



Associazione Italiana di Medicina Nucleare  
ed Imaging Molecolare

**RACCOMANDAZIONI PROCEDURALI**  
**per l'imaging oncologico con**  
 **$^{18}\text{F}$ -FDG PET/TC**

*A cura del Gruppo di Studio PET*

*Estensori: Alessandro Giordano, Stefano Fanti*

## INDICE

<b>IMAGING ONCOLOGICO CON <sup>18</sup>F-FDG PET/TC</b>	<b>1</b>
INDICAZIONI .....	1
CONTROINDICAZIONI .....	1
PROCEDURE PRE-ESAME .....	1
SOMMINISTRAZIONE DEL RADIOFARMACO E DOSI .....	2
DOSIMETRIA E RADIOPROTEZIONE .....	2
CONTROLLI DI QUALITÀ DELLE APPARECCHIATURE .....	3
ACQUISIZIONE.....	3
ELABORAZIONE .....	3
INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI .....	3
ANALISI DELLE IMMAGINI .....	4
REPORT FINALE .....	4
SORGENTI DI ERRORE.....	5

## IMAGING ONCOLOGICO CON <sup>18</sup>F-FDG PET/TC

<b>Indicazioni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caratterizzazione metabolica di nodulo polmonare (diametro assiale massimo &gt; 6 mm)</li> <li>• Completamento di stadiazione in pazienti con tumore primitivo istologicamente determinato avido di <sup>18</sup>F-FDG</li> <li>• Ristadiazione per sospetto di ripresa di malattia nei tumori avidi di <sup>18</sup>F-FDG sulla base di: sospetto clinico, aumento dei marcatori o imaging strumentale dubbio</li> <li>• Diagnosi differenziale tra residuo o recidiva locale di malattia e fibrosi/necrosi post-trattamento</li> <li>• Valutazione della risposta al trattamento</li> <li>• Ricerca di tumore occulto in pazienti con metastasi da lesione primitiva a sede indeterminata o sindrome paraneoplastica con imaging strumentale negativo o dubbio</li> <li>• Guida alla biopsia</li> <li>• Guida per la definizione del piano di trattamento radioterapico.</li> </ul>
<b>Controindicazioni</b>	<p><b><u>Assolute</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravidanza</li> <li>• In caso di PET/TC con mezzo di contrasto, reazioni allergiche al mezzo di contrasto iodato o creatininemia &gt; 2 mg/dl</li> </ul> <p><b><u>Relative</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacità del paziente a collaborare</li> <li>• Glicemia &gt; 200 mg/dl</li> <li>• Non osservanza del digiuno</li> <li>• Flogosi acuta (a seconda del quesito clinico)</li> </ul>
<b>Procedure pre-esame</b>	<p><b><u>Valutazione della richiesta</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica dell'appropriatezza del quesito clinico (vedi Indicazioni cliniche) attraverso le informazioni clinico-anamnestiche e strumentali e in particolare il tipo istologico e la sede del tumore.</li> <li>• Raccolta delle informazioni:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- anagrafiche, peso e altezza, data dell'ultimo ciclo mestruale, diabete e tipo di terapia</li> <li>- tipo e data degli interventi chirurgici recenti effettuati</li> <li>- tipo e data delle procedure diagnostiche invasive effettuate</li> <li>- tipo e data del trattamento: radioterapia, chemioterapia (la PET/TC dovrebbe essere eseguita dopo circa 8-12 settimane dalla fine della radioterapia e dopo almeno 1 mese dalla fine dell'ultimo ciclo di chemioterapia)</li> <li>- terapia con farmaci stimolanti il midollo osseo e steroidi - storia oncologica precedente ed eventuale co-morbilità</li> <li>- presenza di patologia flogistica</li> <li>- presenza di patologia benigna con alto indice di proliferazione tissutale</li> <li>- verifica della claustrofobia e di eventuale necessità di sedazione</li> <li>- verifica di eventuale necessità di estendere lo studio a tutto il corpo</li> <li>- allergia al mezzo di contrasto iodato (solo per PET/TC con mezzo di contrasto)</li> <li>- funzionalità renale (solo per PET/TC con mezzo di contrasto)</li> </ul> </li> <li>• Consegna delle informazioni inerenti:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- data di esecuzione e durata dell'esame</li> <li>- istruzioni da seguire: digiuno da almeno 6 ore, divieto di assunzione di bevande zuccherate per almeno 6 ore, sospensione di alimentazione parenterale e di sostanze contenenti destrosio per almeno 4 ore</li> <li>- in caso di diabete tipo II trattato con terapia orale: abbondante idratazione; in caso di diabete tipo I trattato con insulina: colazione, insulina, digiuno, idratazione</li> <li>- in caso di TC con mezzo di contrasto è necessario effettuare dosaggio della</li> </ul> </li> </ul>

	<p>creatininemia e ECG recente.</p> <p><b>Accettazione e anamnesi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verifica delle informazioni raccolte in fase di prenotazione e aggiunta di eventuali modifiche</li> <li>• verifica dell'assenza di controindicazioni assolute e relative</li> <li>• verifica di peso e altezza - verifica della necessità di estendere l'esame a tutto il corpo</li> <li>• verifica della sospensione della nutrizione parenterale e/o di sostanze contenenti destrosio</li> <li>• verifica della necessità di diuretico e/o di catetere vescicale (per patologie pelviche)</li> <li>• firma del consenso informato per la PET/TC e per l'eventuale TC con mezzo di contrasto</li> </ul> <p><b>Fase di pre-iniezione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• il paziente dovrebbe essere posto in condizioni di massimo rilassamento prima e durante l'iniezione per minimizzare la captazione muscolare del tracciante - rimozione di oggetti metallici - misurazione della glicemia: <ul style="list-style-type: none"> <li>- glicemia &lt; 150 mg/dl: si può procedere con la somministrazione del radiofarmaco;</li> <li>- glicemia tra 150-200 mg/dl: si deve procedere ad adeguata idratazione (almeno un litro di acqua) e nuova misurazione dopo 40-60 minuti. È ragionevole procedere con la somministrazione del radiofarmaco se la nuova misurazione fornisce una riduzione del valore di glicemia di almeno il 20% rispetto al valore basale; in caso contrario si consiglia di rinviare l'esame;</li> <li>- glicemia &gt; 200 mg/ml: l'indagine non dovrebbe essere eseguita ma, prima di rinviare l'esame, verificare la possibilità di somministrare l'insulina per ridurre la glicemia a valori il più possibile vicino a 150 mg/dl (in questo caso di devono attendere circa 3 ore dalla somministrazione di insulina prima della iniezione del radiofarmaco)</li> </ul> </li> <li>• posizionamento di catetere vescicale, se clinicamente indicato;</li> <li>• posizionamento di agocannula (nel braccio controlaterale alla patologia) per assicurare il corretto accesso venoso ed una buona idratazione (almeno 500 ml, se non clinicamente controindicata, come per es. in pazienti con severa compromissione della funzione renale o cardiaca) prima della somministrazione endovenosa del radiofarmaco</li> <li>• in caso di PET/TC con mezzo di contrasto si consiglia posizionamento di un'altra agocannula (generalmente 20G) per l'iniezione del mezzo di contrasto - somministrazione di mezzi di contrasto orale (es. acqua o bario diluito) se necessario, per migliorare la visualizzazione del tratto gastrointestinale - somministrazione di sedativi in caso di pazienti ansiosi o claustrofobici - sedazione nei bambini (in base all'età) solo se strettamente necessario.</li> </ul>
<p><b>Somministrazione del radiofarmaco e dosi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiofarmaco: [18F]-fluorodesossiglucosio (FDG)</li> <li>• Radionuclide: Fluoro-18</li> <li>• Sintesi e controllo di qualità: conformi alla Farmacopea Europea</li> <li>• Attività somministrata: 5MBq/kg in caso di scansioni 2D; 2,5-4 MBq/kg in caso di scansioni 3D.</li> <li>• Per i pazienti pediatrici e con età &lt; 18 anni l'attività somministrata va ridotta in accordo con le raccomandazioni EANM (Eur J Nucl Med Mol Imaging 2008;35:1666-8)</li> <li>• Somministrazione del radiofarmaco all'ora di taratura</li> <li>• Somministrazione di un diuretico se necessario</li> <li>• Rimozione dell'agocannula (lasciare solo l'agocannula in caso di TC con mezzo di contrasto)</li> <li>• Attesa del paziente in ambiente tranquillo per 50-55 minuti</li> </ul>
<p><b>Dosimetria e radioprotezione</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osservanza delle norme e raccomandazioni radio protezionistiche La dose assorbita per il 18F-FDG è di 3-4 mSv per un'attività somministrata di 185 MBq; la dose assorbita relativa all'acquisizione TC varia da 1 a 20 mSv in base al protocollo TC utilizzato (es.</li> </ul>

	TC senza o con mezzo di contrasto, TC ad alta risoluzione)
<b>Controlli di qualità delle apparecchiature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I controlli di qualità delle apparecchiature non sono oggetto di questo documento. Si consiglia di far riferimento ai documenti EANM, SNM, IAEA e a quanto consigliato dalle ditte costruttrici. Ricordiamo solo la sincronizzazione tra l'ora di taratura del <math>^{18}\text{F}</math>-FDG, l'ora di somministrazione e l'ora di acquisizione dell'esame.</li> </ul>
<b>Acquisizione</b>	<p><b><u>Fase di pre-acquisizione</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'intervallo di tempo raccomandato dalla somministrazione di <math>^{18}\text{F}</math>-FDG all'acquisizione è di <math>60\pm 10</math> minuti. Assicurarsi che il paziente svuoti la vescica prima dell'acquisizione dell'esame Informare il paziente della durata dell'acquisizione e della necessità di rimanere fermo e respirare normalmente evitando profonde inspirazioni o espirazioni Posizionare il paziente sul lettino con gli arti superiori sopra la testa per evitare artefatti da troncamento. In caso di patologia del distretto testa-collo gli arti superiori andrebbero posizionati lungo il corpo. Per un'indicazione oncologica generalmente è sufficiente l'acquisizione dalla base del cranio al terzo medio della coscia; l'estensione al capo e agli arti è utile in caso o di alcuni tumori (es. melanoma o mieloma) o di lesioni sospette in tali sedi</li> <li>• I tempi di acquisizione per lettino dipendono dall'attività somministrata e dal tipo di apparecchiatura utilizzata (es. tipo di cristallo, 2D vs 3D, ecc.) Per i pazienti obesi e per i pazienti pediatrici è consigliato aumentare i tempi di acquisizione per lettino.</li> <li>• Nei controlli nel tempo, il paziente deve essere acquisito sulla stessa apparecchiatura e con lo stesso protocollo di acquisizione ed elaborazione dell'esame basale Se la PET/TC è utilizzata per il calcolo dei volumi da irradiare, il paziente deve essere posizionato utilizzando gli stessi accorgimenti previsti in radioterapia.</li> </ul> <p><b><u>Fasi di acquisizione</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TC scout per definire il campo di acquisizione TC "low dose" per la correzione dell'attenuazione e la localizzazione anatomica PET, iniziando dal terzo medio della coscia. In caso di acquisizione dinamica posizionare il paziente con la regione di interesse all'interno del campo di vista del tomografo. Nel caso delle neoplasie del distretto testa-collo, dove eventuali disallineamenti tra PET e TC sono particolarmente critici, è consigliabile immobilizzare il capo oppure effettuare una acquisizione che parta da tale distretto per ridurre al minimo il tempo intercorso tra la scansione TC e la scansione PET di tale zona. Eventuale successiva acquisizione TC con mezzo di contrasto (informare il paziente sulla modalità di respiro). Continua supervisione del paziente durante la fase di acquisizione dell'esame. Verificare al termine delle acquisizioni la qualità delle immagini (artefatti, eccessiva radioattività in vescica). Acquisizioni tardive per specifici quesiti.</li> </ul>
<b>Elaborazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'elaborazione e la ricostruzione delle immagini dipendono dalla modalità di acquisizione (2D, 3D) e dal tipo di tomografo utilizzato (tipo di cristallo, time-of-flight, ecc): per tale motivo non è possibile dare informazioni univoche. In generale: i dati PET devono essere corretti per il tempo morto, per le coincidenze random, di scatter e per l'attenuazione; gli algoritmi di ricostruzione più utilizzati sono quelli iterativi</li> <li>• È buona pratica clinica effettuare le ricostruzioni PET con e senza correzione per l'attenuazione (per evitare potenziali artefatti di ricostruzione causati dalla correzione per l'attenuazione su base TC) Per l'interpretazione delle immagini PET i dati ricostruiti devono essere visualizzati in proiezione transassiale, coronale, sagittale e MIP (maximum intensity projections)</li> <li>• È buona norma standardizzare quanto più possibile le procedure di ricostruzione ed elaborazione delle immagini per confrontare esami eseguiti in centri diversi.</li> <li>• I dati TC sono solitamente ricostruiti utilizzando la retroproiezione filtrata o algoritmi molto simili; tuttavia i protocolli di ricostruzione sono diversi per la PET/TC "low-dose" rispetto alla PET/TC con mezzo di contrasto.</li> </ul>
<b>Interpretazione delle immagini</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per la corretta interpretazione delle immagini e per il confronto con eventuali PET/TC precedenti è importante: <ul style="list-style-type: none"> <li>- stabilire il corretto contrasto della scala di colore e/o dei grigi;</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- conoscere la risoluzione spaziale del tomografo PET;</li> <li>- verificare i dati relativi alla somministrazione e i parametri di acquisizione (attività somministrata, tempo intercorso tra somministrazione e acquisizione, glicemia, ecc.) e per tale motivo è importante la tracciabilità di tutte le fasi.</li> <li>• Sull'immagine MIP è consigliabile settare la scala di colore e/o dei grigi fino a quando il primo voxel nel fegato raggiunge il massimo dei conteggi (upper level) senza sottrarre il fondo (lower level = 0).</li> <li>• Per interpretare le immagini bisogna considerare: <ul style="list-style-type: none"> <li>- la fisiologica distribuzione di 18F-FDG ad elevata intensità di captazione: cervello e vie urinarie (reni, ureteri e vescica). Eventuali lesioni in tali sedi non sono valutabili;</li> <li>- le possibili sedi di fisiologica e "para-fisiologica" captazione di 18F-FDG di entità variabile: cuore, mammella, fegato, milza, tratto gastrointestinale, muscoli, tessuto linfatico, corde vocali, midollo osseo, ghiandole salivari, timo, utero, ovaio, testicoli e tessuto adiposo;</li> <li>- l'accumulo di 18F-FDG in corrispondenza di processi flogistici;</li> <li>- l'accumulo di 18F-FDG in corrispondenza di lesioni neoplastiche;</li> <li>- la differente avidità di alcuni istotipi tumorali per 18F-FDG;</li> <li>- il protocollo di acquisizione utilizzato (per es. acquisizione tardiva);</li> <li>- la localizzazione anatomica dell'accumulo;</li> <li>- conoscenza delle cause che possono determinare risultati falsi positivi e falsi negativi la storia clinica.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Analisi delle immagini</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La valutazione dell'esame PET può essere effettuata mediante: analisi qualitativa: le immagini sono analizzate visivamente valutando la differenza di captazione di 18F-FDG tra un'area patologica e un'area presa come riferimento (es. attività del mediastino, attività epatica, strutture anatomiche circostanti la lesione).</li> <li>• L'entità della captazione può essere classificata come: lieve, moderata o intensa rispetto all'area di riferimento; analisi semi-quantitativa: l'indice semi-quantitativo più utilizzato è il SUV (Standardised Uptake Value), calcolato come il rapporto tra l'accumulo di 18F-FDG (MBq/ml) in un'area di interesse (disegnata sulle immagini corrette per l'attenuazione) e l'attività somministrata per il peso (kg) o per la superficie corporea (cm<sup>2</sup>). Il SUV massimo e il SUV medio (valore di SUV diviso il numero dei pixel della ROI) sono i più utilizzati. Ci sono differenti modi per disegnare le regioni di interesse, ma non è oggetto di questo documento. Il valore del SUV (massimo o medio) è attendibile solo se vengono rispettate rigorosamente tutte le procedure di preparazione del paziente, somministrazione del tracciante, acquisizione ed elaborazione delle immagini. Per confrontare le variazioni del SUV (assolute o in percentuale) di diversi esami nello stesso paziente bisogna utilizzare sempre lo stesso SUV: massimo o medio. Le variazioni del SUV sono attendibili solo se le procedure relative alla preparazione del paziente, alla somministrazione del tracciante, all'acquisizione ed elaborazione dell'esame, sono sovrapponibili; analisi quantitativa: permette di ottenere valori assoluti di consumo metabolico di glucosio (mg/min/100gr); rappresenta tuttavia l'analisi più complessa e meno frequentemente utilizzata nella routine clinica.</li> </ul>
<p><b>Report Finale</b></p>	<p>Ogni referto PET/TC dovrebbe essere strutturato come segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati anagrafici del paziente: cognome, nome, data di nascita, codice identificativo; data di esecuzione dell'esame e tipo di esame (es. PET/TC o PET/TC con mezzo di contrasto);</li> <li>• Metodologia (es. acquisizione total-body con gli arti sopra la testa, dinamica, eventuali acquisizioni tardive) ed eventuali farmaci o dispositivi utilizzati (es. diuretici, sedativi, catetere, ecc);</li> <li>• Parametri tecnici: attività somministrata e ora di somministrazione, glicemia, peso, altezza, orario di acquisizione;</li> <li>• Quesito diagnostico: comprende una breve storia clinica del paziente, la terapia in corso, il motivo clinico dell'esame;</li> <li>• Quadro scintigrafico: comprende la descrizione dettagliata delle aree di aumentato metabolismo glucidico e la loro corretta localizzazione anatomica. È importante riportare le informazioni necessarie per poter fare un confronto con eventuali indagini successive</li> </ul>

	<p>(per es. SUV medio o massimo), specificare se i reperti descritti erano già evidenti e, eventualmente, modificati per dimensioni o morfologia ed entità dell'attività metabolica rispetto agli esami precedenti (se eseguiti nello stesso centro o in altri centri), descrivere eventuali reperti collaterali (tipo grasso bruno, attività muscolare, captazione intestinale ecc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusioni: risposta chiara al quesito clinico, indicando se è presente o meno patologia neoplastica. In casi dubbi o non diagnostici è opportuno indicare le motivazioni che hanno limitato l'accuratezza diagnostica ed eventualmente suggerire quale tipo di procedura diagnostica possa dirimere il dubbio.</li> </ul>
<p><b>Sorgenti di errore</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Falsi positivi</b> più frequentemente riscontrati nella pratica clinica: <ul style="list-style-type: none"> <li>- fisiologica captazione del tracciante metabolico</li> <li>- processi flogistici</li> <li>- neoplasie benigne</li> <li>- iperplasie o displasie</li> </ul> </li> <li>• <b>Falsi negativi</b> più frequentemente riscontrati nella pratica clinica: <ul style="list-style-type: none"> <li>- lesioni con dimensioni più piccole di due volte la risoluzione spaziale del sistema</li> <li>- tumori a bassa avidità di 18F-FDG, a lenta crescita, a basso grado di malignità o molto ben differenziati, con componente mucinosa</li> <li>- tumori localizzati in sede di fisiologica captazione del tracciante metabolico</li> <li>- alcune metastasi scheletriche specialmente le osteoblastiche o alcuni osteosarcomi</li> <li>- terapie farmacologiche recenti che possono interferire con l'accumulo di 18F-FDG</li> <li>- chemioterapia e radioterapia recente presenza di aree necrotiche o colliquate</li> <li>- iperglicemia e iperinsulinemia.</li> </ul> </li> <li>• <b>Artefatti</b> più frequentemente riscontrati nella pratica clinica: <ul style="list-style-type: none"> <li>- da attenuazione</li> <li>- non allineamento della TC con la PET</li> <li>- da troncamento</li> <li>- da materiali densi</li> <li>- da movimento</li> <li>- correlati alla strumentazione</li> <li>- correlati alle procedure di elaborazione</li> </ul> </li> </ul>