



Associazione Italiana di Medicina Nucleare Imaging Molecolare e Terapia

RACCOMANDAZIONI PROCEDURALI

per l'imaging oncologico con [18F] FDG PET/TC

Prima Versione 01/2017
Aggiornamento 5/2025

Estensori	Domenico Albano	Università degli Studi di Brescia, ASST Spedali Civili di Brescia
	Riccardo Camedda	Ars Medica Casa di Cura Roma
	Sara Pacella	Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milano
	Stefano Panareo	AOU Modena
	Ilaria Ravelli	AOUI Verona
Revisori	Demetro Aricò	Humanitas Istituto Clinico Catanese
	Andrea Bianchi	ASO S.Croce e Carle Cuneo
	Monica Celli	IRCCS Istituto Romagnolo per lo Studio dei Tumori (IRST) "Dino Amadori", Meldola
	Cristina Ferrari	Azienda Ospedaliero-Universitaria Policlinico di Bari
	Cristina Nanni	IRCCS Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna
	Giovanna Pepe	Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo Pavia
	Alessio Rizzo	FPO-IRCCS Candiolo

INDICE:

INDICAZIONI
CONTROINDICAZIONI
PROCEDURE PRE-
ESAME
SOMMINISTRAZIONE DEL RADIOFARMACO E
ATTIVITA' DOSIMETRIA E RADIOPROTEZIONE
CONTROLLI DI QUALITÀ DELLE APPARECCHIATURE
ACQUISIZIONE
INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI
ANALISI DELLE IMMAGINI
REPORT FINALE
SORGENTI DI
ERRORE
FONTI
BIBLIOGRAFICHE

IMAGING ONCOLOGICO CON [18F]FDG PET/TC

Indicazioni (Qui a lato le principali indicazioni attualmente desumibili dalla letteratura scientifica e dalla pratica clinica. Dette indicazioni hanno livelli di appropriatezza differenti a seconda della specifica patologia neoplastica)	● Tipizzazione metabolica di lesione con caratteristiche cliniche e morfostrutturali di incerta valutazione tra formazione neoplastica e non neoplastica; ● Completamento di stadiazione in pazienti con tumore primitivo istologicamente determinato avido di [18F]FDG; ● Ristadiazione per sospetto di ripresa di malattia nei tumori avidi di [18F]FDG sulla base di: sospetto clinico, aumento dei marcatori e/o imaging strumentale dubbio ● Diagnosi differenziale tra residuo o recidiva locale di malattia e fibrosi/necrosi post-trattamento; ● Monitoraggio e valutazione della risposta al trattamento; ● Ricerca di tumore occulto in pazienti con metastasi da lesione primitiva a sede indeterminata o sindrome paraneoplastica con imaging strumentale negativo o dubbio; ● Supporto alla scelta del target metabolico da biopsiare ● Guida per la definizione dei volumi di trattamento radioterapico e elaborazione del piano di cura
Controindicazioni	Absolute ● Gravidanza; ● In caso di PET/TC con mezzo di contrasto, reazioni allergiche al mezzo di contrasto iodato o creatininemia > 2 mg/dL. Relative ● Incapacità del paziente a collaborare (in particolare verificare claustrofobia ed incapacità del paziente a mantenere la posizione immobile); ● Glicemia > 200 mg/dL; ● Non osservanza del digiuno nelle 6 ore antecedenti alla somministrazione del radiofarmaco (ad eccezione di pazienti diabetici di cui si rimanda a capitolo specifico).
Procedure pre-esame	Informazioni da fornire al Paziente all'atto della prenotazione dell'esame: ● data di esecuzione e durata dell'esame; ● obbligo di digiuno da almeno 6 ore (si può bere sola acqua); ● sospensione di eventuale alimentazione parenterale e di sostanze contenenti destrosio per almeno 4 ore; ● in caso di diabete trattato con terapia orale: abbondante idratazione; ● in caso di diabete trattato con insulina rapida: [18F]FDG andrebbe iniettato almeno 4 ore dopo l'iniezione di insulina rapida short-acting sottocute o 6 ore dopo l'iniezione di una formulazione rapida regolare.

	Possibile preparazione suggerita: colazione leggera la mattina presto, somministrazione di insulina rapida, digiuno per 4-6 ore, idratazione; ● in caso di diabete trattato con insulina a lunga emivita: sospendere l'insulina a lunga emivita almeno 24 ore prima dell'esame. Valutare eventuale sostituzione dell'insulina a lunga emivita con insulina a emivita intermedia; quest'ultima potrebbe essere assunta la sera prima dell'esame; ● In caso di pazienti con infusione continua di insulina (i.v.), se possibile posticipare la PET fino a quando non sia più necessaria tale terapia infusoriale. Altrimenti l'infusione di insulina i.v. va interrotta almeno 90-120 minuti prima dell'indagine, una volta raggiunto l'obiettivo glicemico appropriato. Nei pazienti con infusione insulinica con microinfusore, il radiofarmaco può essere somministrato mantenendo l'infusione basale di insulina in corso oppure si può spegnere l'infusore per non più di un'ora per evitare il rischio di chetoacidosi. È consigliabile comunque la consulenza con il team diabetologico locale; ● in caso di TC con mezzo di contrasto è necessario effettuare dosaggio della creatininemia. ● in caso di Pazienti in trattamento con metadone, onde evitare interferenza metabolica, l'indagine PET va programmata in modo da terminare prima della somministrazione del farmaco oppure almeno 6 ore dopo la somministrazione dello stesso Verifica dell'appropriatezza del quesito clinico e raccolta delle seguenti informazioni clinico-anamnestiche utili per la interpretazione dell'indagine PET/TC: ● Tipo istologico e sede del tumore (in Pazienti con diagnosi oncologica già accertata); ● peso e altezza; ● data dell'ultimo ciclo mestruale; ● tipo e data degli interventi chirurgici recenti effettuati; ● tipo e data delle procedure diagnostiche invasive effettuate; ● tipo e data del trattamento eseguito: radioterapia, chemioterapia, altre terapie (immunoterapie, car-T, checkpoint inibitori,...); Il timing di esecuzione della PET dipende dal quesito clinico e, se possibile, dovrebbe essere almeno 8-12 settimane dopo radioterapia e 2-3 settimane dopo chemioterapia. Utile confronto con lo specialista in caso di dubbi. ● terapia con farmaci stimolanti il midollo osseo e steroidi; ● eventuali comorbidità, con particolare riferimento a diabete, patologie flogistiche e patologie benigne con
--	---

	alto indice di proliferazione tissutale; • verifica di eventuale sindrome claustrofobica; • verifica di eventuale necessità di estendere lo studio a tutto il corpo (ad esempio mieloma multiplo, melanoma, ...); • allergia al mezzo di contrasto iodato (solo per PET/TC con mezzo di contrasto); • funzionalità renale (solo per PET/TC con mezzo di contrasto). Acquisizione del consenso informato per la PET/TC e per l'eventuale TC con mezzo di contrasto Fase di pre-iniezione • il paziente dovrebbe essere posto in condizioni di massimo rilassamento prima e durante l'iniezione per minimizzare la captazione muscolare del tracciante; • misurazione della glicemia; • glicemia < 150 mg/dl: si può procedere con la somministrazione del radiofarmaco; • glicemia tra 150-200 mg/dl: si deve procedere ad adeguata idratazione (almeno un litro di acqua) e nuova misurazione dopo 40-60 minuti; • glicemia > 200 mg/ml: l'indagine non dovrebbe essere eseguita ma, prima di rinviare l'esame, verificare la possibilità di somministrare l'insulina ad azione rapida per ridurre la glicemia a valori il più possibile vicino a 150 mg/dl (in questo caso di devono attendere circa 4 ore dalla somministrazione di insulina prima della iniezione del radiofarmaco); • eventuale inserimento di agocannula (nel braccio controlaterale alla patologia) per assicurare il corretto accesso venoso; • eventuale somministrazione di mezzi di contrasto orale (es. acqua o bario diluito) se necessario per migliorare la visualizzazione del tratto gastrointestinale; • eventuale somministrazione di sedativi in caso di pazienti ansiosi o claustrofobici; • eventuale sedazione nei bambini (in base all'età) solo se strettamente necessario; • Eventuale somministrazione di beta bloccanti o benzodiazepine per prevenire l'attivazione del grasso bruno.
Somministrazione del radiofarmaco e attività	• Radiofarmaco: [18F]fluorodesossiglucosio (FDG); • Sintesi e controllo di qualità: conformi alla Farmacopea Europea; • L'attività da somministrare deve essere adeguata alle

	caratteristiche tecniche del sistema PET/TC utilizzato, al tempo di acquisizione ed al peso del Paziente. Indicativamente i valori da utilizzare possono essere i seguenti: 2-4 MBq/kg in caso di scansioni 3D. Eventuale possibilità di attività anche più basse con tomografi di ultima generazione (digitali e/o LAFOV); ● Per i pazienti pediatrici e con età < 18 anni l'attività somministrata va ridotta in accordo con le raccomandazioni SNMMI/EANM; ● Somministrazione del radiofarmaco all'ora di taratura; ● Somministrazione di un diuretico se necessario; ● Rimozione del presidio utilizzato per l'iniezione se non prevista l'esecuzione di TC con mezzo di contrasto; ● Attesa del paziente in ambiente tranquillo per circa 60 minuti con idratazione per os (500 mL di acqua) e svuotamento vescicale prima dell'acquisizione delle immagini;
Dosimetria e radioprotezione	Osservanza delle norme e raccomandazioni radioprotezionistiche. La dose assorbita per il radiofarmaco [18F]FDG è di 1 mSv/37 MBq; la dose assorbita relativa all'acquisizione TC varia da 1 a 20 mSv in base al protocollo TC utilizzato (es. TC senza o con mezzo di contrasto, TC ad alta risoluzione).
Controlli di qualità delle apparecchiature	Far riferimento ai documenti EANM, SNMMI, IAEA e a quanto consigliato dalle ditte costruttrici. Ricordiamo solo la sincronizzazione tra l'ora di taratura del [18F]-FDG, l'ora di somministrazione e l'ora di acquisizione dell'esame.
Acquisizione	Fase di pre-acquisizione ● L'intervallo di tempo raccomandato dalla somministrazione di [18F]FDG all'acquisizione è di 60±10 minuti; ● Assicurarsi che il Paziente rimuova eventuali oggetti metallici; ● Assicurarsi che il Paziente svuoti la vescica prima dell'esame; ● Informare il paziente della durata dell'esame e della necessità di rimanere fermo e respirare normalmente evitando profonde inspirazioni o espirazioni; ● Se possibile, posizionare il Paziente sul lettino con gli arti superiori iperestesi sopra la testa; ● In caso di patologia del distretto testa-collo, gli arti superiori andrebbero posizionati lungo il corpo; ● Per un'indicazione oncologica standard 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 di alcuni tumori (es. melanoma o mieloma o linfomi cutanei) o di lesioni sospette in tali sedi; ● I tempi di acquisizione per lettino dipendono dall'attività somministrata e dal tipo di apparecchiatura

	utilizzata (es. tipo di cristallo, 2D vs 3D, scanner digitali, ecc.). Per i pazienti obesi e per i pazienti pediatrici è consigliato aumentare i tempi di acquisizione per lettino; ● Per eventuale confronto con PET/TC precedentemente eseguite, il paziente dovrebbe essere acquisito sulla stessa apparecchiatura e con lo stesso protocollo di acquisizione ed elaborazione dell'esame precedente; ● 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. Fase di acquisizione ● 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; ● Nel caso delle neoplasie del distretto testa-collo, dove eventuali disallineamenti tra PET e TC sono particolarmente critici, è consigliabile immobilizzare il capo oppure valutare l'opportunità di effettuare una acquisizione cranio- caudale per minimizzare il tempo intercorso tra la scansione TC e la scansione PET di tale zona. Alternativamente considerare la possibilità di effettuare una scansione specifica del distretto cervico-facciale; ● 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 (es. tardiva epatica, pelvi post-minzione).
Interpretazione delle immagini	Per la corretta interpretazione delle immagini e per il confronto con eventuali PET/TC precedenti è importante: ● stabilire il contrasto della scala di colore e/o dei grigi più adeguato per la visualizzazione della immagini; ● conoscere la risoluzione spaziale del tomografo PET; ● 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; ● conoscere la fisiologica e para-fisiologica distribuzione di [18F]FDG con particolare riferimento a: cervello ed apparato emuntore, cuore, mammella, fegato, milza, tratto gastrointestinale, muscoli, tessuto linfatico, corde vocali, midollo

	osseo, ghiandole salivari, timo, utero, ovaio, testicoli e tessuto adiposo; ● l'accumulo di [18F]FDG in corrispondenza di processi flogistici ed infettivi; ● l'accumulo di [18F]FDG in corrispondenza di lesioni neoplastiche; ● la differente avidità di alcuni istotipi tumorali per [18F]FDG; ● il protocollo di acquisizione utilizzato (per es. acquisizione tardiva); ● la localizzazione anatomica dell'accumulo. ● conoscenza delle cause che possono determinare risultati falsi positivi e falsi negativi.
Analisi delle immagini	La valutazione dell'esame PET può essere effettuata mediante: <u>Analisi qualitativa:</u> 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). L'entità della captazione può essere classificata come: lieve, moderata o intensa rispetto all'area di riferimento (evitare per quanto possibile altre definizioni es: "modesta", "debole", "modica"). <u>Analisi semi-quantitativa:</u> 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 (cm²). Il SUV massimo e il SUV medio (valore di SUV diviso il numero dei pixel della ROI) sono i più utilizzati. 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. Altri parametri semiquantitativi (come MTV, TLG) non sono al momento validati in pratica clinica ma solo a scopi di ricerca.

	<u>Analisi quantitativa:</u> 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.
Report Finale	Ogni referto PET/TC dovrebbe essere strutturato come segue: ● 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); ● 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); ● parametri tecnici: attività somministrata e ora di somministrazione, glicemia, peso, altezza, orario di acquisizione, classe di dose; ● Classe di dose dell'esame secondo Dlgs 101 ● quesito diagnostico: se possibile includere una breve storia clinica del paziente, la terapia in corso, il motivo clinico dell'esame; ● descrizione ed interpretazione dei rilievi riscontrati che devono essere localizzati anatomicamente sfruttando le immagini TC coregistrate; ● deve essere specificato se i rilievi riscontrati erano già evidenti in esami precedenti e se, rispetto a questi, sono apprezzabili significative variazioni della loro estensione, morfologia ed attività metabolica; ● in questo contesto, l'utilità della eventuale inclusione di informazioni semiquantitative (ad es. SUV) è a discrezione del Medico Nucleare Refertatore; ● Conclusioni: è auspicabile rispondere al quesito di invio utilizzando una terminologia pertinente e chiaramente comprensibile dal clinico, evitando perifrasi discorsive non interpretabili o fuorvianti. La formulazione delle conclusioni deve fornire indicazioni chiare, limitatamente ai limiti della metodica, in merito alla presenza/assenza di malattia neoplastica, della sua estensione, della tipologia di risposta ad un trattamento attivo rispetto ad uno studio PET basale. Utile, se possibile, suggerire eventuale procedura di approfondimento diagnostico in caso di impossibilità a fornire un giudizio interpretativo univoco, tenendo comunque presente la necessità di non porre vincoli diretti al clinico che fruisce del referto.
Sorgenti di errore	Falsi positivi più frequentemente riscontrati nella pratica clinica: ● fisiologica captazione del tracciante metabolico; ● processi flogistici o infettivi;

	● neoplasie benigne; ● iperplasie o displasie; ● recenti terapie chemioterapiche (meno di 2-3 settimane), radioterapiche (meno di 2-3 mesi) o terapie stimolanti il midollo osseo (ad esempio fattori di crescita). Falsi negativi più frequentemente riscontrati nella pratica clinica: ● lesioni con dimensioni al di sotto della risoluzione spaziale del sistema; ● tumori a bassa avidità di [18F]FDG, a lenta crescita, a basso grado di malignità o molto ben differenziati, con componente mucinosa; ● tumori localizzati in sede di fisiologica captazione/metabolismo/escrezione del tracciante metabolico; ● alcune metastasi scheletriche specialmente le osteoblastiche o alcuni osteosarcomi; ● terapie farmacologiche recenti che possono interferire con l'accumulo di [18F]FDG; chemioterapia e radioterapia recente; ● presenza di aree necrotiche o colliquate; ● iperglicemia e iperinsulinemia. Artefatti più frequentemente riscontrati nella pratica clinica: ● da attenuazione; ● non allineamento della TC con la PET; ● da troncamento; ● da materiali densi; ● da movimento; ● correlati alla strumentazione; ● correlati alle procedure di elaborazione.
Fonti bibliografiche	Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, et al; European Association of Nuclear Medicine (EANM). FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2015 Feb;42(2):328-54. doi: 10.1007/s00259-014-2961-x. Lopci E, Aide N, Dimitrakopoulou-Strauss A, et al. Perspectives on joint EANM/SNMMI/ANZSNM practice guidelines/procedure standards for [¹⁸F]FDG PET/CT imaging during immunomodulatory treatments in patients with solid tumors. Cancer Imaging. 2022 Dec 20;22(1):73. doi: 10.1186/s40644-022-00512-z. Vali R, Alessio A, Balza R, et al. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline on Pediatric ¹⁸F-FDG PET/CT for Oncology 1.0. J Nucl Med. 2021 Jan;62(1):99-110. doi: 10.2967/jnumed.120.254110.

	Evangelista L, Rubini G, Gallo M, Gori S. Gestione della glicemia nei pazienti oncologici da sottoporre a FDG PET/TC. Management of blood glucose levels in oncological patients scheduled for FDG PET/CT examination. Documento intersocietario AIMN AMD AIOM