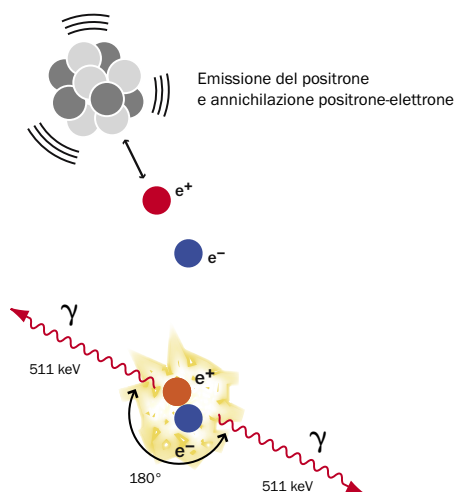


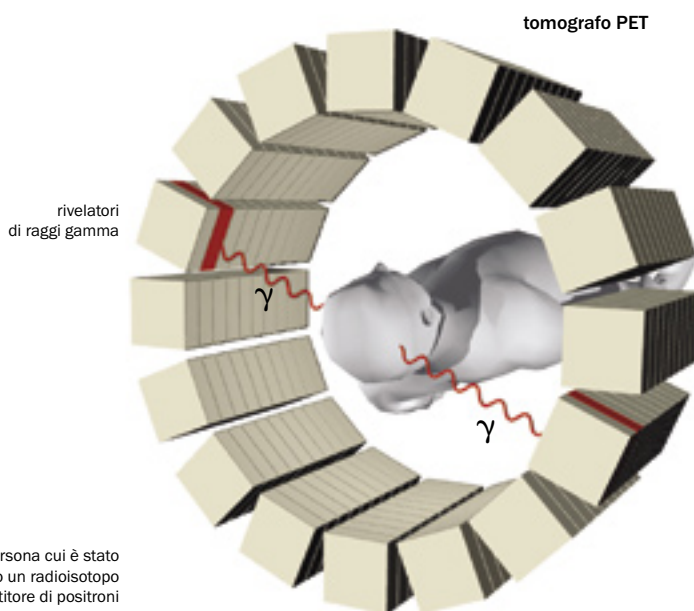
Antimateria al lavoro per la salute

Positroni per ottenere immagini dettagliate del corpo umano.

di Alberto Del Guerra



a.



La Pet è soprattutto una tecnica di indagine medica. Il nome è l'acronimo inglese di *Tomografia a Emissione di Positroni*: un metodo non invasivo per condurre studi di fisiologia e fisiopatologia sfruttando l'antimateria, che si è rivelato di grande utilità nella diagnosi dei tumori. Diversamente dalla più comune Tac (*Tomografia Assiale Computerizzata*), oltre a individuare eventuali anomalie, la Pet è in grado di fornire importanti indizi sulla loro natura, registrando alcune caratteristiche della loro attività.

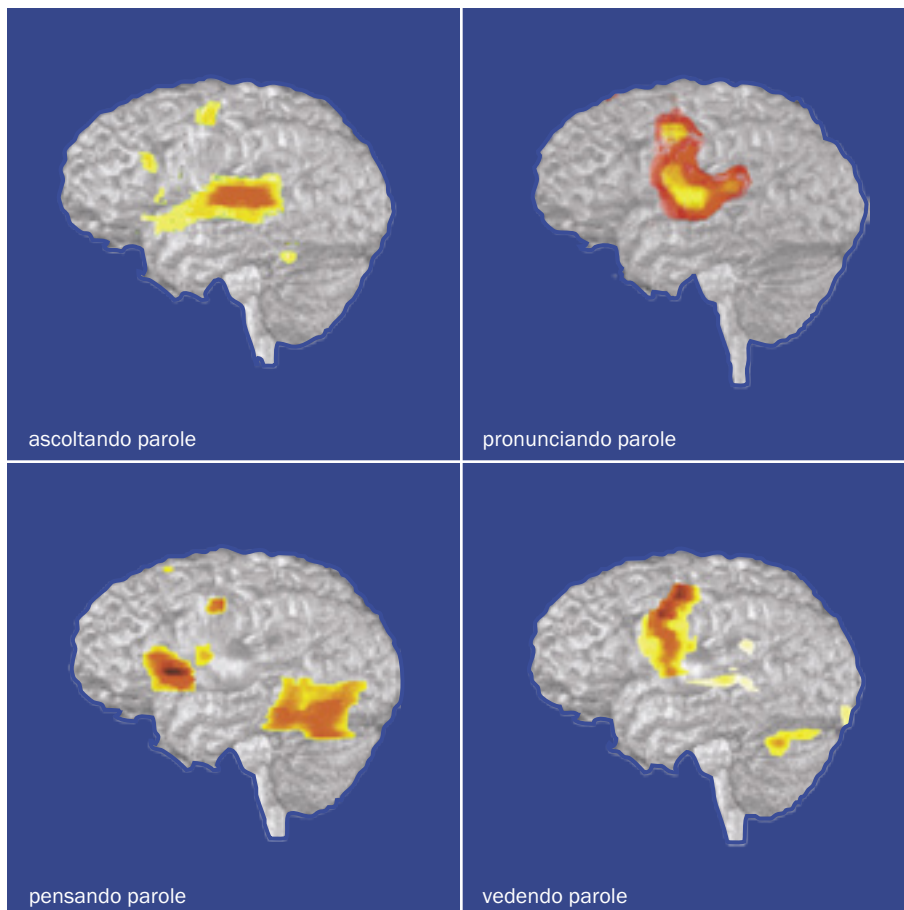
La Pet si basa sull'uso di *radio-traccianti*, sostanze che introdotte in quantità minimali si integrano perfettamente nel sistema biologico, senza perturbarlo, riproducendo il processo fisiologico o patologico che si vuole studiare. Queste sostanze sono ottime "spie" di quanto sta accadendo ai tessuti in cui si inseriscono,

perché per essere rintracciabili, sono marcate con atomi radioattivi i cui nuclei, instabili, emettono radiazioni rivelabili dall'esterno. I più usati sono isotopi del carbonio, dell'azoto, dell'ossigeno e del fluoro (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O e ^{18}F), che decadono spontaneamente in nuclei stabili emettendo positroni (*decadimento β^+*), le antiparticelle degli elettroni. Anche il positrone, come tutte le particelle, quando interagisce con la sua antiparticella si annichila: la Pet sfrutta proprio il processo di annichilazione.

Quando il radio-tracciante decade ed emette un positrone, questo interagisce con un elettrone della sostanza biologica di cui è entrato a far parte e si annichila; al posto dell'elettrone e del positrone sono generati due fotoni, ciascuno di energia equivalente alla massa delle particelle originarie, pari a 511 keV. I fotoni devono essere emessi lungo la stessa direzione e in senso

a.

Il principio fisico della Pet. Nel paziente viene iniettato un radiofarmaco; l'atomo instabile che vi è legato decade, emettendo un positrone. Immediatamente dopo, il positrone emesso urta con un elettrone della materia cellulare: particella e antiparticella si annichilano emettendo due fotoni gamma di energia pari alle masse scomparse, 511 keV. I due fotoni, che per la conservazione della quantità di moto sono emessi a 180° l'uno dall'altro, sono rivelati dal tomografo Pet (a destra) e definiscono così la direzione lungo cui si trova il punto in cui sono stati generati.



b.
Le nuove frontiere delle applicazioni cliniche della Pet riguardano gli studi in campo neurologico, in particolare sulla malattia di Alzheimer e sul morbo di Parkinson. Nella figura sono rappresentate le immagini ottenute tramite Pet di un cervello umano nell'atto di ascoltare, pronunciare, pensare o vedere delle parole.

contrario, cioè a 180° tra loro, in modo che la somma delle due quantità di moto – di verso contrario – sia nulla come nel momento dell'interazione. I due fotoni vengono rivelati con cristalli di materiale scintillatore, il cui segnale è visto da "occhi" fotomoltiplicatori.

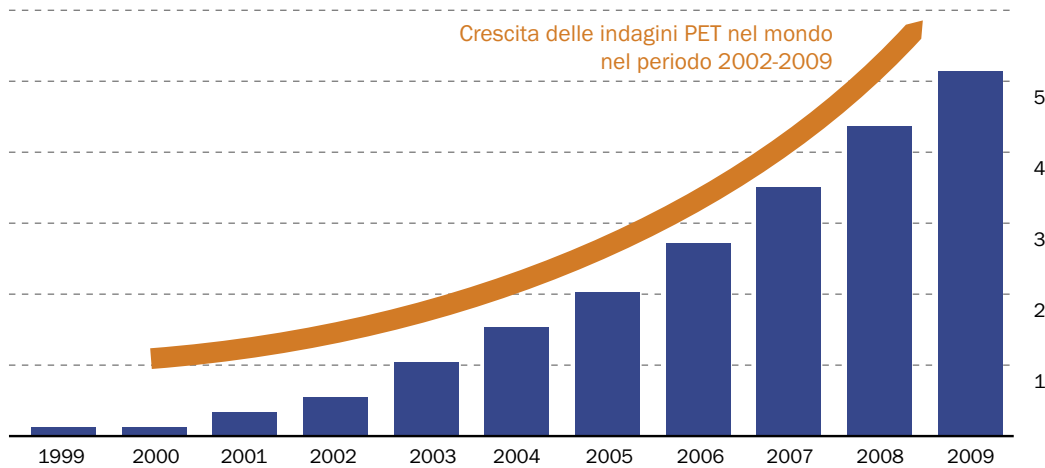
Quando due rivelatori registrano in coincidenza temporale due fotoni in posizioni diametralmente opposte, la linea che congiunge i rivelatori definisce una direzione nello spazio, detta "linea di volo", lungo la quale si deve trovare il punto in cui è avvenuta l'annichilazione, e quindi il radioisotopo. Ruotando i rivelatori attorno al paziente o, come si verifica più comunemente, disponendo di un anello di rivelatori attorno al paziente, si possono ricostruire tutte le "linee di volo" e, con

tecniche di ricostruzione tomografica, la distribuzione spaziale della sorgente. L'impiego dei positroni nelle indagini cerebrali fu proposto per la prima volta nel 1951. Il primo prototipo per la Pet era costituito da due semplici rivelatori in grado di ruotare attorno alla testa del paziente; fu costruito nel 1953 da G.L. Brownell e W.H. Sweet a Boston, circa 20 anni prima dell'invenzione della tecnica che ha rivoluzionato la radiologia diagnostica, la Tac. A partire dagli anni '80, grazie allo sviluppo delle metodologie di ricostruzione delle immagini tomografiche e la diffusione degli acceleratori per la produzione dei radioisotopi necessari, la Pet è divenuta una tecnica diagnostica molto sofisticata. Dapprima impiegata solo in centri di alta tecnologia, è oggi un metodo di indagine

indispensabile e largamente utilizzato in oncologia. Il grande successo è dovuto alle alte potenzialità di questa tecnica nell'identificazione dei tumori e delle metastasi all'interno del corpo umano, mediante il radiotracciante ^{18}F -FDG (^{18}F -FluoroDesossiGlucosio). Il ^{18}F -FDG segue il percorso del glucosio all'interno del corpo umano, quindi si accumula nelle cellule a più elevato metabolismo, come le cellule tumorali. Questo permette di ricostruire un'immagine quantitativa e tridimensionale delle zone tumorali, che offre la possibilità di una diagnosi oncologica più accurata e di elevato valore prognostico.

La Pet è utilizzata in campo clinico anche in cardiologia e in neurologia, ma la sua applicabilità attuale è prevalentemente in

Indagini PET effettuate nel mondo (in milioni)



c.

oncologia e sempre più in combinazione con la Tac (Tac-Pet), così da fornire indicazioni quantitative sulle eventuali lesioni tumorali. D'altra parte, gli sviluppi ottenuti nell'ultimo decennio nell'imaging molecolare hanno permesso l'applicazione della Pet allo studio delle malattie neurodegenerative, quali l'Alzheimer e il Parkinson. Per la diagnosi e la valutazione clinica dell'Alzheimer, in particolare, si fa normalmente uso del tracciante ^{18}F -FDG, monitorando il metabolismo nelle diverse zone del cervello e confrontandolo localmente con quello di un individuo normale. Più recentemente, la messa a punto di traccianti specifici basati sull'uso del carbonio 11 (^{11}C), e in particolare del ^{11}C -PIB (noto come il *composto B di Pittsburgh*), ha permesso per la prima volta l'imaging diretto in vivo delle placche amiloidee, ritenute responsabili dell'insorgere dell'Alzheimer. La stessa tecnica potrà essere utilizzata per la diagnosi e il controllo della malattia trattata con una terapia anti-amiloidea. Per lo studio del Parkinson, invece, il tracciante d'elezione è il ^{18}F -Fluorodopa, la cui localizzazione nei centri recettori dopaminergici avviene in maniera quantitativa differente negli individui sani e nei pazienti affetti da morbo di Parkinson. Lo sviluppo tecnologico della Pet è rivolto soprattutto alla costruzione di macchine per indagini precliniche, alla messa a punto di nuovi farmaci e di modelli di malattie su cavie. In questo ambito, si stanno sviluppando prototipi ad altissima risoluzione spaziale in combinazione con macchine di risonanza nucleare ad alto campo. In questo caso l'informazione anatomica ad altissima risoluzione, quale quella della risonanza, potrebbe essere acquisita simultaneamente all'informazione funzionale fornita dalla Pet, aprendo quindi nuovi affascinanti campi di ricerca per l'oncologia e la neurologia, con l'ulteriore vantaggio di una riduzione di dose al paziente da radiazioni ionizzanti rispetto agli attuali sistemi Tac-Pet. Oltre a essere un importante mezzo di indagine clinica, la Pet è dunque un'area di ricerca affascinante di grande valenza interdisciplinare per la fisica medica.

c.

La crescita delle installazioni Pet nel mondo negli ultimi 10 anni.

Biografia

Alberto Del Guerra è professore ordinario di Fisica e direttore della Scuola di Specializzazione in Fisica Sanitaria all'Università di Pisa.

Svolge attività di ricerca in fisica medica, in particolare sulle tecniche strumentali dell'imaging molecolare.

Link sul web

<http://www.explorasciencenow.rai.it/DettVideo.aspx?IDVideo=18>

http://depts.washington.edu/nucmed/IRL/pet_intro/