

Traccianti PET utilizzati nella pratica clinica in Europa

Documento di riferimento pratico — Farmacocinetica • Indicazioni • Teranostica

Oggetto del documento. Questo documento presenta l'elenco dei traccianti PET (tomografia a emissione di positroni) utilizzati nella pratica clinica europea, sia che dispongano di un'autorizzazione centralizzata EMA, di un'autorizzazione nazionale (ANSM, AFMPS, AIFA, Swissmedic, HAS) o di una preparazione ospedaliera regolamentata (preparazione magistrale). Include inoltre gli agenti teranostici utilizzati nell'imaging di selezione dei pazienti e nella terapia con radioligandi.

Ambito di applicazione

Traccianti commercializzati o utilizzati nella pratica clinica europea, comprendenti: autorizzazione centralizzata EMA, autorizzazione nazionale, preparazione ospedaliera regolamentata. I traccianti utilizzati esclusivamente per la ricerca sono segnalati come tali.

Documenti di riferimento

Linee guida EANM/SNMMI (2018-2024) + SFMN (pratica francese) + EPAR EMA + Swissmedic + HAS + AFMPS (Belgio).

Struttura del documento

- Appendice — Sigle, acronimi e abbreviazioni.
- Tabella 1 — Elenco alfabetico dei traccianti con dosi, preparazione, tempo di attesa e indicazioni.
- Tabella 2 — Elenco per indicazione clinica / patologia principale.
- Tabella 3 — Coppie teranostiche (diagnostiche + terapeutiche).
- Note pratiche — Regole trasversali (digiuno, idratazione, tempi di attesa, teranostica).

Stato dei traccianti — legenda

Stato	Definizione
AIC EMA	Autorizzazione europea centralizzata (copre l'UE/SEE).
AIC nazionale	Autorizzazione nazionale in almeno uno Stato UE/SEE/CH (disponibilità variabile a seconda del paese).
Preparazione ospedaliera	Preparazione magistrale regolamentata / uso clinico consolidato senza AIC centralizzata EMA.
Ricerca	Studi clinici, accesso compassionevole, programmi accademici.

Limiti dell'AIC EMA centralizzata. Per i prodotti ad autorizzazione centralizzata, l'autorizzazione copre l'UE/SEE, ma la commercializzazione effettiva e la rimborsabilità restano nazionali. Diversi traccianti ampiamente utilizzati nella pratica europea (PSMA-1007, FET, FAPI, alcuni DOTATATE) dispongono solo di AIC nazionali o di preparazioni magistrali regolamentate. Il loro utilizzo è legale e standardizzato, ma varia tra gli Stati membri.

Appendice — Sigle, acronimi e abbreviazioni

Documento valido nell'intera UE / SEE / Svizzera — riferimenti europei e nazionali.

Sigla	Significato	Categoria
EMA	European Medicines Agency — Agenzia europea per i medicinali.	Autorità
EPAR	European Public Assessment Report — Relazione pubblica di valutazione EMA.	Documento EMA
SEE	Spazio Economico Europeo — UE + Islanda, Liechtenstein, Norvegia.	Contesto
AIC	Autorizzazione all'immissione in commercio.	Contesto
RCP	Riassunto delle caratteristiche del prodotto.	Documento
AFMPS	Agenzia federale dei medicinali e dei prodotti sanitari (Belgio).	Autorità (BE)

Sigla	Significato	Categoria
HAS	Alta Autorità per la salute (Francia).	Autorità (FR)
ANSM	Agenzia nazionale per la sicurezza dei medicinali (Francia).	Autorità (FR)
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (Germania).	Autorità (DE)
AIFA	Agenzia Italiana del Farmaco.	Autorità (IT)
AEMPS	Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (Spagna).	Autorità (ES)
Swissmedic	Autorità svizzera per l'autorizzazione e la vigilanza dei prodotti terapeutici.	Autorità (CH)
MHRA	Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (Regno Unito).	Autorità (UK)
INAMI	Istituto nazionale di assicurazione malattia-invalidità (Belgio).	Rimborso (BE)
EANM	European Association of Nuclear Medicine — società scientifica europea.	Società scientifica
SNMMI	Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (USA).	Società scientifica
SFMN	Società francese di medicina nucleare.	Società scientifica (FR)
AIMN	Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare.	Società scientifica (IT)
IAEA	Agenzia internazionale per l'energia atomica.	Organizzazione internazionale
PET	Tomografia a emissione di positroni.	Modalità
TEP	Tomographie par émission de positons — equivalente francese di PET.	Modalità
PET/TC	PET accoppiata a tomografia computerizzata (TC).	Modalità
SPECT	Single-Photon Emission Computed Tomography — tomografia a emissione di fotone singolo.	Modalità
MIBI	Metossi-isobutil-isonitrile (99mTc-MIBI).	Tracciante SPECT
RLT	Radioligand Therapy — radioterapia interna vettorizzata.	Terapia
PRRT	Peptide Receptor Radionuclide Therapy.	Terapia
PSMA	Antigene prostatico specifico di membrana — bersaglio teranostico della prostata.	Bersaglio
SSTR	Recettore della somatostatina — bersaglio teranostico dei NET.	Bersaglio
FAP	Fibroblast Activation Protein — bersaglio stromale emergente (FAPI).	Bersaglio (ricerca)
GRPR	Gastrin-Releasing Peptide Receptor.	Bersaglio (ricerca)
CXCR4	Recettore delle chemochine di tipo 4.	Bersaglio (ricerca)
NIS	Simporto sodio-iodio — bersaglio dello iodio radioattivo.	Bersaglio
mCRPC	Carcinoma prostatico metastatico resistente alla castrazione.	Patologia
NET	Neuroendocrine Tumour — tumore neuroendocrino.	Patologia
GEP-NET	Tumore neuroendocrino gastro-entero-pancreatico.	Patologia
HCC	Carcinoma epatocellulare.	Patologia
CUP	Cancer of Unknown Primary — metastasi di origine sconosciuta.	Patologia
FTD	Demenza frontotemporale.	Patologia
MCI	Mild Cognitive Impairment — declino cognitivo lieve.	Patologia
DLB	Demenza a corpi di Lewy.	Patologia
FUO	Fever of Unknown Origin — febbre di origine sconosciuta.	Patologia
LVAD	Dispositivo di assistenza ventricolare sinistra.	Dispositivo
MBq	Megabecquerel — unità di attività radioattiva (1 MBq = 10 ⁶ disintegrazioni/s).	Unità
T _{1/2}	Emivita fisica del radionuclide.	Farmacocinetica
SUV	Standardized Uptake Value — captazione standardizzata.	Quantificazione

Sigla	Significato	Categoria
VFG	Velocità di filtrazione glomerulare.	Biologia
EE	Emocromo completo.	Biologia
VISION	Studio cardine che ha condotto all'AIC EMA del 177Lu-PSMA-617 (Pluvicto®).	Studio clinico
NETTER-1	Studio cardine che ha condotto all'AIC EMA del 177Lu-DOTATATE (Lutathera®).	Studio clinico
PSMAfore	Studio che valuta il 177Lu-PSMA-617 in scenario pre-taxano; estensione EMA ritirata nel 2026.	Studio clinico

Tabella 1 — Elenco alfabetico dei traccianti

Dosi, tempi di attesa e preparazioni conformi alle linee guida EANM/SNMMI (2018-2024). L'emivita ($T_{1/2}$) è indicata nella prima colonna.

Tracciante / Stato	Dose adulto	Preparazione del paziente	Tempo di attesa	Indicazioni principali
[11C] Acetato $T_{1/2}$ 20 min <i>Preparazione ospedaliera</i>	5–10 MBq/kg (tip. 550–740 MBq)	Nessuna preparazione sistemica standardizzata; digiuno spesso richiesto localmente.	Acquisizione molto precoce (5–15 min dopo l'iniezione).	Carcinoma epatocellulare ben differenziato, prostata (uso storico), tumori a metabolismo lipidico. Richiesto ciclotrone in loco. <i>Nota: tracciante 11C — disponibilità limitata ai centri con ciclotrone in loco.</i>
[13N] Ammoniaca (13NH3) $T_{1/2}$ 10 min <i>Preparazione ospedaliera</i>	10–20 MBq/kg (tip. 740 MBq)	Digiuno 4–6 h. Sospensione di caffeina/teobromina 24 h. Stress farmacologico (regadenosone, adenosina, dipiridamolo).	Acquisizione dinamica immediata (riposo poi stress).	Perfusione miocardica sotto stress/riposo con quantificazione assoluta del flusso (mL/min/g) e riserva coronarica. Malattia microvascolare. <i>Nota: ciclotrone in loco richiesto.</i>
[11C] Colina $T_{1/2}$ 20 min <i>Preparazione ospedaliera</i>	5–8 MBq/kg (tip. 550 MBq)	Idratazione e svuotamento vescicale prima dell'acquisizione. Nessun digiuno rigoroso.	Pelvi precoce 5 min, total body 5–20 min, tardivo ~60 min in caso di dubbio.	Carcinoma prostatico (uso storico, sostituito dal PSMA), carcinoma epatocellulare, paratiroide (a seconda dell'esperienza). <i>Nota: ciclotrone in loco richiesto.</i>
[18F] Colina (fluorocolina) $T_{1/2}$ 110 min <i>AIC nazionale</i>	3–5 MBq/kg (tip. 250 MBq)	Idratazione orale, svuotamento vescicale. Digiuno non sempre richiesto. Nessuno sforzo fisico 24 h prima.	Pelvi 5–15 min, tardivo 60 min possibile.	Iperparatiroidismo primario/recidivante (1 ^a indicazione attuale), carcinoma epatocellulare ben differenziato, carcinoma prostatico (uso storico). <i>Nota: disponibilità variabile a seconda del paese (AIC nazionale).</i>
[15O] Acqua $T_{1/2}$ 2 min <i>Preparazione ospedaliera</i>	300–800 MBq	Ciclotrone in loco obbligatorio. Stress cardiaco farmacologico rigoroso. Preparazione caffeina standard.	Acquisizione dinamica immediata.	Riferimento per la quantificazione assoluta della perfusione (miocardio, cervello). Ricerca fisiologica. Pratica ultra-specializzata. <i>Nota: pratica ultra-specializzata ($T_{1/2}$ molto breve).</i>
[68Ga] Edotreotide (DOTATOC) — SomaKit TOC® $T_{1/2}$ 68 min <i>AIC EMA</i>	100–200 MBq	Nessun digiuno. Sospensione degli analoghi della somatostatina a lunga durata d'azione 3–4 settimane prima. Octreotide a breve durata sospeso 24 h prima. Idratazione/svuotamento vescicale.	40–90 min (ottimale 60 min).	NET ben differenziati G1–G2 (GEP, bronchiali, paragangliomi, meningiomi SSTR+). Selezione PRRT. Coppia teranostica con 177Lu-DOTATATE. <i>Nota: AIC EMA formale per SomaKit TOC / DOTATOC (GEP-NET ben differenziati). DOTATATE e DOTANOC: uso clinico consolidato ma stato nazionale/locale variabile — non assimilare a SomaKit TOC.</i>

Tracciante / Stato	Dose adulto	Preparazione del paziente	Tempo di attesa	Indicazioni principali
[18F] FDG (Fluorodesossiglucosio) T _{1/2} 110 min <i>AIC EMA</i>	2–4 MBq/kg (tip. 250–400 MBq)	Digiuno 4–6 h (oncologia standard). Per infiammazione cardiaca/endocardite/sarcoidosi: dieta povera di carboidrati/ricca di lipidi + digiuno prolungato. Per vitalità miocardica: carico glucidico/insulinico o clamp euglicemico iperinsulinemico secondo protocollo. Glicemia < 200 mg/dL (ideale < 140). Idratazione orale 1 L. Nessuno sforzo fisico 24 h. Riposo in stanza riscaldata 15 min.	60 min (oncologia). 90–120 min (vasculiti).	Standard oncologico (tumori solidi + linfomi): Hodgkin/non-Hodgkin, polmone, ORL, esofago, coloretale, melanoma, sarcomi, mammella triplo-negativa/HER2+ o di alto grado, pancreas, metastasi di origine sconosciuta. Mieloma multiplo/plasmocitoma. Carcinoma tiroideo differenziato dedifferenziato o iodio-negativo con tireoglobulina elevata. Tumori ginecologici (cervice, endometrio, ovaio). Carcinoma testicolare/seminoma con massa residua. Ricerca del primitivo. Neurologia (demenze, epilessia). Cardiologia (vitalità, sarcoidosi). Infezione/infiammazione (FUO, vasculiti, endocardite, sarcoidosi, infezione di protesi, dispositivi cardiaci infetti, malattie infiammatorie sistemiche IgG4, polimialgia reumatica/Horton). <i>Nota: ATTENZIONE: vitalità miocardica = preparazione glucidica per FAVORIRE la captazione di FDG; infiammazione cardiaca/sarcoidosi = dieta chetogenica per SOPPRIMERE la captazione miocardica fisiologica. Queste due preparazioni non sono intercambiabili.</i>
[18F] FET (fluoroetil-tirosina) T _{1/2} 110 min <i>AIC nazionale</i>	3 MBq/kg (tip. 200 MBq)	Nessun digiuno rigoroso universale. Idratazione orale.	Acquisizione dinamica 0–40/50 min o statica 20–40 min.	Gliomi: diagnosi differenziale, estensione non contrasto-impregnata, grading indiretto, biopsia/radioterapia, recidiva vs radionecrosi, follow-up sotto trattamento. Metastasi cerebrali (protocolli). <i>Nota: stato nazionale variabile a seconda del paese.</i>
[18F] Florbetaben — Neuraceq® T _{1/2} 110 min <i>AIC EMA</i>	300 MBq (±20%)	Nessun digiuno. Paziente a riposo prima dell'iniezione.	90 min ± 5.	Imaging delle placche β-amiloidi cerebrali. Diagnosi differenziale dei disturbi cognitivi / sospetto Alzheimer.
[18F] Florbetapir — Amyvid® T _{1/2} 110 min <i>AIC EMA</i>	370 MBq (±20%)	Nessun digiuno. Paziente a riposo.	30–50 min.	Imaging delle placche β-amiloidi. Primo radiofarmaco amiloide approvato EMA (2013). Supporto alla diagnosi differenziale delle demenze.
[18F] Flortaucipir — Tauvid® T _{1/2} 110 min <i>AIC EMA</i>	370 MBq	Nessun digiuno. Paziente a riposo.	80 min.	Imaging della proteina tau (filamenti elicoidali appaiati). Supporto alla valutazione della patologia tau di tipo Alzheimer. Differenziale Alzheimer vs altre demenze.
[18F] Fluciclovina — Axumin® T _{1/2} 110 min <i>AIC EMA</i>	370 MBq (±20%)	Evitare esercizio fisico 24 h. Digiuno breve secondo RCP. Nessuna iniezione nel braccio del lato operato.	3–5 min (immagine precoce ++).	Recidiva di carcinoma prostatico dopo trattamento curativo (PSA in aumento). Indicata in particolare se il PSMA non è disponibile o controindicato.

Tracciante / Stato	Dose adulto	Preparazione del paziente	Tempo di attesa	Indicazioni principali
[18F] Fluorodopa (FDOPA) $T_{1/2}$ 110 min <i>AIC EMA</i>	2–4 MBq/kg (tip. 200 MBq)	Digiuno 4–6 h (aminoacidi). Gestione di L-Dopa/carbidopa in base all'indicazione e al protocollo locale. Carbidopa non sistematica: utile in alcuni protocolli NET, da evitare/adattare in insulinoma/iperinsulinismo.	Sindromi parkinsoniane: ~90 min. Neuro-oncologia/gliomi: acquisizione precoce 10–30 min secondo protocollo. Oncologia NET: 60 min. Insulinoma: 90 min.	Neurologia del «movimento»: malattia di Parkinson, sindromi parkinsoniane. Neuro-oncologia: gliomi, metastasi cerebrali. Oncologia NET: insulinoma, feocromocitoma, paraganglioma, carcinoma midollare della tiroide. Iperinsulinismo congenito pediatrico. <i>Nota: tempi di attesa e preparazione differiscono tra indicazioni neurologiche, neuro-oncologiche e NET.</i>
[18F] Fluoroestradiolo (FES) — EstroTep® (Europa/Francia) — Cerianna® (denominazione USA) $T_{1/2}$ 110 min <i>AIC EMA</i>	222 MBq ($\pm 20\%$)	Nessun digiuno. Sospensione di tamoxifene/fulvestrant 8–12 settimane prima (competizione per il recettore degli estrogeni). Inibitori dell'aromatasi consentiti.	60–80 min.	Carcinoma mammario ER+ metastatico: cartografia dell'espressione dell'ER, eterogeneità lesionale, supporto decisionale se biopsia impossibile/difficile o non rappresentativa, selezione dell'ormonoterapia. Indicazione da limitare ai casi in cui il risultato influenza la strategia ormonale. Endometrio/ovaio = solo ricerca, non pratica clinica di routine. <i>Nota: in Europa/Francia, indicazione centrata sul carcinoma mammario metastatico ER+; non presentare endometrio/ovaio come routine.</i>
[18F] Flutemetamolo — Vizamy® $T_{1/2}$ 110 min <i>AIC EMA</i>	185 MBq ($\pm 20\%$)	Nessun digiuno. Paziente a riposo.	90 min \pm 20.	Imaging delle placche β -amiloidi. Valutazione dei disturbi cognitivi / sospetto Alzheimer. Lettura binaria (positivo / negativo).
[68Ga] Gallio cloruro — Generatore 68Ge/68Ga $T_{1/2}$ 68 min <i>AIC EMA</i>	Precursore — non somministrato direttamente	—	—	Precursore di radiomarcatura per kit autorizzati (edotreotide, gozetotide, ecc.). Diversi generatori con AIC EMA.
[68Ga] Gozetotide (PSMA-11) — Locametz® / Illuccix® $T_{1/2}$ 68 min <i>AIC EMA</i>	1,8–2,2 MBq/kg (tip. 111–185 MBq)	Nessun digiuno. Idratazione orale 500 mL pre-iniezione. Svuotamento vescicale subito prima dell'acquisizione. Furosemide secondo protocollo pelvico.	50–100 min (ottimale 60 min).	Carcinoma prostatico: stadiazione ad alto rischio, recidiva biochimica (PSA basso), selezione terapeutica per 177Lu-PSMA-617 (Pluvicto®). Coppia teranostica.
[11C] Metionina $T_{1/2}$ 20 min <i>Preparazione ospedaliera</i>	5–10 MBq/kg (tip. 550 MBq)	Digiuno 4–6 h a seconda del centro. Nessuna premedicazione.	Acquisizione 10–20 min dopo l'iniezione.	Gliomi adulti/pediatrici: estensione tumorale, biopsia mirata, pianificazione radioterapica, recidiva vs radionecrosi. Tumori cerebrali non gliali. <i>Nota: ciclotrone in loco richiesto.</i>
[18F] Piflufolastat — Pylclari® (Europa) — Pylarify® (denominazione USA) — = DCFPyL $T_{1/2}$ 110 min <i>AIC EMA</i>	333 MBq ($\pm 10\%$)	Nessun digiuno. Idratazione orale 500 mL pre-iniezione. Svuotamento vescicale prima dell'acquisizione.	60–120 min (ottimale 60 min).	Carcinoma prostatico: stadiazione iniziale ad alto rischio, recidiva biochimica. AIC EMA 2023 (Pylclari®, Curium).

Tracciante / Stato	Dose adulto	Preparazione del paziente	Tempo di attesa	Indicazioni principali
[18F] PSMA-1007 T _{1/2} 110 min <i>AIC nazionale</i>	3–4 MBq/kg (tip. 250 MBq)	Nessun digiuno. Idratazione orale. Svuotamento vescicale possibile (escrezione epatobiliare dominante — meno critica).	90–120 min (ottimale 90 min).	Carcinoma prostatico. Escrezione epatobiliare dominante (meno attività urinaria — utile per la pelvi). <i>Nota: pratica clinica con AIC nazionale; disponibilità variabile a seconda del paese; nessuna AIC EMA centralizzata.</i>
[82Rb] Rubidio cloruro — Generatore 82Sr/82Rb T _{1/2} 76 sec <i>AIC EMA</i>	10 MBq/kg stress + riposo	Digiuno 4–6 h. Sospensione di caffeina/teobromina 24 h. Stress farmacologico (regadenosone, adenosina, dipiridamolo).	Acquisizione immediata (90 sec post-iniezione).	Perfusione miocardica stress/riposo. Vantaggio: nessun ciclotrone richiesto (generatore). Valutazione della malattia coronarica — perfusione / ischemia / riserva coronarica. La vitalità miocardica si basa su FDG + imaging di perfusione. <i>Nota: non valuta la vitalità (ruolo del FDG).</i>
[18F] Fluoruro di sodio (Na18F) T _{1/2} 110 min <i>AIC nazionale</i>	1,5–3,7 MBq/kg (tip. 150–250 MBq)	Nessun digiuno. Idratazione orale 0,5–1 L. Svuotamento vescicale prima dell'acquisizione.	45–60 min.	Imaging osseo ad alta risoluzione: metastasi ossee osteoblastiche/miste (prostata, mammella, polmone), dolore osseo oncologico, osteomielite. Alternativa PET al 99mTc-HDP/MDP.

Tabella 2 — Elenco per indicazione clinica

Organizzazione per patologia / ambito clinico. Per ogni indicazione, i traccianti sono elencati in ordine di priorità (1^a linea per prima).

Indicazione clinica	Traccianti (in ordine di priorità)	Note pratiche
ONCOLOGIA		
Tumori FDG-avidi (maggioranza dei tumori solidi)	• [18F] FDG	Linfomi Hodgkin/non-Hodgkin, polmone, ORL, esofago, colorettales, melanoma, sarcomi, mammella triplo-negativa/HER2+ o alto grado, pancreas, metastasi di origine sconosciuta, mieloma multiplo, carcinoma tiroideo differenziato dedifferenziato/iodio-negativo, tumori ginecologici (cervice, endometrio, ovaio), carcinoma testicolare/ seminoma con massa residua, ricerca del primitivo. Limitato nei tumori mucinosi, di basso grado, HCC ben differenziato.
Carcinoma prostatico	• [68Ga] Gozetotide (PSMA-11) • [18F] Piflufolostat • [18F] PSMA-1007 • [18F] Fluciclovina • [18F] Colina (fluorocolina) • [11C] Colina • [18F] FDG	PSMA = 1 ^a linea (stadiazione ad alto rischio, recidiva). Colina mantenuta se PSMA non disponibile. Fluciclovina se PSMA controindicato. FDG se sospetta dedifferenziazione (discordanza PSMA-/FDG+).
Carcinoma epatocellulare (HCC)	• [18F] Colina (fluorocolina) • [11C] Acetato • [18F] FDG	Sensibilità dipendente dal grado di differenziazione. Doppio tracciante (FDG + colina) talvolta utile. Bilancio pre-trapianto o recidiva secondo protocollo locale.
Tumori neuroendocrini ben differenziati G1–G2	• [68Ga] Edotretotide (DOTATOC) • [18F] Fluorodopa (FDOPA) • [18F] FDG	SSTR-PET = gold standard. FDOPA in alternativa o complemento (insulinoma, iperinsulinismo pediatrico). Associazione SSTR + FDG se Ki-67 elevato o malattia eterogenea (NETPET score). Ricerca del primitivo di NET, NET bronchiali/timici e meningiomi SSTR+. Distinguere l'indicazione EMA di SomaKit TOC dagli usi clinici specializzati di DOTATATE/DOTANOC.
NET scarsamente differenziati G3	• [18F] FDG	Dedifferenziazione = perdita di SSTR + ↑ glicolisi. FDG indispensabile per la stratificazione.

Indicazione clinica	Traccianti (in ordine di priorità)	Note pratiche
Feocromocitoma / paraganglioma	<ul style="list-style-type: none"> • [68Ga] Edotreotide (DOTATOC) • [18F] Fluorodopa (FDOPA) • [18F] FDG 	Scelta in base a genotipo (SDHx, VHL, RET, NF1), localizzazione, malattia metastatica, progetto terapeutico. SSTR spesso molto performante in SDHx e malattia metastatica. 131I-MIBG (non-PET) come alternativa.
Carcinoma midollare della tiroide	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Fluorodopa (FDOPA) • [18F] FDG • [68Ga] Edotreotide (DOTATOC) 	Scelta in base a calcitonina, CEA, tempo di raddoppiamento e trattamento previsto.
Carcinoma tiroideo differenziato dedifferenziato / iodio-negativo	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Indicazione FDG in caso di iodocaptazione negativa con tireoglobulina elevata.
Carcinoma mammario ER+ (caratterizzazione metastatica)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Fluoroestradiolo (FES) • [18F] FDG 	FES = cartografia dell'espressione dell'ER, eterogeneità, supporto se biopsia impossibile. Indicazione centrata sulla malattia metastatica ER+ quando il risultato influenza la strategia ormonale. I trattamenti anti-ER riducono la captazione. Fegato talvolta difficile da interpretare.
Iperparatiroidismo primario / recidivante	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Colina (fluorocolina) • [11C] Colina 	Localizzazione di adenoma/ipertrofia prima dell'intervento chirurgico, in particolare se l'imaging ecografico/MIBI è negativo o in caso di reintervento. Superiore alla scintigrafia MIBI classica.
Gliomi / tumori cerebrali	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FET (fluoroetil-tirosina) • [11C] Metionina • [18F] Fluorodopa (FDOPA) • [18F] FDG 	FET e FDOPA = standard EANM per i gliomi (recidiva vs radionecrosi, pianificazione stereotassica, follow-up sotto trattamento). FDG limitato dalla captazione corticale.
Osso e metastasi ossee	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Fluoruro di sodio (Na18F) • [18F] FDG • [68Ga] Gozetotide (PSMA-11) • [18F] Colina (fluorocolina) 	NaF molto sensibile ma non specifico (frattura, artrosi, infiammazione). PSMA / colina se origine prostatica. Bilancio del dolore osseo oncologico.
Linfomi Hodgkin / non-Hodgkin	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	FDG = gold standard per bilancio iniziale, valutazione interim/fine, sospetta recidiva (Deauville).
Mieloma multiplo / plasmocitoma	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	FDG per bilancio d'estensione, lesioni focali, follow-up sotto trattamento.
Tumori ginecologici (cervice, endometrio, ovaio)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Bilancio d'estensione, recidiva, follow-up.
Carcinoma testicolare / seminoma	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Valutazione di massa residua post-chemioterapia secondo contesto.
Ricerca del primitivo (metastasi di origine sconosciuta)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	FDG = strategia di cartografia globale.
Carcinoma prostatico — traccianti storici	<ul style="list-style-type: none"> • [11C] Colina • [18F] Colina (fluorocolina) • [11C] Acetato 	Uso storico prima dell'era PSMA — mantenuto se PSMA non disponibile o per studi comparativi.
NEUROLOGIA		
Malattia di Alzheimer (diagnosi differenziale)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Florbetapir • [18F] Florbetaben • [18F] Flutemetamol • [18F] Flortaucipir • [18F] FDG 	Imaging amiloide: lettura binaria +/- . Esclude o conferma la patologia amiloide. Tau per stratificazione. FDG per differenziazione Alzheimer / FTD / DLB / vascolare. PET amiloide positiva ≠ diagnosi isolata. Conferma della patologia amiloide nei percorsi specialistici di eleggibilità ai trattamenti anti-amiloide (a seconda del paese, centri della memoria, disponibilità del liquor e rimborsabilità).
Malattia di Parkinson / sindromi parkinsoniane	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Fluorodopa (FDOPA) 	Studio della via dopaminergica nigro-striatale presinaptica. PET-FDOPA più sensibile della SPECT ma meno disponibile. Alternativa a 123I-FP-CIT SPECT (DaTSCAN®).

Indicazione clinica	Traccianti (in ordine di priorità)	Note pratiche
Demenza a corpi di Lewy	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Fluorodopa (FDOPA) • [18F] FDG 	Pattern dopaminergico + metabolico caratteristico.
Demenze (FTD, MCI, miste)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Pattern ipometabolico caratteristico: posteriore (Alzheimer), frontale (FTD), parietale (MA atipica). Correlare con clinica, neuropsicologia, RM.
Epilessia focale refrattaria (bilancio pre-chirurgico)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Identificazione del focolaio epilettogeno in periodo intercritico (ipometabolismo).
CARDIOLOGIA		
Malattia coronarica (ischemia, perfusione)	<ul style="list-style-type: none"> • [82Rb] Rubidio cloruro • [13N] Ammoniaca • [15O] Acqua 	La PET di perfusione sta progressivamente sostituendo la SPECT con MIBI. 82Rb = vantaggio del generatore. Quantificazione del flusso e della riserva coronarica. Malattia microvascolare. Pazienti obesi o SPECT equivoca.
Vitalità miocardica (territorio disfunzionale)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Preparazione destinata a FAVORIRE la captazione miocardica di FDG: carico glucidico/insulinico/clamp euglicemico iperinsulinemico secondo protocollo. Non confondere con la dieta chetogenica usata per SOPPRIMERE la captazione miocardica in caso di infiammazione. Identificazione del «mismatch» perfusione-metabolismo = vitalità (bersagli di rivascolarizzazione).
Sarcoidosi cardiaca	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Preparazione chetogenica rigorosa (soppressione della captazione miocardica fisiologica). Infiammazione parietale → captazione focale.
Endocardite su protesi / infezione di materiale intracardiaco	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Include infezione di dispositivi cardiaci impiantabili, materiale intracardiaco, LVAD e protesi valvolare. Preparazione metabolica rigorosa indispensabile.
INFIAMMAZIONE / INFEZIONE		
Febbre di origine sconosciuta (FUO)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Esame di seconda linea dopo bilancio negativo. Cartografia globale.
Vasculiti dei grandi vasi (Horton, Takayasu)	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Tempo di attesa esteso a 90–120 min (EANM 2018). Punteggio visivo su scoring aorto-vascolare.
Infezione di protesi (vascolare, ortopedica, valvolare) e dispositivi impiantabili	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	↑ sensibilità per infezioni croniche. Specificità ridotta se infiammazione post-operatoria recente (< 6 settimane). Include dispositivi cardiaci impiantabili / LVAD / materiale intracardiaco quando pertinente.
Spondilodiscite / osteomielite	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG • [18F] Fluoruro di sodio (Na18F) 	Sensibilità > 90%. Differenziazione da modifiche degenerative o tumorali.
Sarcoidosi sistemica	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] FDG 	Bilancio d'estensione multi-organo (cardiaca, linfonodale, mediastinica, parenchimale).
Iperinsulinismo congenito pediatrico	<ul style="list-style-type: none"> • [18F] Fluorodopa (FDOPA) 	Differenziazione forma focale vs diffusa (senza carbidopa).

Tabella 3 — Coppie teranostiche e agenti terapeutici

Coppie diagnostico + terapeutico in pratica clinica e in ricerca, con il loro livello europeo di standardizzazione. Classificazione per stato e poi per bersaglio biologico.

Iodio (NIS)**Standard clinico storico — AIC nazionale**

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
123I-NaI scintigrafia + 131I-NaI diagnostico	131I-NaI (ioduro di sodio-131)

INDICAZIONI: Ipertiroidismo benigno: morbo di Basedow-Graves, gozzo multinodulare tossico, adenoma tossico; carcinoma tiroideo differenziato, papillare o follicolare.

NOTE: Routine quotidiana in medicina nucleare.

MIBG / sistema noradrenergico**Standard clinico storico — AIC nazionale / disponibilità variabile**

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
123I-MIBG scintigrafia/SPECT	131I-MIBG — AIC nazionali variabili

INDICAZIONI: Feocromocitoma / paraganglioma MIBG+; neuroblastoma pediatrico MIBG+.

NOTE: Coppia SPECT-terapia, non PET. Selezione preventiva tramite imaging 123I-MIBG.

Osso osteoblastico (223Ra)**AIC EMA — Standard clinico**

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
Scintigrafia ossea 99mTc-HDP/MDP 18F-NaF PET (possibile)	223Ra-dicloruro (Xofigo®) — AIC EMA, emettitore alfa

INDICAZIONI: Carcinoma prostatico mCRPC con metastasi ossee sintomatiche, senza metastasi viscerali note, in progressione dopo almeno due linee sistemiche o se non eleggibile ad altra opzione sistemica.

NOTE: ALSYMPCA 2013. Terapia alfa che mira all'osso osteoblastico; guidata dall'imaging osseo, ma non è una coppia ligando-recettore PET in senso stretto.

PSMA**AIC EMA — Standard clinico**

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-PSMA-11 / gozetotide: Locametz® / Illuccix® — AIC EMA 18F-piflufolostat / Pylclari® — AIC EMA 18F-PSMA-1007: uso clinico con AIC nazionale o stato locale a seconda del paese	177Lu-vipivotide tetraxetan (Pluvicto®) — AIC EMA

INDICAZIONI: Diagnostico: carcinoma prostatico, stadiazione iniziale delle forme ad alto rischio, localizzazione di recidiva in caso di PSA ascendente dopo trattamento, e selezione dei pazienti per la radioligand-terapia PSMA. Terapia: carcinoma prostatico mCRPC PSMA+, dopo ormonoterapia mirata all'asse AR e chemioterapia a base di taxani, secondo AIC europea e accesso nazionale.

NOTE: Indicazione europea 2026: mCRPC PSMA+ dopo ormonoterapia di nuova generazione e taxano/i. VISION = studio cardine. La richiesta di estensione EMA pre-taxano, derivata da PSMAfore, è stata ritirata il 24/04/2026: non presentare come AIC europea convalidata in scenario pre-taxano.

Radioembolizzazione epatica (90Y / 166Ho)

Teranostica procedurale / loco-regionale — Standard clinico

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
99mTc-MAA SPECT/TC (simulazione) + PET 90Y post-terapia	Microsfere 90Y (SIR-Spheres®, TheraSphere®); Microsfere 166Ho (QuiremSpheres®)

INDICAZIONI: Carcinoma epatocellulare (HCC) e metastasi epatiche selezionate, in particolare di origine coloretale o neuroendocrina.

NOTE: Teranostica di procedura: simulazione 99mTc-MAA, valutazione dello shunt polmonare, dosimetria pre-terapeutica e controllo post-trattamento. Non è una coppia ligando-recettore molecolare comparabile a PSMA o SSTR.

SSTR (somatostatina)

AIC EMA per SomaKit TOC® + Lutathera®; DOTATATE/DOTANOC: stato nazionale/locale variabile

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-DOTATOC / edotreotide / SomaKit TOC® — AIC EMA 68Ga-DOTATATE e 68Ga-DOTANOC: uso clinico consolidato, stato nazionale/locale variabile a seconda del paese	177Lu-oxodotreotide (Lutathera®) — AIC EMA

INDICAZIONI: Diagnostico: tumori neuroendocrini gastro-entero-pancreatici ben differenziati, bilancio d'estensione, ri-stadiatura e selezione PRRT. Terapia: GEP-NET ben differenziati G1-G2, SSTR+, non resecabili o metastatici, in progressione, secondo AIC europea e accesso nazionale. Altri tumori SSTR+ secondo contesto specialistico.

NOTE: AIC EMA formale: SomaKit TOC® / edotreotide e Lutathera®. NETTER-2 è positivo, ma la richiesta di estensione EMA in 1ª linea è stata ritirata: non presentare Lutathera® come trattamento di 1ª linea convalidato in Europa.

PSMA — variante (I&T)

Accademico / accesso variabile

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-PSMA-11 o 18F-PSMA	177Lu-PSMA-I&T

INDICAZIONI: Stesso bersaglio PSMA e indicazione clinica vicina a Pluvicto®, ma molecola diversa, senza AIC EMA; utilizzo in centri esperti, preparazioni ospedaliere, accesso compassionevole o studi.

NOTE: Accesso variabile a seconda del paese; non presentare come equivalente regolatorio di Pluvicto®.

SSTR — varianti (90Y-DOTATOC)

Accademico / accesso variabile

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-DOTA-SSA PET	90Y-DOTATOC / 90Y-DOTATATE; 177Lu-DOTATOC (varianti)

INDICAZIONI: NET SSTR+ — protocolli locali / compassionevole / ricerca.

NOTE: Storico / accademico — accesso variabile a seconda del paese; meno standardizzato di Lutathera®.

Teranostica alfa (225Ac-PSMA)

Ricerca / accesso compassionevole molto limitato in centri esperti

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-PSMA-11; 18F-PSMA	225Ac-PSMA-617; 225Ac-DOTATATE (ricerca)

INDICAZIONI: Carcinoma prostatico / NET resistenti alla terapia β^- (177Lu) — spesso dopo fallimento di 177Lu.

NOTE: Limiti: disponibilità del 225Ac, tossicità salivare, tossicità ematologica e assenza di AIC EMA di routine.

CXCR4

Ricerca

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-Pentixafor (ricerca)	177Lu/90Y-Pentixather (ricerca)

INDICAZIONI: Linfomi, leucemie, mieloma multiplo, tumori solidi CXCR4+.

NOTE: Programmi accademici (Würzburg).

Rame-64/67 (SSTR)

Ricerca (Europa)

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
64Cu-DOTATATE (Detectnet®) — AIC FDA 2020, nessuna EMA	67Cu-DOTATATE / 67Cu-SARTATE (ricerca, studi di fase I)

INDICAZIONI: NET — alternativa alla coppia 68Ga/177Lu.

NOTE: Ricerca in Europa; 64Cu-DOTATATE è approvato negli Stati Uniti per la diagnostica, ma non dispone di AIC EMA. Interesse logistico legato all'emivita più lunga del 64Cu.

FAP / FAP (stroma tumorale)

Ricerca / studi clinici

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-FAP; 18F-FAP (ricerca)	177Lu-FAP / 90Y-FAP / 225Ac-FAP (ricerca)

INDICAZIONI: Tumori solidi ricchi di FAP (pancreas, colangiocarcinoma, sarcomi, mammella desmoplastica, gastrici diffusi).

NOTE: Nessuna AIC EMA di routine al 12/05/2026; da limitare agli studi clinici o all'accesso esperto. Non integrare nella pratica clinica di routine europea.

GRPR (bombesina)

Ricerca

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
68Ga-RM2 / 68Ga-NeoBOMB1 (ricerca)	177Lu-RM2 (ricerca, studi di fase I-II)

INDICAZIONI: Carcinoma mammario (recettori GRPR); carcinoma prostatico ormono-naïve.

NOTE: Studi di fase I-II in corso.

Terbio-161 (PSMA, SSTR)

Ricerca

DIAGNOSTICO	TERAPEUTICO
Stessi vettori diagnostici di PSMA / SSTR (68Ga, 18F)	161Tb-PSMA / 161Tb-DOTATOC (ricerca)

INDICAZIONI: Indicazioni esplorate in ricerca sugli stessi bersagli delle terapie con 177Lu: prostata mCRPC PSMA+ e NET SSTR+.

NOTE: 161Tb = β^- + elettroni Auger (doppia azione).

Note pratiche trasversali**Preparazione del paziente — regole generali**

- **Idratazione** — orale 0,5–1 L pre-iniezione sistematica. Svuotamento vescicale prima dell'acquisizione per i traccianti a eliminazione urinaria.
- **Glicemia** — FDG: misurazione sistematica (target ideale < 140 mg/dL, accettabile < 200 mg/dL). Nessuna misurazione per gli altri traccianti.

- **Comfort termico** — riposo in stanza riscaldata a 22–24 °C, da 15 min prima a 30 min dopo l'iniezione (riduce l'attivazione del grasso bruno).
- **Accesso venoso** — braccio controlaterale in caso di carcinoma mammario operato (svuotamento ascellare). Accesso venoso di buon calibro.

Tempi di acquisizione standard

- **FDG** — 60 min (oncologia); 90–120 min (vasculiti, infiammazione cronica).
- **PSMA-11, DOTATOC/DOTATATE (68Ga)** — 60 min (ottimale).
- **PSMA-1007, Piflufolostat (18F)** — 90–120 min (ideale 90 min).
- **Fluciclovina (18F)** — 3–10 min post-iniezione (immagine molto precoce).
- **Traccianti amiloidi (18F)** — florbetapir 30–50 min; florbetaben/flutemetamolo ~90 min; flortaucipir ~80 min.
- **FDOPA** — sindromi parkinsoniane ~90 min; neuro-oncologia/gliomi più precoce; NET ~60 min; carbidopa non sistematica secondo l'indicazione.
- **Traccianti 11C (acetato, colina, metionina)** — acquisizione molto precoce (5–20 min); ciclotrone in loco obbligatorio.

Digiuno — FDG: 4–6 h (oncologia). 12 h + dieta chetogenica in caso di infiammazione cardiaca/endocardite/sarcoidosi. Vitalità miocardica: preparazione glucidica/insulinica o clamp euglicemico iperinsulinemico. PSMA/colina/amiloidi: nessun digiuno. FDOPA: digiuno 4–6 h secondo l'indicazione; carbidopa secondo protocollo.

Teranostica — regole chiave

- **Selezione dei pazienti** — sempre preventiva e obbligatoria (PSMA per Pluvicto®, SSTR per Lutathera®). Criteri: intensità di captazione, distribuzione lesionale, frazione tumorale che esprime il bersaglio.
- **Dosimetria post-terapeutica** — imaging SPECT/TC 24–48 h post-iniezione. Calcolo delle dosi assorbite per lesione e organi a rischio (reni, midollo osseo).
- **Nefroprotezione** — infusione di aminoacidi (lisina + arginina) con Lutathera® (da 30 min prima a 4 h dopo). Non richiesta per Pluvicto®.
- **Follow-up clinico** — sorveglianza ematologica (EE, piastrine) prima di ogni ciclo. Sorveglianza renale trimestrale (VFG). Antiemetici profilattici sistematici.

Punti d'attenzione per famiglia di traccianti

- **FDG** — Standardizzare digiuno, glicemia, riposo muscolare, tempo di attesa e ricostruzione in caso di follow-up quantitativo. Distinzione essenziale: vitalità miocardica = favorire la captazione di FDG (carico glucidico); infiammazione cardiaca = sopprimere la captazione miocardica (dieta chetogenica).
- **PSMA** — In malattia avanzata, ricercare le lesioni PSMA-negative su TC/RM/FDG. Una discordanza PSMA-/FDG+ può modificare l'eleggibilità alla RLT.
- **SSTR** — La PET SSTR positiva è centrale prima della PRRT. L'associazione con FDG aiuta a rilevare una componente dedifferenziata.
- **Amiloide / Tau** — Questi traccianti documentano una patologia molecolare, non da soli una diagnosi clinica. Indicazione da porre in centro della memoria o in contesto specialistico.
- **Colina / acetato** — Traccianti storici in prostata, spesso sostituiti dal PSMA, ma con interesse conservato in HCC e paratiroide per la fluorocolina.
- **Cardiaco** — Il valore della PET cardiaca risiede nella quantificazione dinamica; la preparazione caffeina/stress e il protocollo metabolico FDG devono essere rigorosi.

Evoluzioni attese 2026–2028

Forte crescita degli studi clinici sui radiofarmaci terapeutici (3 studi nel 2018 → 80 nel 1° semestre 2025, EMA Horizon Scanning). Assi di innovazione: emettitori alfa (225Ac), nuovi isotopi (67Cu, 161Tb), bersagli infiammatori e neurologici, linker vector-agnostici, nuove indicazioni teranostiche (FAPI, GRPR, CXCR4). A oggi, flurpiridaz, FAPI, GRPR, CXCR4, 64Cu/67Cu e 161Tb non sono integrati nell'elenco dei traccianti clinici di routine europei: fintantoché un'AIC o un accesso clinico nazionale chiaro non sono documentati, sono da classificare come emergenti / ricerca.

Fonti e riferimenti

- EMA/82413/2026 — Radiopharmaceuticals — EU-IN Horizon Scanning Report (aprile 2026).
- EPAR EMA — Pylclari, Locametz, SomaKit TOC, Axumin, Amyvid, Neuraceq, Vizamyl, Tauvid, Lutathera, Pluvicto, Xofigo.
- Linee guida procedurali EANM — FDG PET/TC v2.0, PSMA PET v2.0, SSTR PET, amiloide PET, PET con aminoacidi per tumori cerebrali, FDOPA PET, PET cardiaca, PET pediatrica, teranostica.
- SFMN — Buona pratica clinica in medicina nucleare.
- HAS Francia — Pareri sui radiofarmaci.

- Swissmedic — SwissPAR; AFMPS (Belgio); AIFA, AEMPS, BfArM; ecc.
- RCP ufficiali — ema.europa.eu, ansm.sante.fr, afmps.be.
- IAEA / EANM — Orientamenti tecnici per le procedure PET/TC e la standardizzazione.