l'Università di Pavia, il CERN, il GSI (Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt, Germania) e il LPSC (Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie de Grenoble, Francia).

La costruzione del centro ha coinvolto 600 aziende, di cui 500 italiane. La produzione dei singoli pezzi è stata affidata a società specializzate, mentre il montaggio e l'avviamento sono stati effettuati dal personale di CNAO, in collaborazione con l'INFN, il Politecnico di Milano, l'Università di Pavia e il CERN.

Il sincrotrone è collocato in un **bunker di 1.600 metri quadrati**, nel cuore della sede di CNAO a Pavia. Ha la forma di un anello di **25 metri di diametro e 80 metri di circonferenza** ed è isolato dal resto della struttura con **schermature per le radiazioni in cemento armato, che vanno dai 2 ai 6 metri di spessore**, necessarie a proteggere i frequentatori del centro dal pericolo delle radiazioni.



LA GENESI DEL FASCIO DI ADRONI

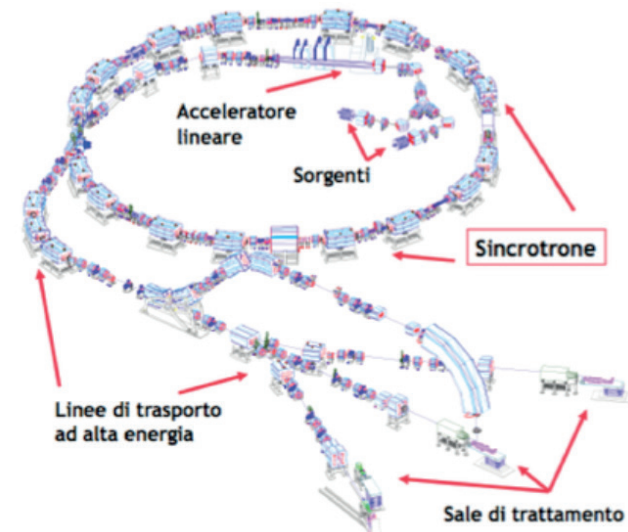
In due differenti zone interne alla circonferenza del sincrotrone, sono collocati due dispositivi chiamati **“sorgenti”**, da cui nascono i fasci di particelle necessari per effettuare le sedute di adroterapia. All'interno delle sorgenti, infatti, si trovano dei gas allo stato di plasma, ossia formati da atomi che hanno perso gli elettroni. Con campi magnetici e radiofrequenze, tali atomi vengono estratti e si selezionano i protoni e gli ioni di carbonio. Nascono così i **“pacchetti” di fasci** composti, ognuno, da miliardi di particelle.



UN VIAGGIO A PIÙ DI 200.000 KM AL SECONDO

Questi fasci vengono inizialmente preaccelerati da un acceleratore lineare (LINAC) e poi inviati nel tubo circolare del sincrotrone. I fasci di particelle sono ulteriormente accelerati, grazie alla cavità a radiofrequenza, per arrivare all'energia necessaria al trattamento del tumore. Protoni e ioni carbonio possono arrivare a velocità altissime, fino a un massimo di 230.000 Km al secondo, vicino alla velocità della luce. A seconda della velocità e dell'energia raggiunta dai fasci, questi ultimi avranno una specifica capacità di penetrazione all'interno dei tessuti.

Variando l'energia del fascio di particelle, è possibile raggiungere la profondità desiderata: un fascio più veloce (dunque più energetico) penetrerà più in profondità di un fascio lento.

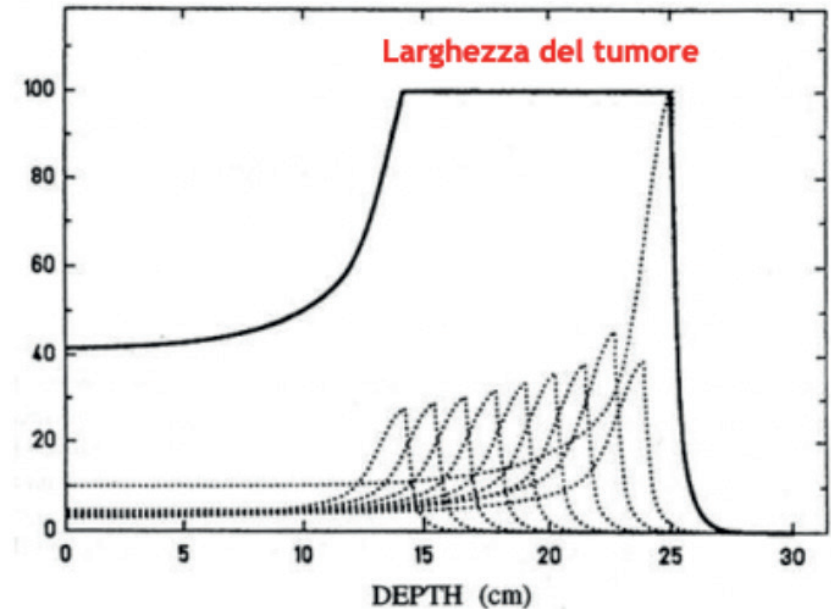


IL PIANO DI TRATTAMENTO PERSONALIZZATO PER OGNI PAZIENTE

Il fascio di **protoni** può variare da un'energia minima, che permette di arrivare a **30 mm di profondità**, a quella massima che penetra fino a **320 mm di profondità**. Gli **ioni carbonio**, invece, coprono un range di profondità che va **da 30 mm a 270 mm**.

Gli adroni elettricamente carichi, essendo pesanti, sono poco deflessi negli urti con i componenti dei tessuti e hanno quindi un percorso praticamente rettilineo nella materia attraversata. La loro carica elettrica ionizza le molecole dei tessuti, rilasciando la maggior parte della propria energia negli ultimi centimetri del percorso e il punto di arresto si chiama "picco di Bragg": essi sono quindi in grado di danneggiare preferenzialmente i tessuti malati, in quanto cedono energia là dove si trova il tumore.

Il piano di cura **consente idealmente di suddividere il tumore a "fette"**, a diverse profondità. A ciascuna fetta corrisponderà una profondità di penetrazione del fascio di particelle.



Distribuzione della dose su una superficie tumorale per sovrapposizione multipla di picchi di Bragg.

LE SALE DI TRATTAMENTO: DOVE TUTTO ACCADE CON PRECISIONE SUBMILLIMETRICA

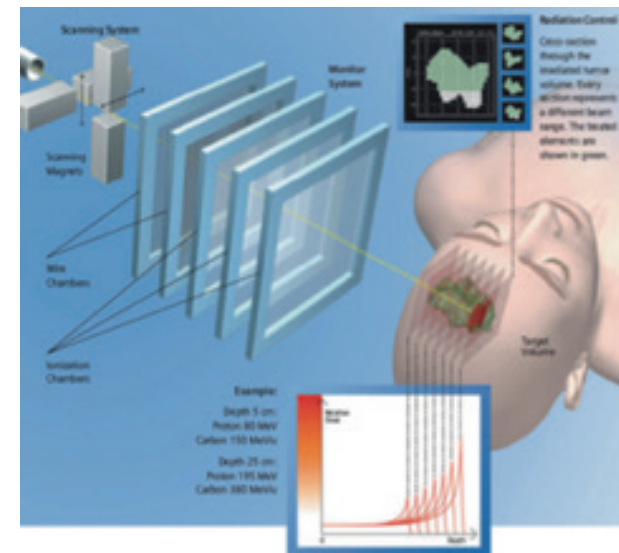
In base a quanto stabilito nel piano di cura, i fasci vengono accelerati fino a energie cinetiche di 250 MeV per i protoni e 4800 MeV per gli ioni carbonio (il MeV, equivalente a un milione di elettronvolt, è l'unità di energia utilizzata nei fenomeni su scala atomica e nucleare) e quindi inviati nelle tre sale adibite al trattamento del paziente.

Nelle sale 1 e 3 si effettuano trattamenti che richiedono un fascio orizzontale, mentre nella sala 2 l'irraggiamento può essere sia verticale che orizzontale. Sopra la sala 2, infatti, si trova un magnete di 150 tonnellate, che serve a curvare di 90 gradi il fascio di particelle e a dirigerlo dall'alto sul paziente.

Il fascio che colpisce le cellule del tumore agisce come un "pennello", con una precisione di 200 micrometri (due decimi di millimetro). Questa accuratezza è possibile grazie a:

- **una sorveglianza continua del paziente**, tramite telecamere a infrarossi che misurano gli spostamenti tridimensionali, per seguire eventuali movimenti del corpo (il respiro, ad esempio) che possono cambiare la posizione del tumore;
- **due magneti di scansione** che, sulla base delle indicazioni del sistema di monitoraggio dei fasci, muovono il "pennello" lungo la sagoma del tumore;
- **un sistema di Dose Delivery (DDS)** a scansione attiva, formato da due rivelatori di particelle, che misurano in tempo reale il fascio erogato. Nel momento in cui il DDS si accorge di avere

erogato la giusta dose di fascio, ordina a quattro magneti veloci, installati lungo la linea di estrazione, di deviare il fascio verso un "dump" (un blocco di piombo) in modo che al paziente non arrivi dose aggiuntiva rispetto a quella prevista dal piano di cura.



In questo modo, sezione per sezione, il tumore viene irraggiato: il passaggio da una sezione all'altra (più profonda) si ottiene aumentando l'energia del fascio. Il trattamento dura pochi minuti e il numero delle sedute varia a seconda della patologia. Per i protoni in media 35 sedute e per gli ioni carbonio in media 16. Il paziente non percepisce alcun dolore durante la seduta.

Per ulteriori informazioni:

Ufficio comunicazione CNAO

Silvia Meneghello - Comunicazione@cnao.it

Relazioni con i media - Value Relations

cnaopress@vrelations.it

Francesca Alibrandi - cell. 335.8368826

Antonella Martucci - cell. 340.6775463