

La PET per la Radioterapia: 4D PET

V. Bettinardi,

Ospedale San Raffaele Milano, Università di Milano

La Tomografia a Emissione di Positroni (PET) con l'utilizzo di un tracciante analogo del glucosio, il fluorodesossiglucosio marcato con il fluoro-18 ([18F]FDG), è oggi riconosciuta come metodica di grande rilievo per la stadiazione e la ristadiatione del paziente oncologico. Numerosi studi hanno dimostrato come il tessuto neoplastico in rapida crescita utilizzi il glucosio come substrato a fini energetici. La visualizzazione della distribuzione del tracciante [18F]FDG, valutando il metabolismo glucidico, permette di individuare, in vivo, nell'uomo, in maniera non invasiva, sia la neoplasia che la sua disseminazione a distanza. Tuttavia una difficoltà incontrata nella interpretazione di studi PET con [18F]FDG è rappresentata, dalla mancanza di strutture anatomiche ben identificabili. Il basso contrasto e la povera risoluzione spaziale della tecnica PET sono spesso non sufficienti per una precisa localizzazione delle aree di ipercaptazione del tracciante radioattivo. Risulta dunque fondamentale l'integrazione delle immagini funzionali PET con immagini morfologiche quali la Tomografia Computerizzata (TC) e la Risonanza Magnetica (RM). Un importante contributo alla soluzione di tali problematiche è rappresentato dalla nuova metodica, la PET/TC, che offre la possibilità di ottenere immagini multimodali, funzionali e morfologiche (PET e TC), intrinsecamente co-registrate fra loro in quanto ottenute durante il medesimo esame, senza modificare la posizione del paziente. Un settore in cui la PET/TC sta assumendo un ruolo sempre più importante è quello relativo alla selezione dei pazienti candidati a radioterapia ed alla valutazione dell'estensione della massa neoplastica da irradiare. In particolare mediante l'uso dei tomografi integrati PET/TC, la metodica viene oggi utilizzata per la definizione dei volumi di trattamento che vengono determinati tenendo conto non solo dei parametri tradizionali di alterazione anatomica TC, ma anche dell'alterazione biologica misurata con PET (Biological Target Volume – BTV). Grazie alla possibilità di trattamenti radioterapici sempre più mirati con strumenti di nuova generazione e oggi necessario conoscere al meglio il volume neoplastico da irradiare e seguirne gli spostamenti. Un aspetto molto importante riguarda infatti le variazioni di volume di interesse a seguito del movimento d'organo. Sebbene noto in termini generici, l'effetto del movimento d'organo sulle dimensioni e la geometria delle lesioni da irradiare non è ad oggi ancora ben definito e quantificato. In effetti, l'importanza della misura di tale effetto ai fini radioterapici era, fino a qualche tempo fa, non di primaria importanza, in quanto, anche per lesioni definite con estrema precisione, non esisteva possibilità di irradiazione altrettanto accurata. Oggi esistono tecniche di irradiazione ad 'alta precisione' che, grazie ad un'ottima caduta di dose, permettono una radicalità di cura della lesione, con risparmio dei tessuti sani. L'efficacia di tali tecniche può essere potenziata dall'impiego della PET per la definizione delle caratteristiche biologiche delle lesioni (BTV) e dal controllo degli errori dovuti al movimento d'organo e della lesione. In questo contesto l'utilizzo delle metodologie di acquisizione 4D PET e 4D TC, che permettono l'acquisizione sincronizzata dei dati con il ciclo respiratorio del paziente,

Eliminato: T

Eliminato: CT

Eliminato: altro

Eliminato: la PET ed ancor più

Eliminato: CT

Eliminato: nno

Eliminato: CT

Eliminato: anche

Eliminato: CT

Eliminato: metabolica

Eliminato: altro

Eliminato: nella definizione dei volumi di trattamento

Eliminato: CT

rappresentano uno strumento importante proprio per la rilevazione e la quantificazione dei movimenti spazio-temporali delle lesioni tumorali e degli organi circostanti.

Per poter realizzare acquisizioni 4D PET e 4D TC è necessario disporre di un sistema per il monitoraggio, la rilevazione e l'analisi, in tempo reale, del pattern respiratorio del paziente così da poter fornire al tomografo PET/TC il segnale di trigger per la sincronizzazione dell'acquisizione

Eliminato: CT

rispetto al ciclo respiratorio del paziente. I metodi oggi utilizzati per il monitoraggio del pattern respiratorio sono molteplici, in quanto utilizzano tecniche diverse per la rilevazione del segnale respiratorio (es. ottici, spirometrici, acustici etc.). Uno dei sistemi commerciali attualmente più diffusi, anche perché direttamente interfacciabile sia al tomografo PET/TC che all'acceleratore lineare per il trattamento, è il sistema RPM (Real time Position Management) della Varian. Il sistema RPM permette di monitorare e di rilevare il ciclo respiratorio del paziente attraverso la registrazione di un segnale passivo, di tipo ottico, proveniente da due piccoli markers riflettenti presenti su di una piccola scatola di plastica, che viene posizionata sull'addome o sul torace del paziente. I due markers vengono illuminati con luce infrarossa e la luce da loro riflessa viene rilevata da una telecamera. Il segnale video della telecamera viene processato in tempo reale ed utilizzato in fase diagnostica per il trigger al tomografo PET/TC, mentre in fase di trattamento è impiegato per il controllo delle condizioni di on-off del fascio dell'acceleratore.

Eliminato: CT

Nelle acquisizioni 4D PET e 4D TC il ciclo respiratorio del paziente viene suddiviso in fasi temporali in cui vengono registrati i dati. Le due possibili modalità di acquisizione 4D PET sono:

Eliminato: CT

- frame mode con un numero di fasi prestabilito (4DPET-FM)

- list mode (4DPET-LM)

Eliminato: in

La modalità 4DPET-FM consiste in una acquisizione di tipo "frame", effettuata tipicamente in modalità bidimensionale della durata di 10-15 minuti. L'acquisizione è costituita da un numero prestabilito di fasi, tipicamente 8-12, in cui viene suddiviso il ciclo respiratorio del paziente.

La modalità 4DPET-LM richiede l'acquisizione dei dati in modalità bi o tridimensionale in una sequenza di tipo "stream-line" per tutta la durata dell'acquisizione ed in seguito i dati registrati vengono riordinati secondo il ciclo respiratorio del paziente in un numero definito di fasi.

Eliminato: CT

Per quanto riguarda le modalità di acquisizione 4D TC queste possono essere di tipo:

Eliminato: CT

- prospettico

- retrospettivo.

Eliminato: CT

La modalità di acquisizione prospettica richiede la selezione a priori di una fase del ciclo respiratorio ed i dati TC vengono acquisiti solo durante la specifica fase prescelta. La modalità di acquisizione retrospettiva permette di acquisire i dati TC durante tutto il ciclo respiratorio del paziente e solo a posteriori i dati 4D TC vengono riordinati e suddivisi nel numero di fasi stabilito.

Formattati: Elenchi puntati e numerati

Risulta chiaro come la modalità di acquisizione retrospettiva permetta di ottenere la completa informazione sul movimento del target e degli organi circostanti, non disponibile mediante una acquisizione 4D TC di tipo prospettico, ma per contro comporta una maggior dose di radiazioni al paziente.

Eliminato: prospettiva /

L'utilizzo dei dati 4D PET e 4D TC dovrebbe quindi consentire un approccio più preciso ed accurato nella definizione del piano di trattamento radioterapico proprio a fronte delle nuove

Eliminato: CT

Eliminato: CT

Eliminato: CT

Eliminato: CT

informazioni ottenibili a livello diagnostico. In particolare, la conoscenza del volume spaziale in cui avviene il movimento della lesione come conseguenza dell'atto respiratorio del paziente, dovrebbe consentire una personalizzazione per tale effetto nella definizione del piano di trattamento, mentre l'utilizzo delle immagini (PET e TC) corrispondenti alle diverse fasi del ciclo respiratorio dovrebbe permettere:

- una più accurata definizione del volume del tumore che, proprio a causa dell'effetto di "smearing" dovuto al movimento, può erroneamente risultare anche significativamente maggiore rispetto a quello reale;
- una più accurata valutazione della captazione del radiotracciante che, sempre a causa del movimento risulta in generale sottostimata rispetto al valore reale;
- una più accurata valutazione del rapporto tra posizione del tumore ed organi a rischio circostanti.

In conclusione, la possibilità di monitorare i movimenti della lesione da irradiare e degli organi circostanti, mediante tecniche di acquisizione 4D PET e 4D TC, rappresenta oggi una delle tematiche di ricerca più interessanti nell'ambito delle applicazioni di radioterapia più avanzate in una prospettiva di trattamenti sempre più precisi, accurati e personalizzati.

Bibliografia

- 1) Nehmeh SA et al: Four-dimensional (4D) PET/CT imaging of the thorax. Med. Phys. 2004;31(12):pp 3179-3186
- 2) Erdi YE et al: The CT motion quantitation of lung lesions and its impact on PET-measured SUVs. 2003; J Nucl Med 2004;45:pp 1287-1292
- 3) Nehmeh SA et al: Effect of respiratory gating on quantifying PET images of lung cancer. J Nucl Med 2002;43(7):pp 876-881
- 4) Murphy MJ. Tracking Moving Organs in Real Time. Seminars in Radiation Oncology. Vol14, No.1, 2004:pp 91-100.
- 5) Goitein M. Organ and Tumor Motion: An Overview. Seminars in Radiation Oncology. Vol14, No.1, 2004:pp 2-9.
- 6) Dawson LA and Balter LM. Interventions to reduce Organ Motion Effects in Radiation Delivery. Seminars in Radiation Oncology. Vol 14, No.1, 2004:pp 76-80.