

## Capitolo 9

# Captazione normale e varianti fisiologiche

---

Nelle pagine seguenti viene riportato un elenco completo, anche se non esauriente, delle aree di normale captazione di FDG e delle varianti fisiologiche nelle indagini PET-TC. Le aree illustrate nelle immagini di questo capitolo sono evidenziate in grassetto. Inoltre, viene incluso un piccolo numero di immagini patologiche utili per confronto.

### **TESTA E COLLO**

**Materia grigia cerebrale (la materia grigia presenta una captazione più intensa rispetto alla bianca)**

**Muscoli oculari (muscoli ad alta contrazione con elevata attività glicolitica)**

Midollo spinale

Tonsille palatine

**Tonsille linguali (attività tonsillare simmetrica)**

Adenoidi

**Corde vocali (pazienti che parlano durante la fase di captazione del radiofarmaco)**

**Corde vocali (paralisi del nervo laringeo sinistro ricorrente)**

**Muscoli prevertebrali**

**Muscolo pterigoideo**

Muscolo massetere

**Punta della lingua**

Impianti o malattie odontoiatriche

**Mucosa orale**

Mucosa nasale

Orecchie

**Muscolo sternocleidomastoideo**

Muscolo trapezio

Biforcazioni vascolari

Circolo ematico

**Grasso bruno**

### **TORACE**

Biforcazioni vascolari

Placche aterosclerotiche attive

**Muscolo cardiaco (captazione cardiaca variabile correlata ai livelli ematici di glucosio e ogni area ischemica)**

Ilo polmonare

**Esofago**

Mammelle in allattamento

Capezzoli

**Timo**

### **ADDOME E PELVI**

Fegato

Milza

Reni, ureteri e vescica

**Rene pelvico**

Stomaco

**Antro pilorico e duodeno prossimale**

**Attività intestinale diffusa, focale o segmentaria**

Cieco

Flessura epatica

Flessura splenica

Adenomi adrenergici a basso grado

Aorta e cava inferiore

Borsiti ischiatiche

Borsiti trocanteriche

Biforcazioni vascolari

Reflusso vaginale

Ovaie

Fibromi

Vescicole seminali

Sfintere anale

Testicoli

Perineo

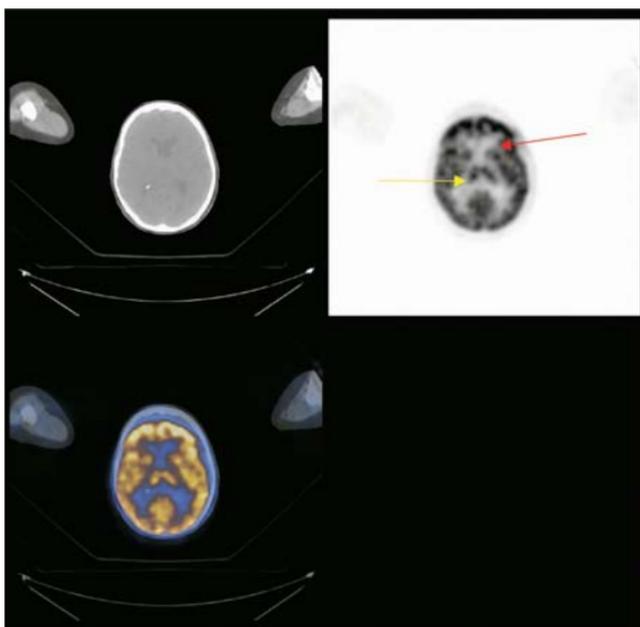
### **APPARATO MUSCOLO-SCHELETRICO**

Ogni muscolo mantenuto in esercizio durante la fase di captazione

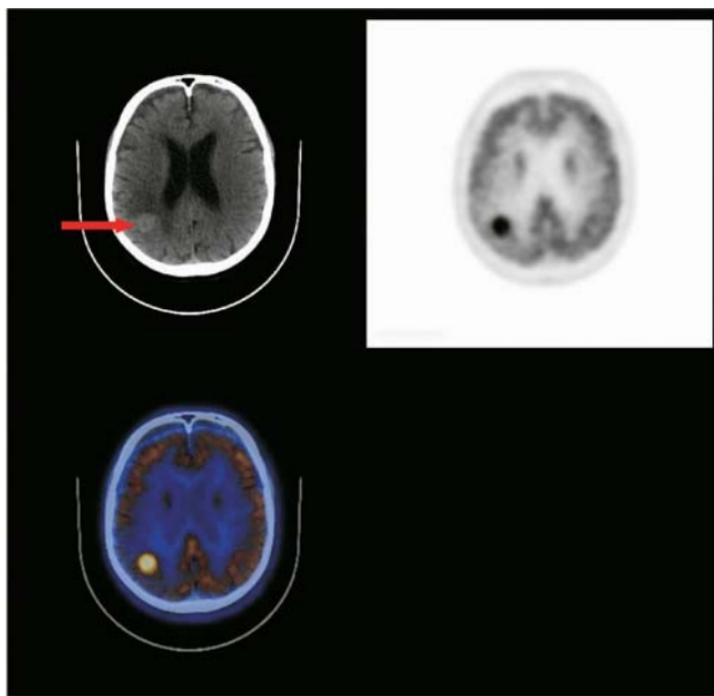
**Midollo osseo in fase reattiva dopo chemioterapia o per azione dei fattori di stimolazione dei granulociti (GSF)**  
**Fratture in riparazione (ad es. coste)**  
**Siti di iniezioni (ad es. eparina, insulina,..)**  
 Malattie articolari infiammatorie o degenerative

#### **ALTRO**

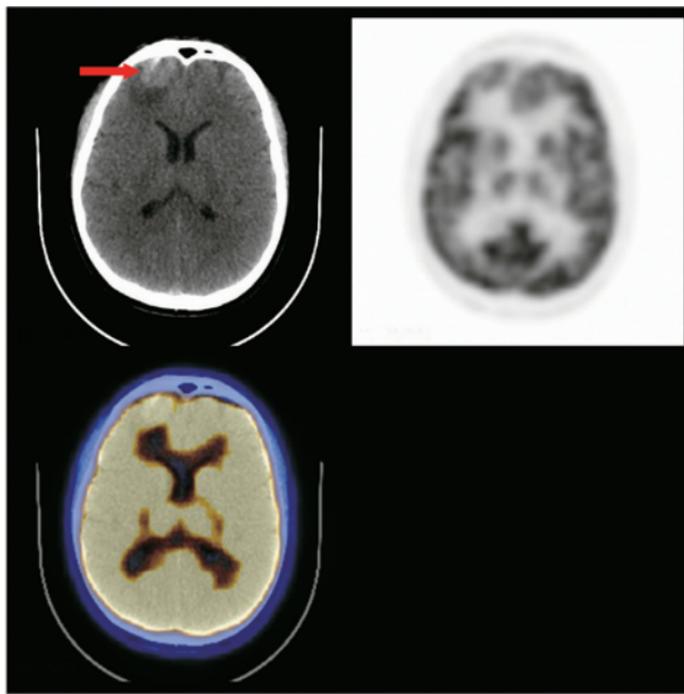
**Infiammazioni/infezioni (colon, polmone, vasi)**  
**Malattie granulomatosi (tubercolosi e sarcoidosi)**  
 Tiroide-tirotossicosi



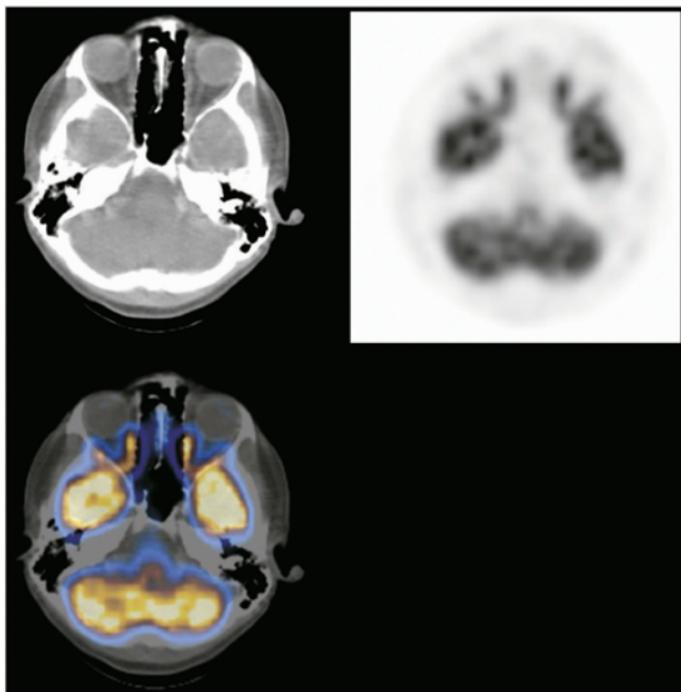
**Fig. 9.1** Normale attività cerebrale. Questa immagine evidenzia il fatto che la corteccia grigia è caratterizzata da una captazione di FDG più intensa rispetto alla sostanza bianca; ciò riflette il maggiore consumo di glucosio. La sostanza grigia dei gangli della base è chiaramente riconoscibile (la *freccia rossa* indica la testa del caudato sinistro e quella *gialla* il talamo destro). Il cervello consuma zucchero come unico substrato metabolico e quindi la normale attività cerebrale è sempre associata a un'intensa concentrazione di FDG. Aree di ischemia o infarto cerebrale sono riconoscibili come zone a minore o assente captazione di FDG. Il riconoscimento di lesioni metastatiche al cervello è molto difficile con la PET e l'FDG: infatti per poter essere rilevate, dovrebbero avere un'attività metabolica maggiore di quella del cervello normale



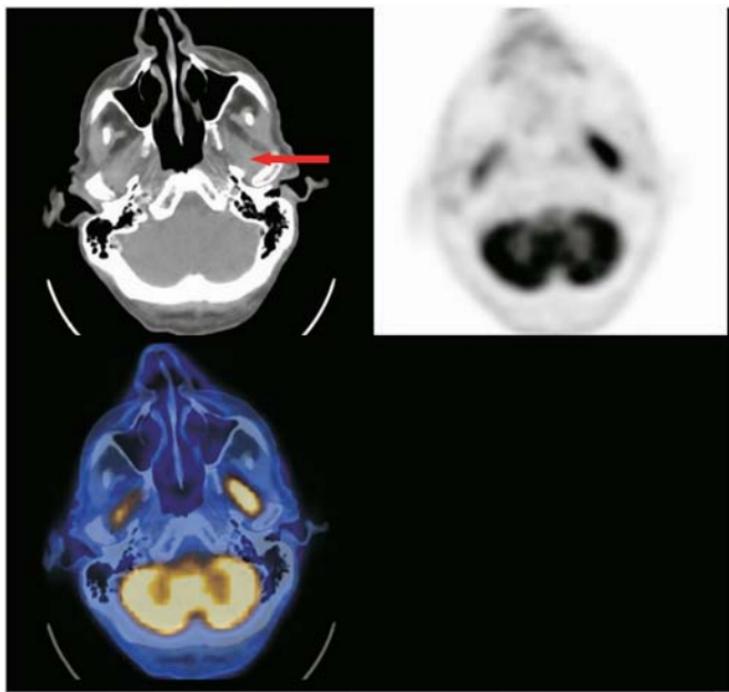
**Fig. 9.2** Metastasi cerebrale intensamente attiva. Questa metastasi da melanoma nella materia grigia della regione parietale posteriore destra può essere facilmente rilevata. L'immagine TC corrispondente mostra una piccola lesione circolare di maggiore densità (più chiara) rispetto al tessuto circostante. Questo è un aspetto comune di molte metastasi da melanoma



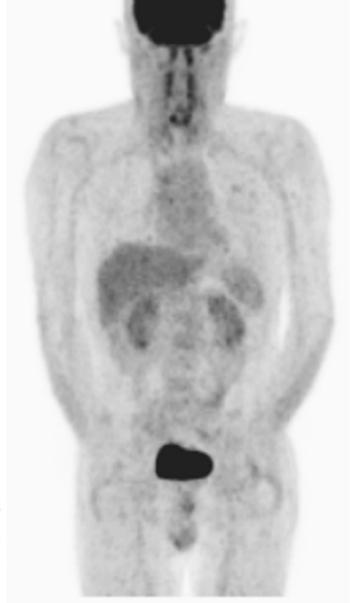
**Fig. 9.3** Metastasi cerebrale inattiva. Questa immagine è di un paziente con melanoma maligno disseminato. In questo caso la lesione non mostra captazione di FDG; si tratta di una situazione insolita, ma descritta in alcune metastasi da melanoma. La massa ad alta densità è riconoscibile alla TC, all'interno della corteccia del lobo frontale destro (*freccia rossa*)



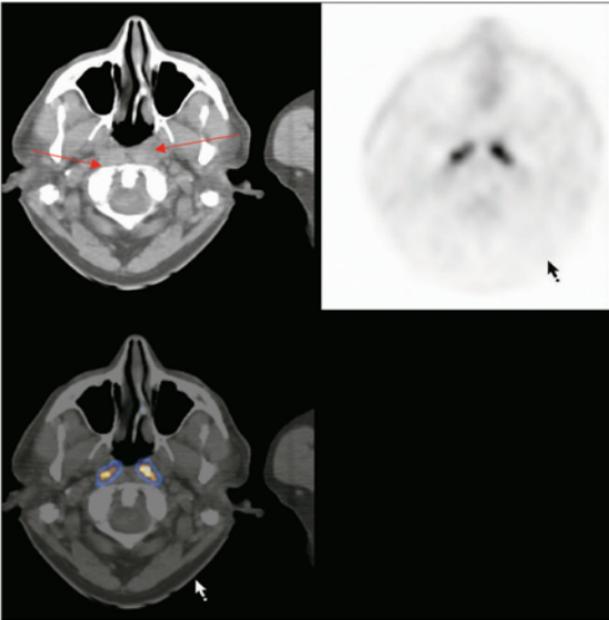
**Fig. 9.4** Normale captazione dei muscoli degli occhi. La captazione di FDG nei muscoli retto mediale e retto laterale è di comune riscontro: infatti sono muscoli a rapida contrazione ed elevata attività glicolitica. La captazione nei muscoli retti mediali è solitamente maggiore rispetto a quelli laterali a causa del loro ruolo nell'accomodazione



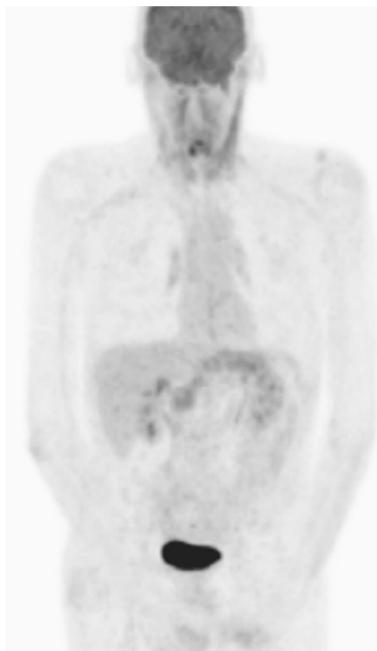
**Fig. 9.5** Captazione bilaterale nei muscoli pterigoidei. La captazione (simmetrica o asimmetrica) dei muscoli facciali e/o del collo è un riscontro piuttosto comune e spesso è dovuta alla tensione muscolare del paziente. Sono stati definiti molti tipi; queste captazioni sono facilmente riconoscibili e devono essere differenziate dai processi patologici. La captazione di FDG nei muscoli spesso può essere ridotta somministrando diazepam prima dell'iniezione



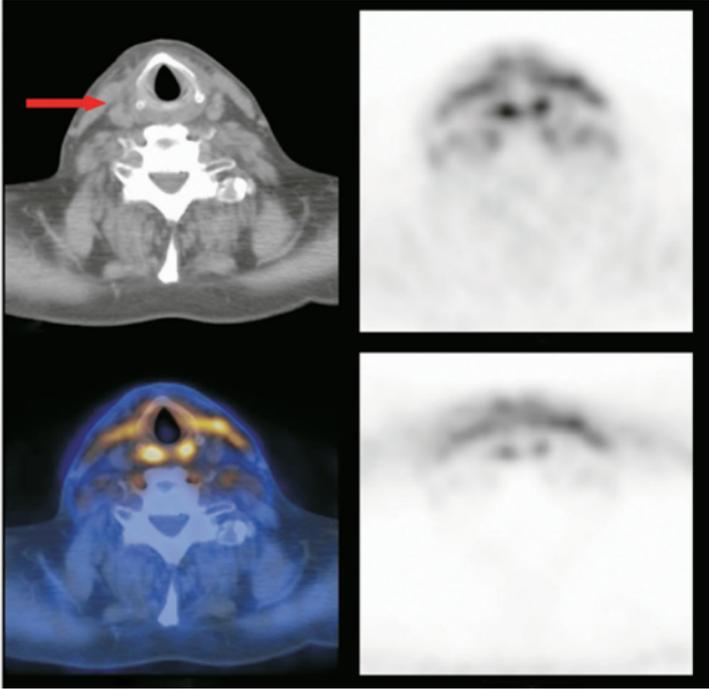
**Fig. 9.6** Immagine MIP che mette in evidenza una captazione dei muscoli prevertebrali dovuta alla tensione muscolare



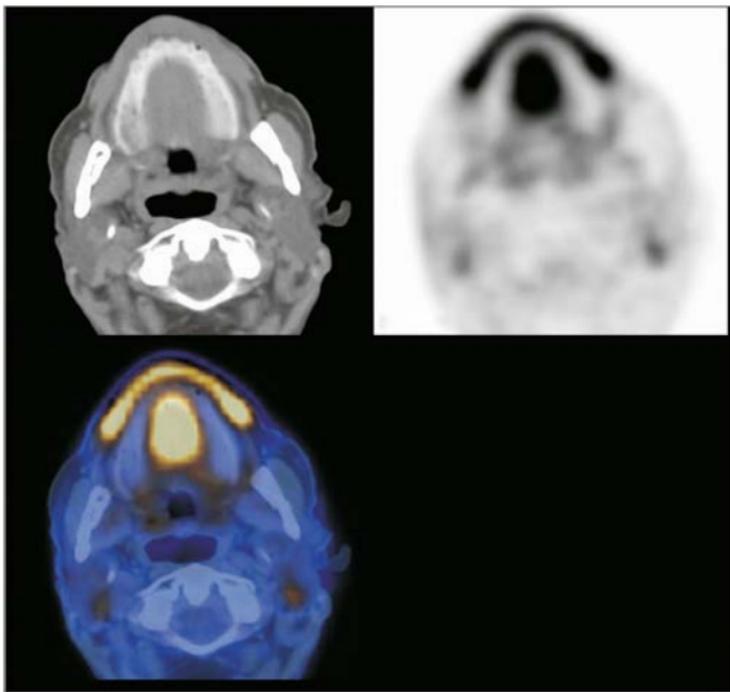
**Fig. 9.7** Immagine assiale che mette in evidenza una captazione dei muscoli prevertebrali dovuta alla tensione muscolare



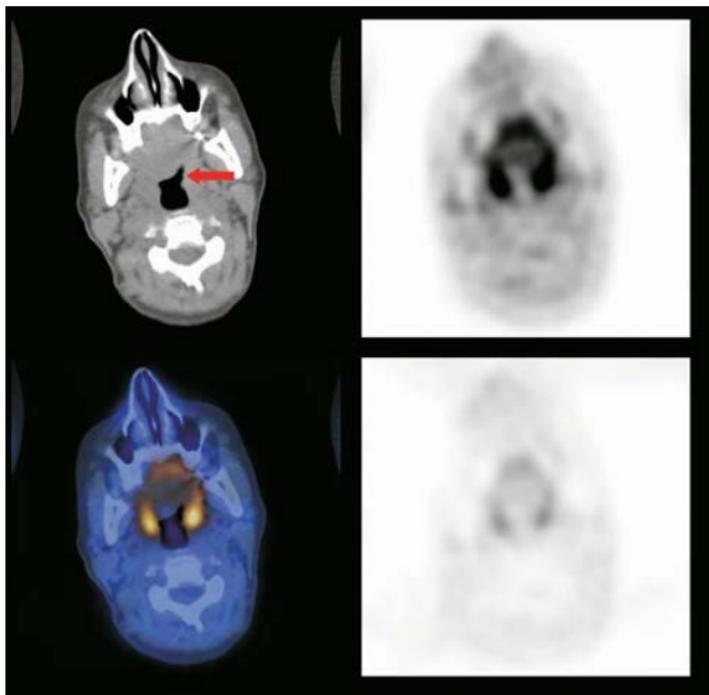
**Fig. 9.8** Immagine MIP che mette in evidenza captazioni al muscolo sternocleidomastoideo e all'esofago. Questo paziente mostra una captazione fisiologica del muscolo sternocleidomastoideo oltre a una sfumata captazione dell'esofago; quest'ultimo è un riscontro comune che può creare problemi di interpretazione nei pazienti con tumori della giunzione gastro-esofagea. Infatti a volte questi tumori mostrano una concentrazione di FDG molto debole, che può essere confusa con la captazione fisiologica evidenziata in questa figura



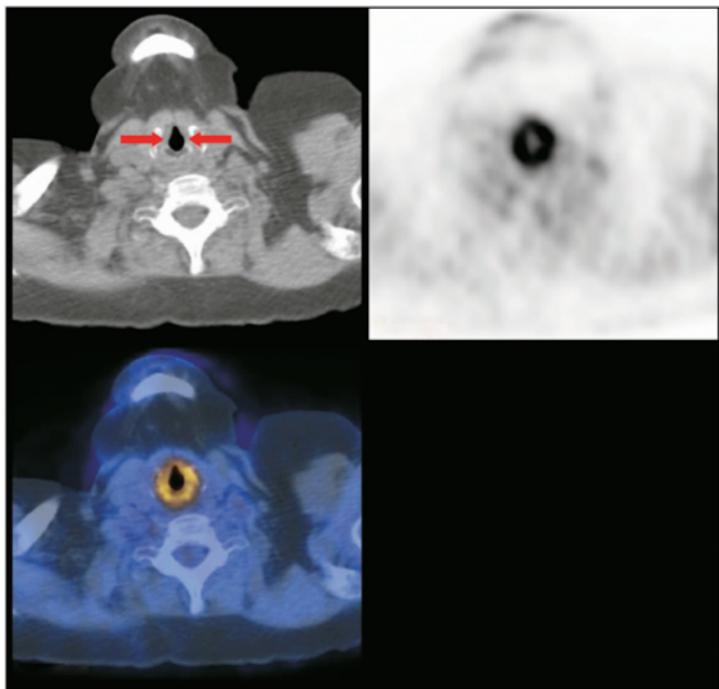
**Fig. 9.9** Immagine assiale che mette in evidenza una debole captazione del muscolo sternocleidomastoideo



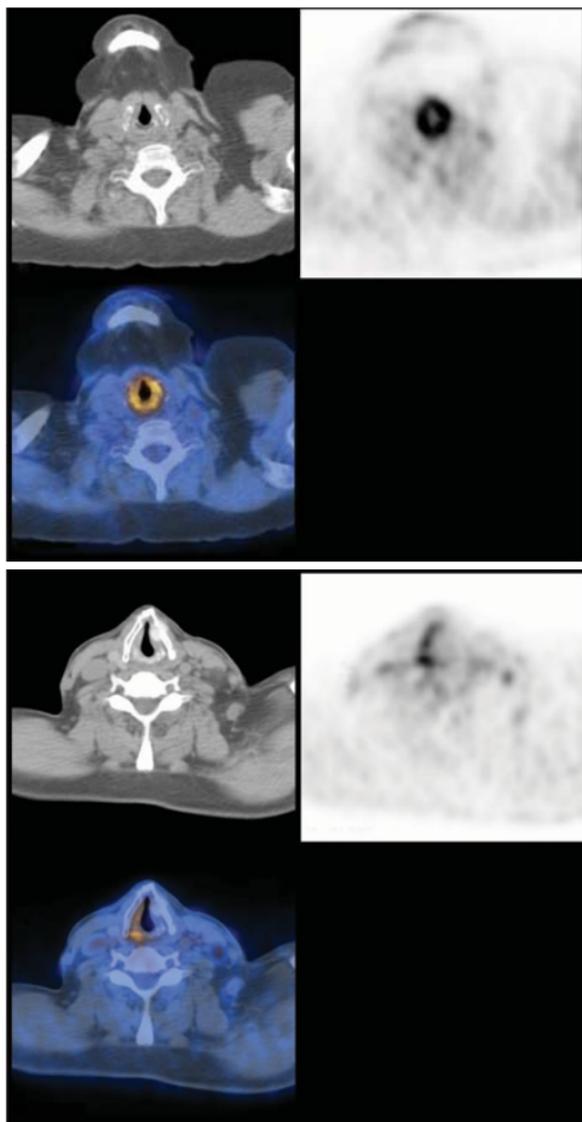
**Fig. 9.10** Punta della lingua e mucosa orale. Captazioni di FDG nella lingua e nella mucosa orale sono molto comuni e non dovrebbero essere scambiate per processi patologici



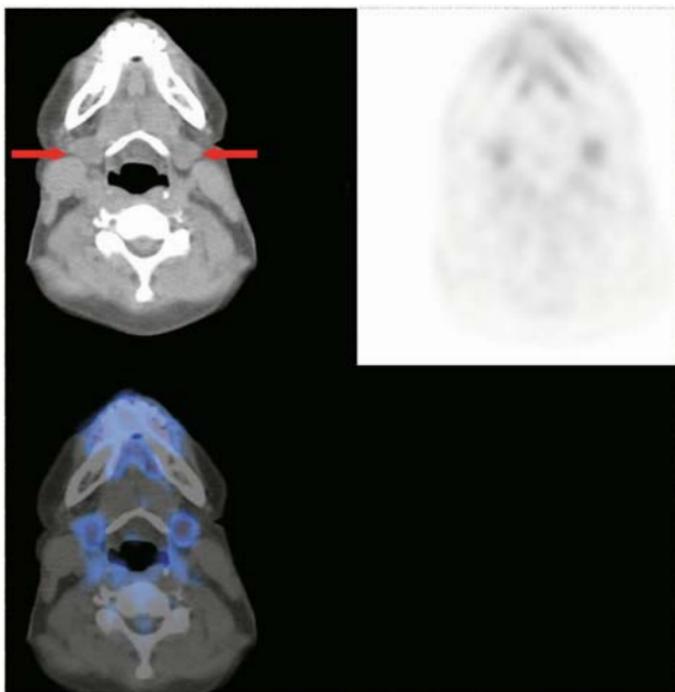
**Fig. 9.11** Captazione nelle tonsille. In molti pazienti si osserva una captazione fisiologica. Come altre regioni della testa e del collo, queste aree possono essere sede di tumori maligni; particolare attenzione deve essere prestata alle distribuzioni asimmetriche nei casi di tumore della testa e del collo. La tonsilla sinistra è indicata dalla *freccia rossa*



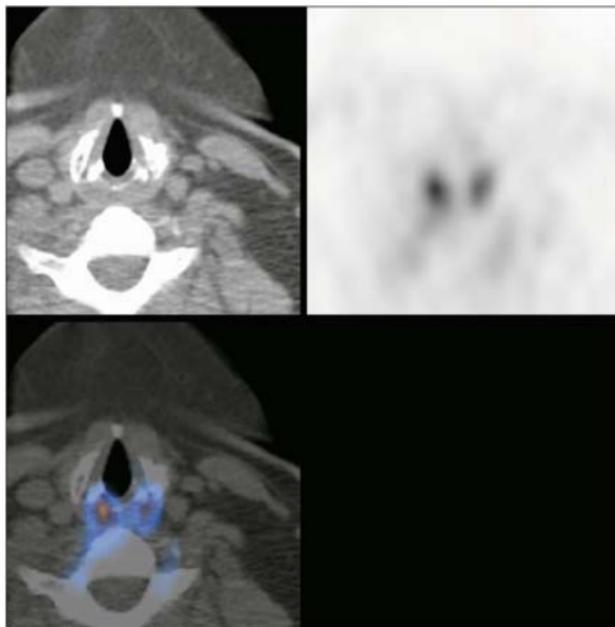
**Fig. 9.12** Captazione normale con distribuzione simmetrica delle corde vocali. Questo paziente ha parlato durante il periodo di attesa tra l'iniezione e l'acquisizione delle immagini



**Fig. 9.13** Questa immagine mette in evidenza la captazione asimmetrica delle corde vocali con maggiore concentrazione a destra rispetto alla controlaterale. Le corde vocali normalmente non mostrano captazione, a meno che il paziente non abbia parlato durante il periodo di attesa prima dell'acquisizione delle immagini; in questo caso potrebbe essere giustificato ritenere che vi sia una captazione patologica a destra. Tuttavia il paziente ha un tumore polmonare all'ilo sinistro e risulta quindi evidente che la corda patologica è quella sinistra. La corda destra mostra quindi una captazione fisiologica, mentre la sinistra non presenta captazione per la paralisi del nervo laringeo ricorrente dovuta alla massa ilare

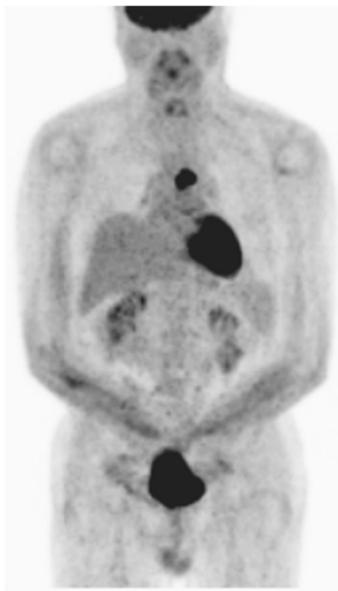


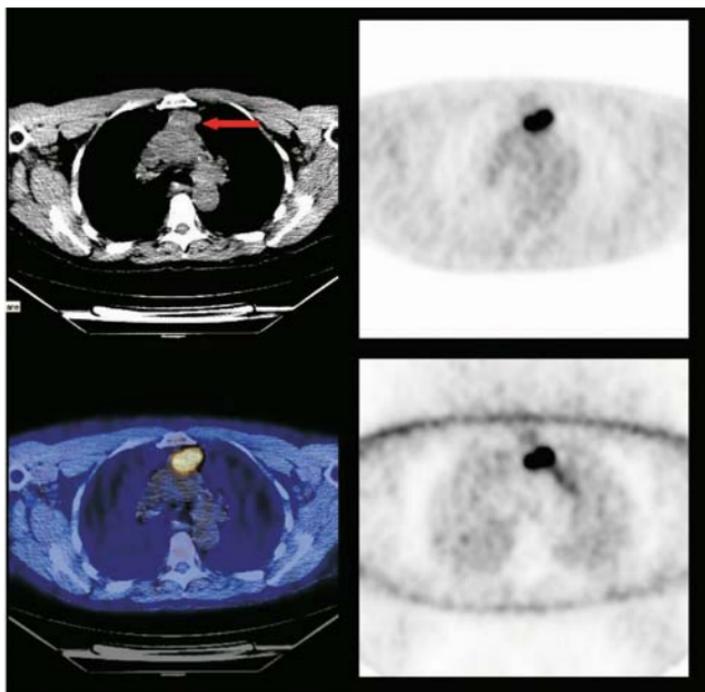
**Fig. 9.14** Captazione della ghiandola sottomandibolare. La captazione delle ghiandole salivari è piuttosto variabile, ma le parotidi e le ghiandole sottomandibolari sono comunemente riconoscibili



**Fig. 9.15** Captazione del muscolo aritenoideo. I muscoli aritenoidei, come i retti degli occhi, sono muscoli a rapida contrazione ed alta attività glicolitica. Questi muscoli spesso captano l'FDG e possono essere utilizzati come reperi anatomici nelle immagini PET e per la verifica del movimento del paziente nelle immagini fuse PET-TC

**Fig. 9.16** Immagine MIP che mette in evidenza un'iperplasia timica in risposta alla terapia. Il timo normale mostra uno "stordimento" metabolico dopo la somministrazione di chemioterapia. Tuttavia in alcuni casi, subito dopo il trattamento, il timo può divenire iperplastico ed essere identificato nelle immagini PET-TC come una massa di tessuto nel mediastino anteriore, a volte con intensa captazione di FDG. Nei bambini e nei giovani adulti, il timo può essere identificato come reperto normale, sia nella PET che nella TC. Il timo normale si atrofizza nella età adulta ed è raramente osservabile dopo i 30 anni





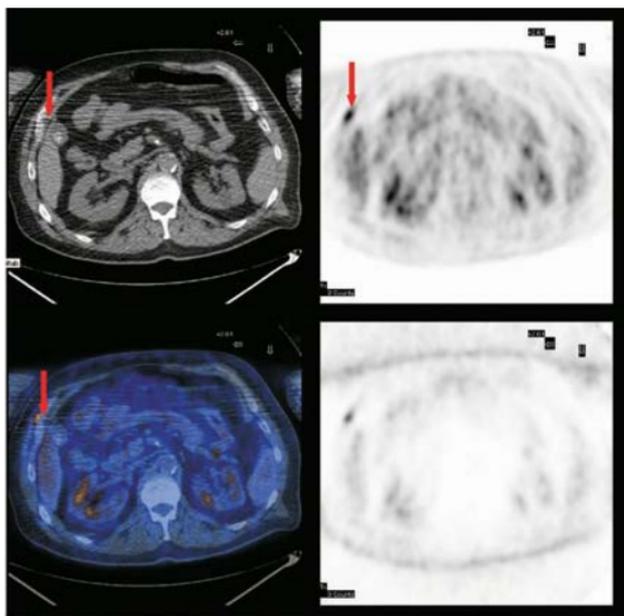
**Fig. 9.17** Sezione assiale di una iperplasia timica post-terapia



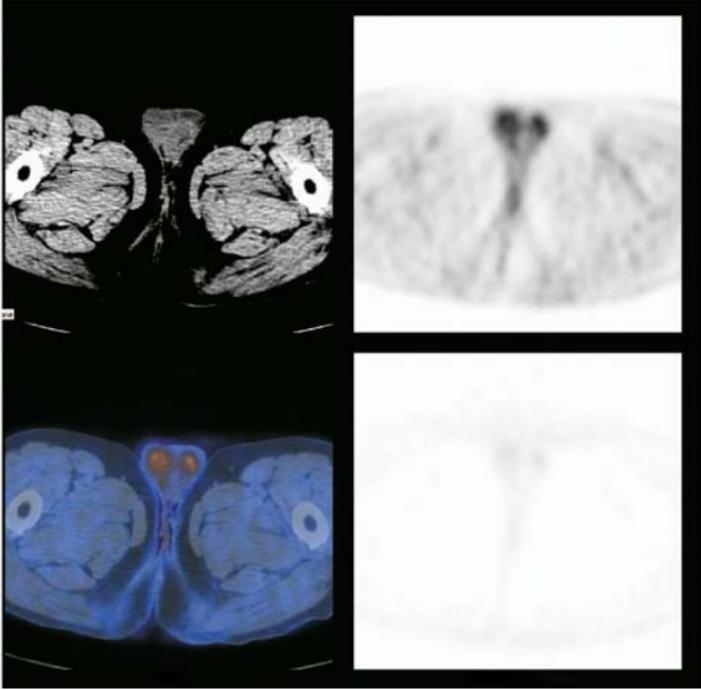
**Fig. 9.18** Captazione cardiaca di basso grado. La captazione di FDG nel cuore è estremamente variabile. In condizioni di digiuno, il substrato energetico del cuore è rappresentato dagli acidi grassi liberi e in condizioni particolari possono essere utilizzati però anche glucosio e lipidi. Se il paziente ha assunto da poco un pasto a base di glucidi e la glicemia è aumentata, si osserverà un maggiore consumo di glucosio nel cuore. Ciò è dovuto in parte all'iperglicemia che stimola il rilascio di insulina, che a sua volta favorisce l'ingresso del glucosio nelle cellule del miocardio. Questa è però una semplificazione del processo. I pazienti con un esteso danno ischemico perdono la capacità di metabolizzare efficacemente gli acidi grassi attraverso la normale via aerobica e le cellule ischemiche attivano la via glicolitica anaerobica. In questi pazienti si attiva quindi un intenso metabolismo glucidico anche in condizioni di digiuno e come risultato si osserverà un'intensa captazione di FDG nelle immagini PET



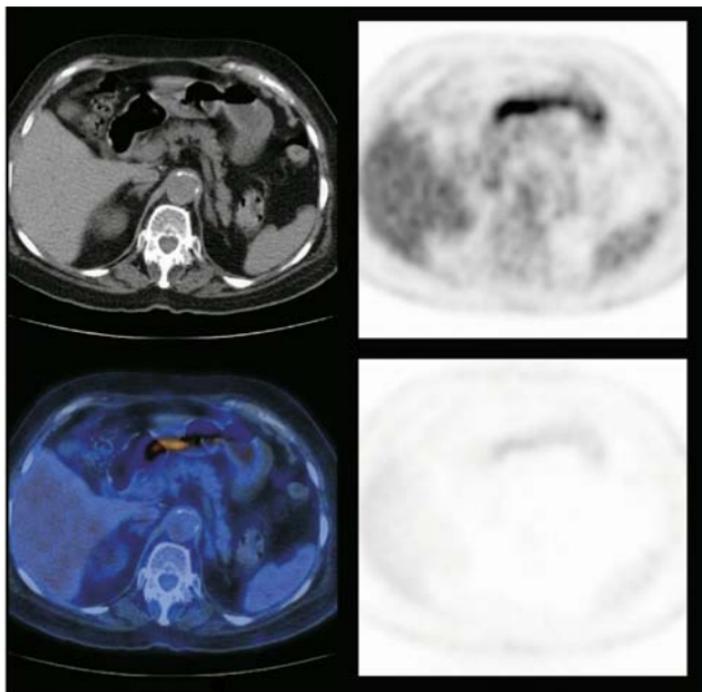
**Fig. 9.19** Intensa captazione cardiaca. L'intensa captazione cardiaca in questa immagine è dovuta molto probabilmente ad un pasto recente: il paziente non aveva seguito le istruzioni di digiunare nelle 4 ore precedenti l'iniezione dell'FDG



**Fig. 9.20** Sfumata captazione di una frattura costale di destra



**Fig. 9.21** Immagine assiale della normale captazione dei testicoli

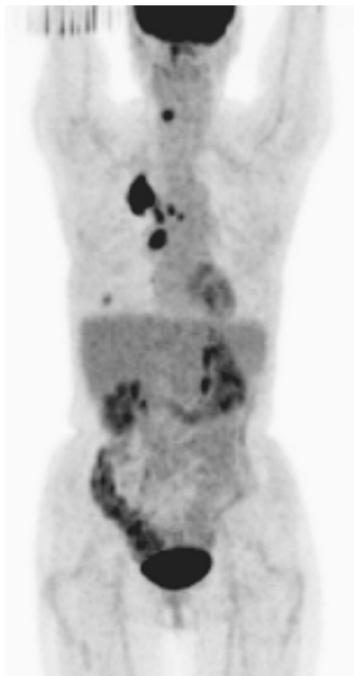


**Fig. 9.22** Captazione di FDG in una gastrite del piloro. Negli organi dell'apparato digerente è possibile osservare numerose aree di accumulo fisiologico di FDG. I primi due tratti del duodeno ne sono un esempio. L'accumulo di FDG è anche comune nel tratto distale dell'ileo e nel cieco, dove può mimare una malattia infiammatoria cronica in fase attiva o anche un tumore del colon. Altre sedi di aumentata captazione di FDG di natura fisiologica sono le flessure epatica e splenica, come anche il sigma e la giunzione ano-rettale. È necessario assicurare che queste captazioni non rappresentino un processo patologico, attraverso un'attenta analisi della componente TC della PET-TC

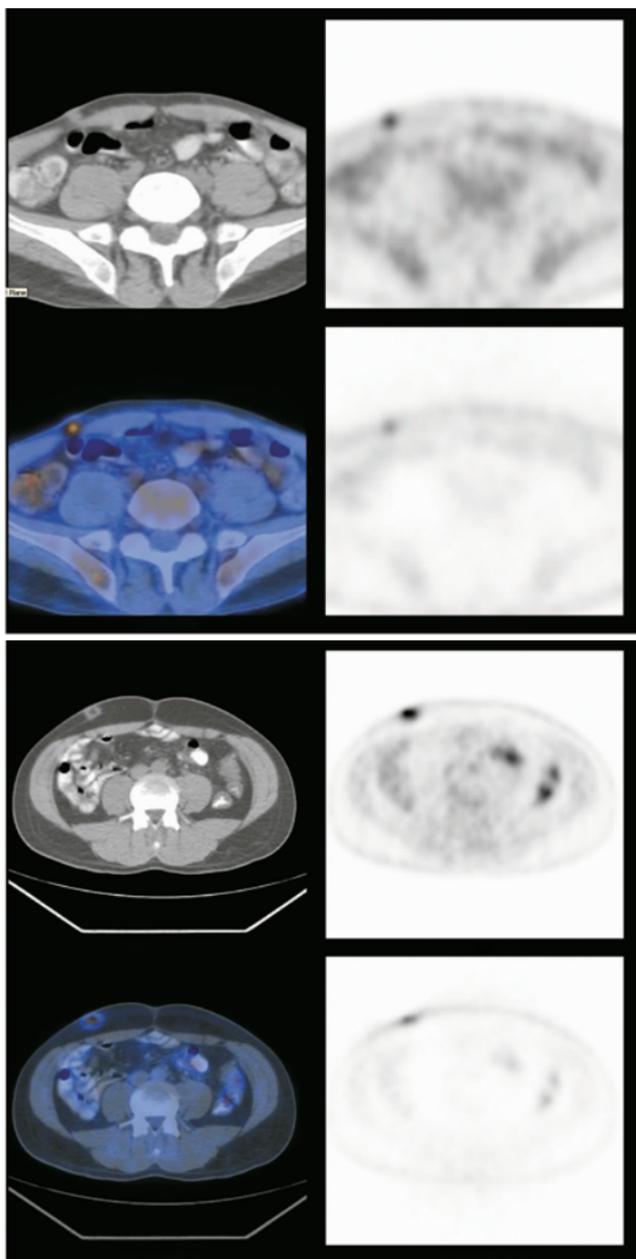


**Fig. 9.23** Captazione diffusa del colon. È possibile osservare una intensa e diffusa captazione di FDG nel colon (e meno comunemente, nel piccolo intestino). La captazione è correlata all'incremento dei trasportatori GLUT; sono stati fatti tentativi di classificare queste captazioni in tre tipi definiti. Il primo è descritto come una captazione diffusa del colon, il secondo è caratterizzato da attività segmentaria e il terzo da attività focale. In generale, il tipo diffuso raramente è correlato a quadri patologici. La captazione segmentaria è frequentemente un'osservazione benigna accidentale, ma occasionalmente può essere espressione di un processo infiammatorio, di infezione o anche di ischemia intestinale. Una captazione focale di FDG deve essere ulteriormente indagata, se non sono presenti alterazioni significative alla TC. La sigmoidoscopia o la colonscopia possono rilevare alterazioni nella sede della captazione di FDG nel 60% dei casi. Molto spesso queste alterazioni sono dovute ad aree di infiammazione della mucosa, ma in questo modo sono anche stati rilevati precocemente segni di degenerazione di polipi intestinali. In circa il 5% dei casi può essere ritrovata una lesione maligna

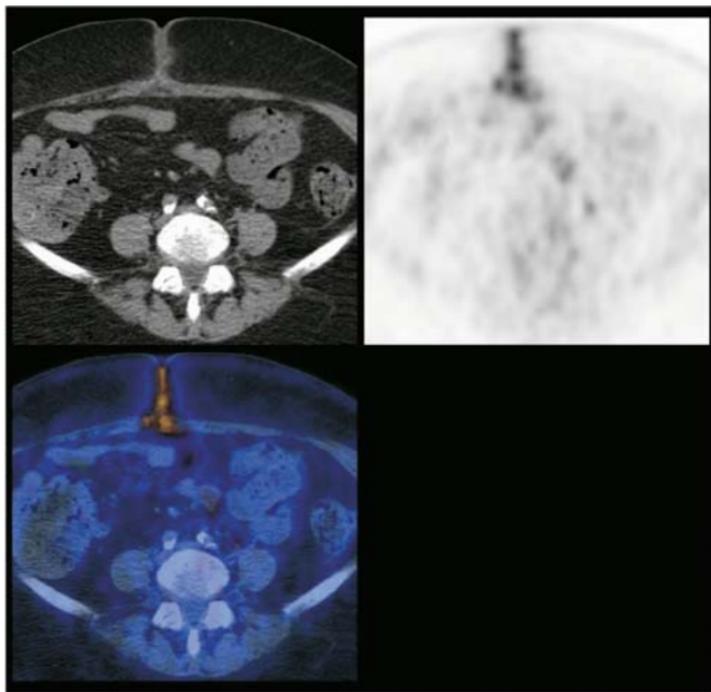
**Fig. 9.24** Captazione segmentaria del colon. Questa immagine mette in evidenza una captazione segmentaria del colon ascendente che è risultata normale ad una successiva colonscopia. Si provi a confrontarla con la Fig. 9.38 per vedere come le captazioni aspecifiche e quelle dovute a processo infiammatorio possano sembrare simili



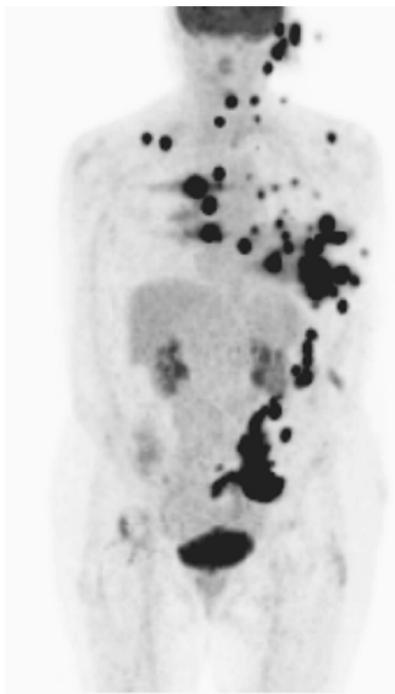
**Fig. 9.25** Captazione focale del colon. Questa captazione focale al quadrante inferiore destro era dovuta ad un adenocarcinoma del cieco



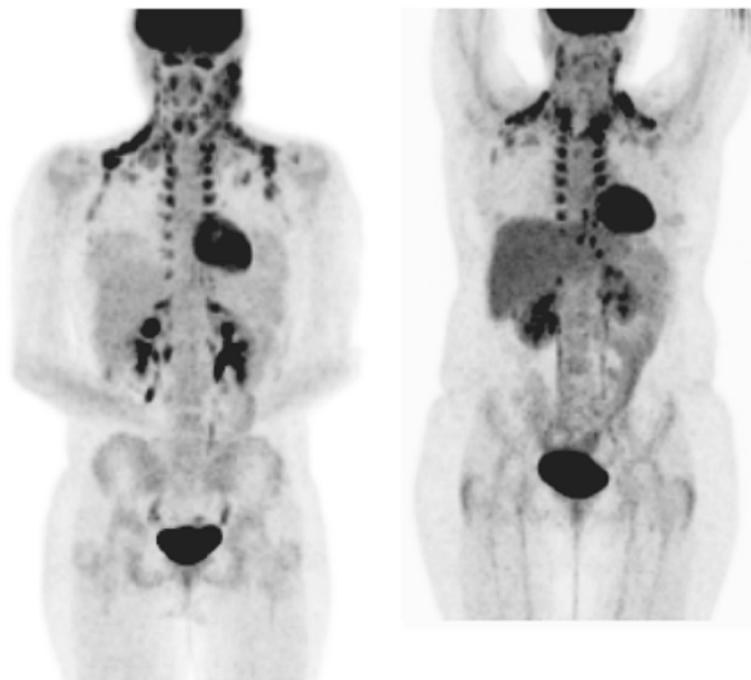
**Fig. 9.26** Immagini di due diversi pazienti che mettono in evidenza la captazione nel grasso sottocutaneo della parete addominale anteriore. In entrambi i casi la captazione focale era dovuta a somministrazione di eparina. Le iniezioni nel grasso della parete addominale anteriore, natiche e spalle possono apparire come captazione metabolicamente attiva dei tessuti molli



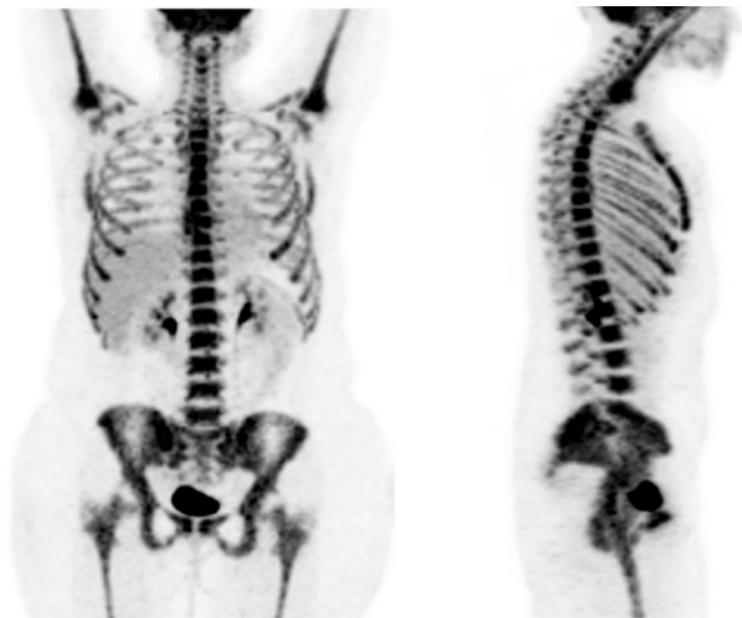
**Fig. 9.27** Cicatrice della linea mediana in via di guarigione. Spesso è possibile osservare attività metabolica nelle regioni sottoposte a intervento chirurgico, cicatrici, sedi di stomie o recenti biopsie, inserzioni di stent e anche punti di iniezioni. Questa attività spesso si riduce nel tempo, ma cicatrici estese possono rimanere attive anche per sei mesi; è un fenomeno legato all'accumulo di macrofagi ed è causato dall'inteso metabolismo glicolitico tipico di queste cellule durante la digestione dei detriti cellulari



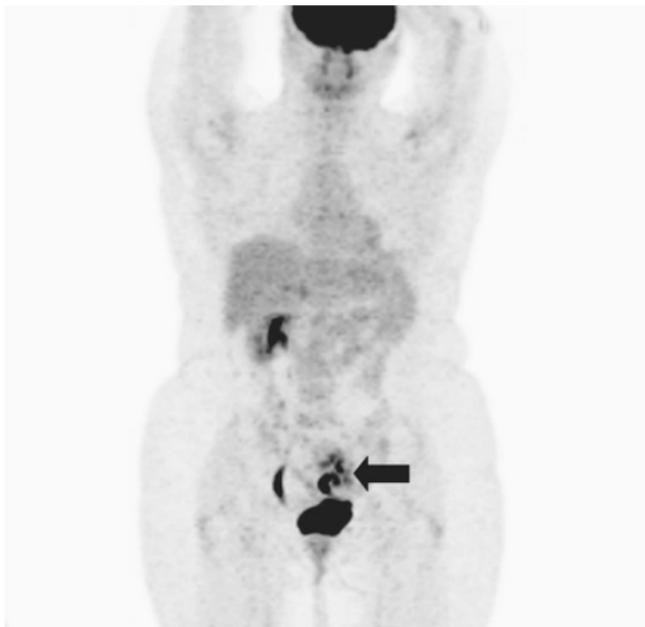
**Fig. 9.28** Contaminazione del paziente. Quest'immagine insolita simula una malattia estesa, ma a un'osservazione più attenta è possibile rilevare che alcune captazioni focali di FDG sono esterne al corpo del paziente. Questo artefatto è dovuto a una perdita della cannula nel punto di iniezione e al successivo schizzo di FDG sulla cute del paziente mentre spostava le braccia sopra la testa



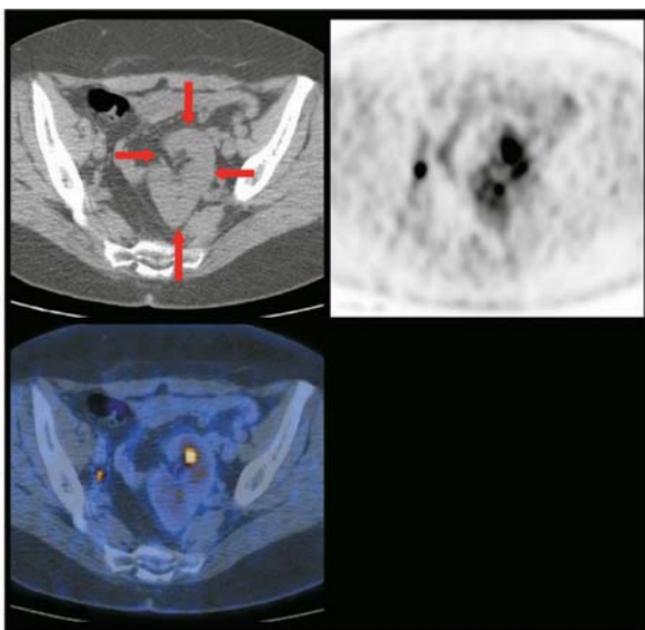
**Fig. 9.29** Esempio della distribuzione del grasso bruno. Questi due pazienti mostrano il quadro tipico dell'attivazione del grasso bruno del collo e del torace. Il grasso bruno è metabolicamente attivo con un intenso consumo di glucosio; queste stesse aree presentano spesso captazione di MIBG (meta-iodo-benzil-guanidina) perché dotate di una significativa innervazione simpatica. Il grasso bruno attivato si riscontra più comunemente nelle giovani donne magre, soprattutto nella stagione fredda. Questa captazione può essere ridotta mantenendo i pazienti al caldo; anche l'uso di diazepam può favorire la riduzione della captazione dovuta a tensione muscolare. Se è stata eseguita solo la scansione PET, non è possibile confermare che ogni singola area di captazione corrisponda esattamente ad aree di grasso bruno e non piuttosto a captazione patologica da parte di un tumore dei tessuti molli. Il paziente a sinistra non presenta malattia attiva ma solo grasso attivato. Quello a destra ha aree di attivazione del grasso e una massa patologica nell'ascella sinistra, dovuta a una recidiva di linfoma. Si vedano anche le Figure dalla 3.19 alla 3.21



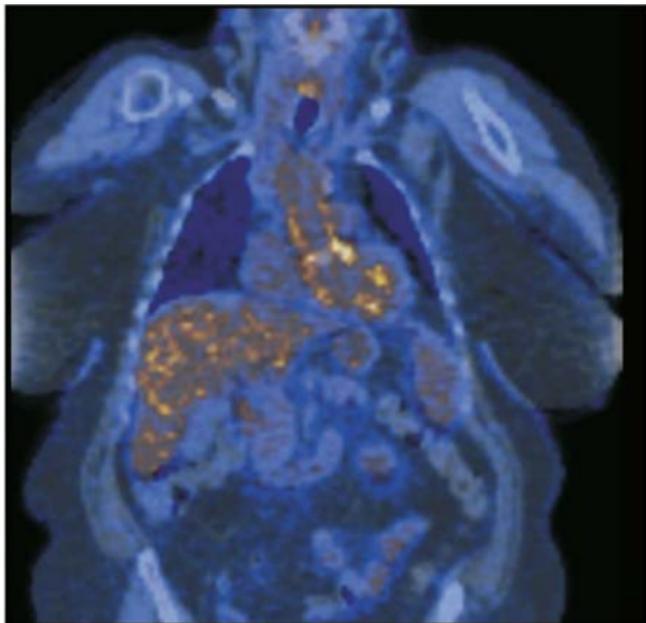
**Fig. 9.30** Terapia con fattore di stimolazione dei granulociti (GSF) nei linfomi di Hodgkin. Pazienti con deplezione del midollo sono spesso trattati con GSF. Questo fattore determina la proliferazione cellulare del midollo, aumentandone l'attività glicolitica. Se viene eseguita una PET-TC in questa fase, il quadro osservato rispecchierà l'intensa attivazione midollare, con un'immagine simile a una scintigrafia ossea. Sono stati descritti casi di captazione talmente intensa del midollo da mascherare la captazione di tumori maligni: ciò è giustificato dal fatto che il midollo e un tumore in qualunque altra parte del corpo sono in competizione per la captazione di glucosio (e quindi anche dell'FDG). È opportuno attendere almeno otto settimane dopo la somministrazione di GSF prima di eseguire un esame PET-TC



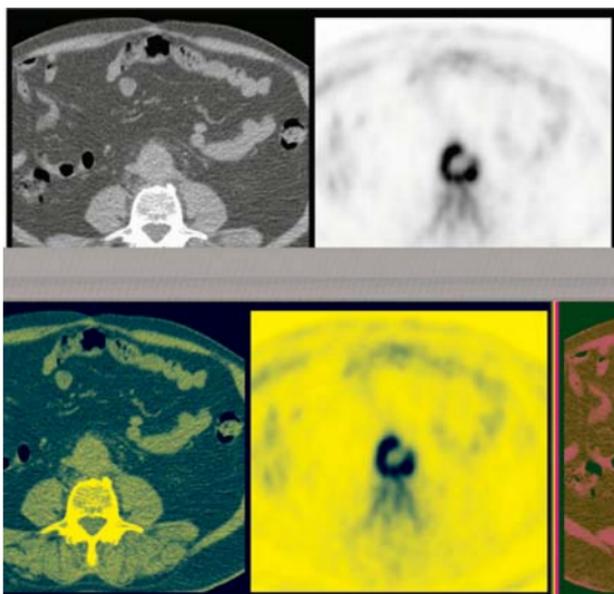
**Fig. 9.31** Immagine MIP di un rene pelvico che simula un processo patologico



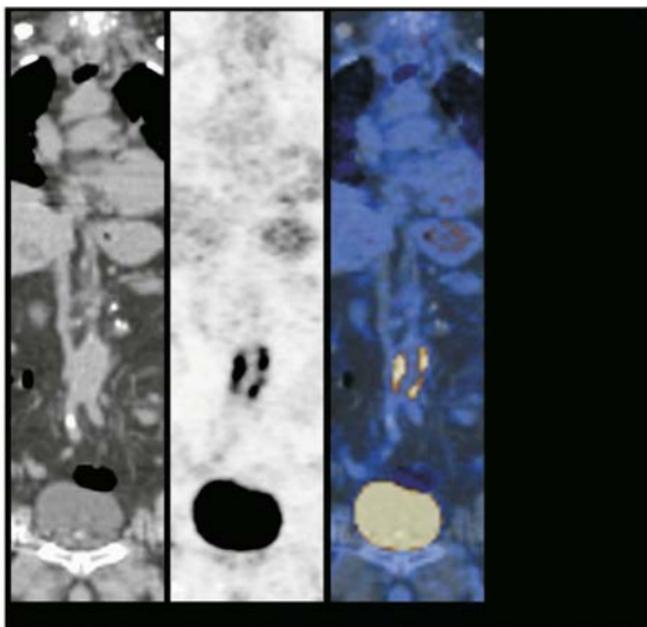
**Fig. 9.32** Immagine assiale di un rene pelvico che simula un processo patologico



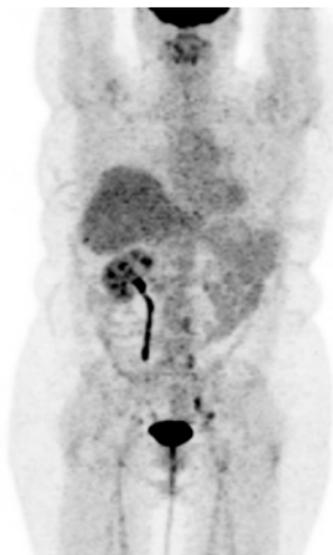
**Fig. 9.33** Immagine coronale che mette in evidenza una captazione vascolare patologica lungo l'arco aortico ascendente



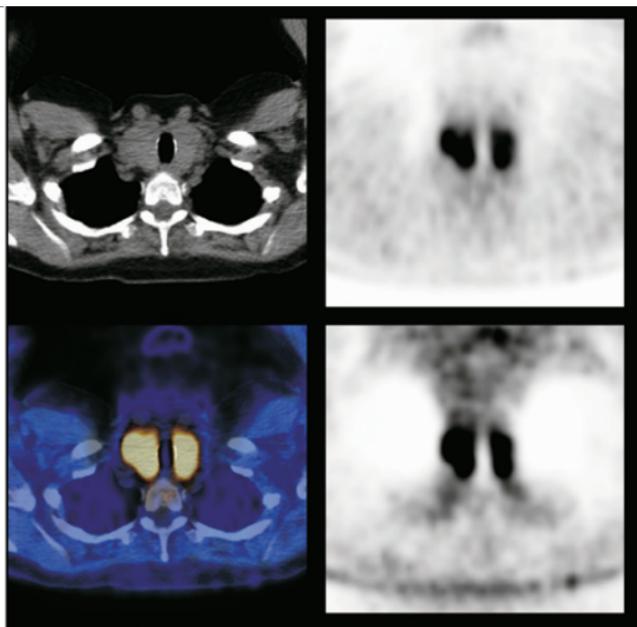
**Fig. 9.34** Immagine assiale che mette in evidenza un'area di aortite infiammatoria nell'aorta toracica distale



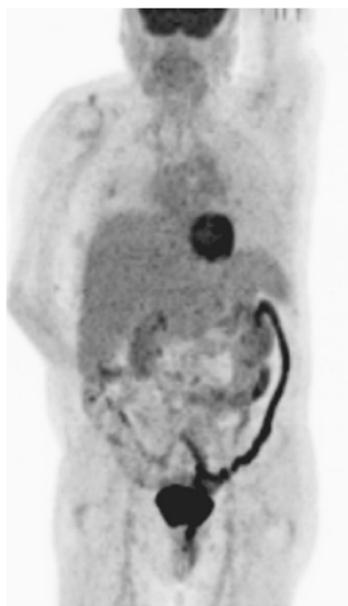
**Fig.9.35** Immagine coronale che mette in evidenza un'area di aortite infiammatoria nell'aorta toracica



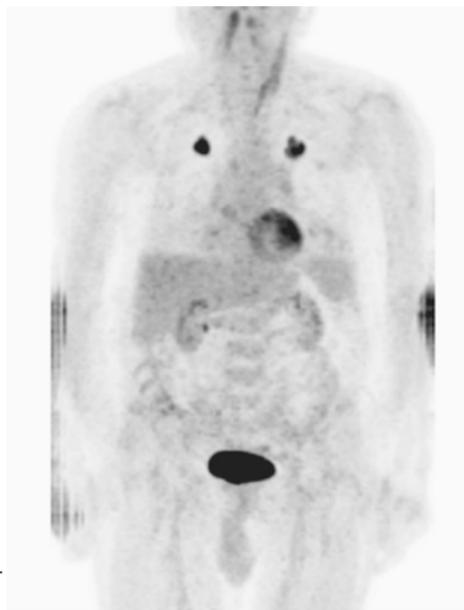
**Fig. 9.36** Rene destro solitario



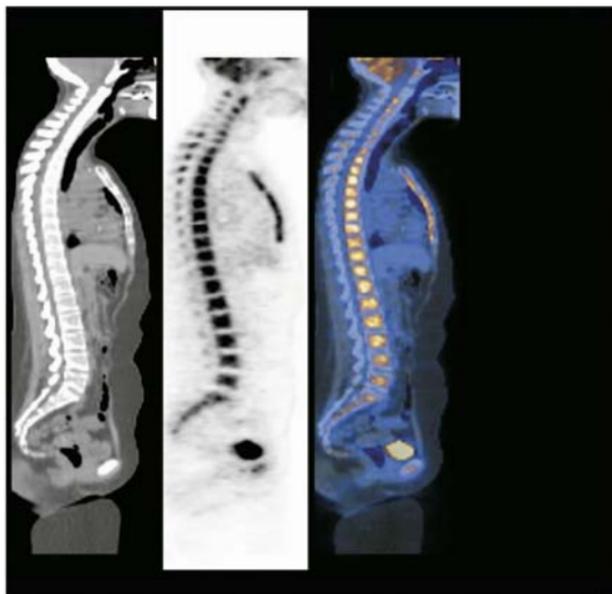
**Fig. 9.37** Tiroidite. Captazione diffusa di FDG ad entrambi i lobi della ghiandola tiroide in un paziente con funzionalità tiroidea alterata per una tiroidite



**Fig. 9.38** Malattia infiammatoria intestinale; questo è un caso confermato di colite ulcerosa



**Fig. 9.39** Sarcoidosi polmonare bilaterale



**Fig. 9.40** Scansione PET dopo chemioterapia in un paziente con neoplasia polmonare dell'ilo sinistro; immagine sagittale lungo la linea mediana. Come visto precedentemente, l'iper captazione midollare non rappresenta necessariamente un processo maligno. In questo caso, la captazione è dovuta al midollo che si sta rigenerando dopo il danno di una precedente chemioterapia