

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

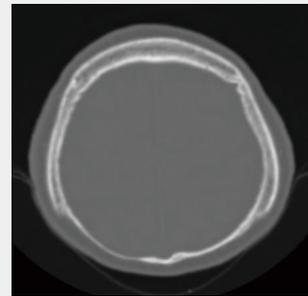
2014

Vol.47 No.2

3月号 17~32頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算218号(奇数月刊行)

<http://www.meteo-intergate.com>(本誌論文検索用)*See Page 18*

- [症 例] 肺癌患者の遠隔転移精査の過程で判明した頭頂骨菲薄化の1例…………… 18
- [リレー講座] 診療に役立つ核医学の基本-専門医試験も見すえ
「安全取り扱い・関連法規・被曝その4」…………… 20
- [リレー講座] 核医学技術の基礎
「ガンマカメラにおけるガンマ線検出器の役割と特性」…………… 25

症 例

肺癌患者の遠隔転移精査の過程で判明した頭頂骨菲薄化の1例

Thinning of the parietal bones found on close examination to detect distant metastasis in a patient of lung cancer

喜多 保 KITA Tamotsu

林 克己 HAYASHI Katsumi

小須田 茂 KOSUDA Shigeru

Key Words : thinning, parietal, bone

《はじめに》

肺癌患者の遠隔転移精査の過程で頭蓋骨の骨転移を疑ったが、頭頂骨の菲薄化であることが判明した症例を経験したので報告する。

《症 例》

患者：80歳代男性

主 訴：労作時呼吸困難

既往歴：ASO に対し当院心臓血管外科で経過観察中

喫煙歴：20本×45年(12年前より禁煙)

現病歴：労作時呼吸困難を自覚。A 病院の老人健診で肺気腫を指摘されていたが、不整脈を認めたため当院循環器内科に虚血性心疾患の疑いで紹介受診。精査の結果、心疾患は否定的であり、肺気腫による影響と考えられたため、呼吸器内科に紹介受診。精査のCT 検査で右肺上葉に肺癌を疑う病変、頭蓋骨に骨転移を疑う濃度低下を認めた。入院時現症：両側膝窩、足背動脈の触知弱。その他、異常所見なし。

血液検査所見：Hb11.3g/dlの異常低値、腫瘍マーカーではCEA7.8ng/ml, SCC1.8ng/ml, SLX45ng/

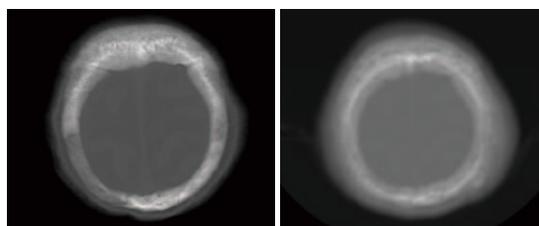


図3 頭部CT

図4 頭部CT：11年前

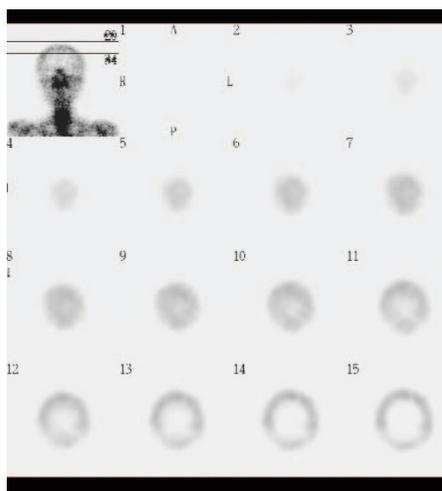


図5 骨シンチグラフィSPECT体軸断

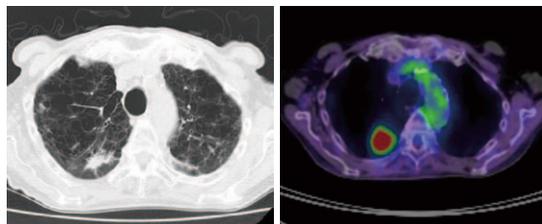


図1 胸部CT

図2 胸部PET/CT

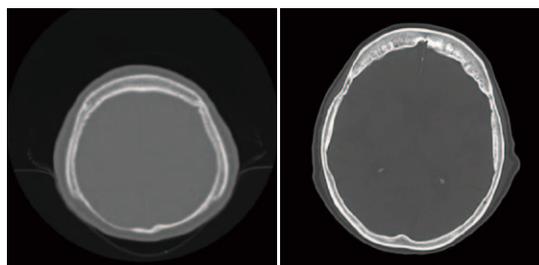


図6 頭部CT：thin slice

図7 頭部CT：参考症例

防衛医科大学校放射線医学講座

〒359-8513 埼玉県所沢市並木3-2 防衛医科大学校放射線医学講座

TEL. 04-2995-1689 FAX. 04-2996-5214 E-mail : octopus@ndmc.ac.jp

Department of Radiology, National Defense Medical College

mlの異常高値を認めた。

病理所見：右肺上葉の径気管支肺生検で扁平上皮癌が強く疑われる所見であった。

画像所見：

[胸部CT] (図1) 右肺上葉に長径3cm大の不整形陰影を認める。両肺に気腫性変化も認める。

[胸部PET/CT] (図2) 右肺上葉の不整形陰影に一致した異常集積を認める。

[頭部CT] (図3) 右頭頂骨に転移による溶骨性変化を疑う濃度低下を認める(5mmスライス厚)。

[頭部CT] (図4) 図3とほぼ同レベルで11年前に撮像された断面。右頭頂骨に明らかな濃度低下の異常域はみられない(8mmスライス厚)。

[骨シンチグラフィSPECT体軸断] (図5) 両側頭頂骨で軽度右側優位だが、ほぼ左右対称性に集積低下を認める。

[頭部CT] (図6) 図3と同一データをthin sliceで表示したもの。両側頭頂骨で右側でより顕著だが、ほぼ左右対称性に骨の菲薄化を認める(0.5mmスライス厚)。

《考 察》

頭蓋骨の菲薄化が、頭部CTのthick sliceでは、部分容積効果によって骨転移を示唆する溶骨性変化にみえたが、thin sliceで菲薄化であることが判明した症例である。頭蓋骨の厚みの異常は、図7の80歳台女性の参考症例に示すhyperostosis frontalis internaが有名であるが、これと位置や現象が対称的にみられるのが本症例である。Hyperostosis frontalis internaは前頭骨で頭蓋骨内板が内側に肥厚していくが、本症例では、頭頂骨で頭蓋骨板間層が外板側から菲薄化していく。Hypoostosis parietalis externaとも呼べる現象であるが、こうした用語は調べた限りでは存在しない。頭頂骨の菲薄化は、先天的な頭蓋骨板間層の異形成ではなく、中高年でみられる緩徐に進行する現象で、hyperostosis frontalis internaと同様に女性により多く(男性の1.9倍)みられると報告されている¹⁾。頭頂骨の菲薄化については、本症例と同様の骨シンチグラフィ所見を示した例など、いくつか報告されている²⁾⁻⁶⁾。

《おわりに》

肺癌の頭蓋骨転移を疑ったが、頭部CT画像の所見と骨シンチグラフィの所見との不一致から、thin sliceで頭部CT画像を見直した結果、頭頂骨の菲薄化が判明した症例である。Hyperostosis frontalis internaとは対称的な現象がみられ、興味深いと思われたので報告した。

《参考文献》

- 1) Cederlund C G, Adnren L, Olivecrona H. Progressive bilateral thinning of the parietal bones. Skeletal Radiol 1982;8:29-33.
- 2) Dutta Pratap C. Bilateral parietal thinning in bronze age skull. Br Med J 1969;1:55.
- 3) Tsutsumi Satoshi, Yasumoto Yukimasa, Ito Masanori. Idiopathic calvarial thinning. Neurol Med Chir(Tokyo)2008;48:275-278.
- 4) Durward Archibald. A note on symmetrical thinning of the parietal bones. J Anat 1929;63:356-362.
- 5) Lim Seok Tae, Sohn Myung-Hee. Bilateral symmetric photon defects in the parietal bones on Tc-99m MDP bone scintigraphy. Clin Nucl Med 2001;26:570-571.
- 6) Yiu Luk S, Fai Shum JS, Wai Chan JK. Bilateral thinning of the parietal bones. Pan Afr Med J 2010;4:7.

リレー講座

診療に役立つ核医学の基本-専門医試験も見すえ
「安全取り扱い・関連法規・被曝その4」

本田 憲業 HONDA Norinari

前号に引き続き過去に出題された核医学専門医認定試験の解説をする。

5)法令に関する試験問題

問 次の記述で正しいのはどれか。(2004年試験第18問)

- (1) 4 GBqの密封線源を装備した照射機器は診療用放射線装置と想定される。
- (2) 固体状放射性廃棄物は減衰保管すれば、一般廃棄物として廃棄してよい。
- (3) 病院における診療用放射性同位元素または放射性同位元素によって汚染された物の焼却は認められていない。
- (4) 診療用放射性同位元素により治療を受けている患者を放射線治療病室以外の病室に入院させてはならない。
- (5) 病院の管理者は病院内の病室に入院している患者の被曝する放射線(診療により被曝する放射線を除く)の実効線量が3月間に1.3ミリシーベルトを超えないようにしなければならない。

- a.(1),(2) b.(1),(5) c.(2),(3)
d.(3),(4) e.(4),(5)

解答：e

解説：

選択肢(1)：誤り。密封線源を装備した診療用の器具は、線源の放射能により、以下の様に区分されている。

診療用放射線照射装置：放射性同位元素の下限量の1000倍を越えるもの。

診療用放射線照射器具：放射性同位元素の下限量の1000倍以下のもの。

放射性同位元素装備診療機器：厚生労働大臣が定める。現時点では、骨塩分析装置、ガスクロ、グラフィ用エレクトロンキャプチャディテクタ、輸血用血液照射装置、のみ。

診療用放射線装置という名称のものはないので、誤りとする。

密封された放射性同位元素の下限量は、3.7MBqであるので、選択肢(1)は診療用放射線照射装置である。医療法施行規則(<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S23/S23F03601000050.html>)にも同様の規定がある。

選択肢(2)：誤り。PET 診療用放射性同位元素については、平成16年7月に、「原子の数が1を下回ることが確実な期間として厚生労働大臣が定める期間」を超えれば、通常の医療廃棄物になる。この期間は封をしてから7日間と告示されている。出題当時はまだこの規定は無かった。

選択肢(3)：誤り。但し、医療法施行規則第三十条の十一の四で、医療用放射性汚染物の焼却は認められている。我が国では、廃棄は日本アイソトープ協会に廃棄を委嘱しているのが現実である。同協会以外に廃棄を委託できる機関はない。

選択肢(4)：正しい。医療法施行規則第三十条の十五に規定されている。

選択肢(5)：正しい。告示第十条2の二、医療法施行規則第三十条の十九に規定されている。

問 次の記述で正しいのはどれか。(2006年試験第17問)

- (1) 診療用放射性同位元素の廃棄施設の外側における実効線量は1ヶ月につき1ミリシーベルト以下になるように遮蔽する。
- (2) 管理区域の外部放射線の線量については、実効線量が1.3mSv/3月である。
- (3) 診療用放射性同位元素により治療を受けている患者を入院させる病室の隔壁の外側の実効線量は1週間につき1ミリシーベルト以下でなければならない。
- (4) 放射性同位元素による汚染に関する記録は3年間保存されなければならない。
- (5) 放射性輸送物の「標識」の「三葉マーク」には赤字を使用してもよい。

- a.(1),(2) b.(1),(5) c.(2),(3)
d.(3),(4) e.(4),(5)

解答：c

解説：

選択肢(1)：誤り。1 mSv/weekである。選択肢(2)：正しい。選択肢(3)：正しい。管理区域の境界では1.3mSv/3月である。選択肢(4)：誤り。5年間である。選択肢(5)：誤り。黒と決められている。

http://www.jrias.or.jp/products/pdf/yusoguido_201304.pdf

埼玉医科大学総合医療センター (画像診断・核医学科)

〒350-8550 埼玉県川越市鴨田1981

TEL. 049-228-3439 FAX. 049-228-3753

E-mail : norihnd@saitama-med.ac.jp

問 被曝の線量限度について正しいのはどれか。
(2006年試験第18問)

- (1) 医療従事者の眼の水晶体は150mSv/年である。
(2) 医療従事者の皮膚は500mSv/年である。
(3) 医療従事者の実効線量限度は100mSv/5年間である。
(4) 女性医療従事者の実効線量限度は3mSv/3月である。
(5) 公衆被曝の線量限度は2mSv/年である。
- a.(1),(2),(3) b.(1),(2),(5)
c.(1),(4),(5) d.(2),(3),(4)
e.(3),(4),(5)

解答：a

解説：

選択肢(1)：正しい。選択肢(2)：正しい。選択肢(3)：正しい。選択肢(4)：誤り。5mSv/3月である。選択肢(5)：誤り。1mSv/年である。

問 放射線診療従事者(以下従事者)の被ばく管理に関する以下の記述の中で正しいのはどれか。
(2006年試験第19問)

- a. 妊娠を申告してから出産までの全期間で実効線量は10mSvである。
b. 妊娠する可能性がある女性は、個人線量計を腹部表面に装着する。
c. 従事者の内部被ばくと外部被ばくで、別々に実効線量限度を定めている。
d. 手および足の等価線量限度と、水晶体の等価線量限度は等しい。
e. 実効線量が5mSv/年以下の場合は、健康診断が免除される。

解答：b

解説：

選択肢a：誤り。2mSvである。選択肢b：正しい。選択肢c：誤り。選択肢d：誤り。500と150mSv/年である。選択肢e：誤り。実効線量が5mSv/年以下の場合で、当該年度もこれを越えるおそれがなく、医師が必要と認めない場合に、省略できる。(電離則, 人事院規則)

問 放射線業務従事者にかかわる被ばく線量限度について正しいのはどれか。(2007年試験第14問)

- (1) 実効線量限度—100mSv/5年
(2) 妊娠中の女子の腹部表面の等価線量限度—管理者が妊娠と知った時から出産まで5mSv
(3) 眼水晶体の等価線量限度—50mSv/年
(4) 女子放射線業務従事者の実効線量限度—5mSv/3月
(5) 皮膚の等価線量限度—500mSv/年
- a.(1),(2),(3) b.(1),(2),(5)
c.(1),(4),(5) d.(2),(3),(4)
e.(3),(4),(5)

解答：c

解説：

選択肢(1)：正しい。どの一年も50mSvを越えないことも要求される。選択肢(2)：誤り。腹部2mSv。これにより胎児(一般公衆と見る)は1mSv/yearが確保される。選択肢(3)：誤り。

150mSv/year。選択肢(4)：正しい。5×12/3=20で結局年20mSv以下と同じだが1年より短い期間でチェックすることになる。選択肢(5)：正しい。

問 放射線業務に関する線量限度について正しいのはどれか。(2008年試験第19問)

- (1) 管理区域において外部放射線に係る線量限度は5mSv/3月である。
(2) 女子の実効線量限度は5mSv/3月である。
(3) 眼の水晶体の等価線量限度は150mSv/年である。
(4) 皮膚の等価線量限度は250mSv/年である。
(5) 妊娠中の腹部表面の等価線量限度は妊娠の事実を知ったときから出産まで1mSvである。

- a.(1),(2) b.(1),(5) c.(2),(3)
d.(3),(4) e.(4),(5)

解答：c

解説：

選択肢(1)：誤り。女子放射線業務従事者の場合のみ。選択肢(2)：正しい。選択肢(3)：正しい。選択肢(4)：誤り。500mSvである。選択肢(5)：誤り。2mSvである。

問 放射線診療従事者の被ばく防止に関する次の記載のうち誤っているのはどれか。(2010年試験第16問)

- a. 実効線量限度—5年間100mSvかつ1年間20mSv
b. 女子の実効線量限度—3ヶ月間5mSv
c. 妊娠中である女子の内部被ばく—1mSv
d. 水晶体の等価線量限度—1年間150mSv
e. 皮膚の等価線量限度—1年間500mSv

解答：a

解説：

選択肢a：誤り。後半は「1年間50mSv」が正しい。選択肢b：正しい。選択肢c：正しい。「内部被ばく」と書いているところがみそ。誤り。選択肢d：正しい。選択肢e：正しい。

問 サイクロトロンおよび化学的方法による不純物を除去する機能を備えた合成装置により製造された陽電子断層撮影診療用放射性同位元素(PET検査薬)の廃棄物に関する以下の記述のうち、正しいのはどれか。(2006年試験第20問)

- a. PET検査薬の廃棄に際しては、放射線障害防止法上の許可を得ていれば、医療法上の届出は不要である。
b. PET検査薬を投与した患者の、投与後8時間までの排泄物は、管理区域内での保管廃棄の対象となる。
c. 実験用動物に投与したPET検査薬が医薬品の場合は、医療法の規制による動物廃棄が必要となる。
d. PET検査薬のうちで、適切な対応によりRI廃棄物として扱うことを要しない核種は、 ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F の4核種に限定されている。
e. 市販されているPET検査薬の廃棄に際しては、購入日の翌日から、RI廃棄物として扱う必要はない。

解答：d

解説：

選択肢a：誤り。院内調剤したPET検査薬は放射線障害防止法の適用を受けない。ただし、これを製造するための原料は放射線障害防止法の適用対象である。従ってこの選択肢の前半は誤り。後半も誤り。選択肢b：誤り。選択肢c：誤り。医療でないので、医療法は適応されない。選択肢d：正しい。厚生労働省告示第306号で定められている。適切な対応とは、これら以外の放射性同位元素が混入、付着しないようにして、封をした日から7日間管理区域内に置いた場合である。選択肢e：誤り。7日間保存せねばためである。

問 放射性医薬品に関する次の記述のうち、正しいのはどれか。(2007年試験第9問)

- (1) 放射性医薬品は、一般の医薬品とは異なり、薬事法の規制を受けない。
- (2) 尿や血液を試料としてラジオイムノアッセイなどの測定に用いる放射性医薬品はインビトロ放射性医薬品と呼ばれる。
- (3) インビボ治療用放射性医薬品に用いられる核種には ^{131}I や ^{90}Y があり、いずれも放出ベータ線を利用する。
- (4) がん治療に用いるイリジウム密封線源は放射性医薬品である。
- (5) 放射性医薬品は、放出する放射線と本来医薬品として持っている薬理作用の両面から診断・治療を行う。

a.(1),(2) b.(1),(5) c.(2),(3)
d.(3),(4) e.(4),(5)

解答：c

解説：

選択肢(1)：誤り。薬事法の対象である。選択肢(2)：正しい。体外診断用放射性医薬品といわれる。選択肢(3)：正しい。アルファ線放出核種も遠くない将来、導入されるだろうがまだ無いので正しい。選択肢(4)：誤り。診療用放射線照射器具である。選択肢(5)：誤り。薬理作用は期待されない。薬剤の体内分布とその機序が重要である。

問 院内製造された ^{18}F -FDGの保険診療での使用に関する次の記述について正しいのはどれか。(2007年試験第12問、2008年試験第14問はこれの小変更版)

- (1) 製造に際して放射線障害防止法の規制を受けない。
- (2) 合成装置は医療用具である必要はない。
- (3) サイクロトロンは医療用具である必要はない。
- (4) 核医学会が作成したガイドラインに従って使用するのが望ましい。
- (5) 使用に際しては医療法、薬事法の規制を受けない。

a.(1),(2) b.(1),(5) c.(2),(3)
d.(3),(4) e.(4),(5)

解答：d

解説：

選択肢(1)：誤り。原材料やサイクロトロンは放射線障害防止法の規制を受ける。生成されたFDGは放射線障害防止法の規制を受けない。

選択肢(2)：誤り。薬事承認品、すなわち、医療用具を用いる。選択肢(3)：正しい。選択肢(4)：正しい。選択肢(5)：誤り。医療法、薬事法の規制を受ける。

問 院内製造された ^{18}F -FDGの保険診療での使用に関する次の記述について正しいのはどれか。(2008年試験第14問)

- (1) 製造に際して放射線障害防止法の規制を受けない。
- (2) サイクロトロンは医療用具でなければならない。
- (3) 合成装置は医療用具でなければならない。
- (4) 核医学会が作成したガイドラインに従って使用するのが望ましい。
- (5) 使用に際しては医療法、薬事法の規制を受けない。

a.(1),(3) b.(2),(4) c.(1),(5)
d.(3),(4) e.(2),(5)

解答：d

解説：

選択肢(1)：誤り。受ける。選択肢(2)：誤り。理化学機器でよい。選択肢(3)：正しい。選択肢(4)：正しい。選択肢(5)：誤り。

問 放射線業務従事者に対する健康診断について正しいのはどれか。(2008年試験第18問)

- (1) 健康診断は初めて管理区域に立ち入る前に行う。
- (2) 管理区域に立ち入った後健康診断は3ヶ月を超えない期間ごとに行う。
- (3) 血液検査項目は、末梢血液中の血色素量またはヘマトクリット値、赤血球数、白血球数である。
- (4) 放射線業務従事者になる予定で健康診断を受診した者は、実際に管理区域に立ち入らなければ放射線業務従事者とはならない。
- (5) 健康診断の記録は5年間保存しなければならない。

a.(1),(2),(3) b.(1),(2),(5)
c.(1),(4),(5) d.(2),(3),(4)
e.(3),(4),(5)

解答：c

解説：

選択肢(1)：正しい。選択肢(2)：誤り。電離則、人事院規則では6月を超えない期間ごと。障防法は1年を超えない期間ごと。選択肢(3)：誤り。白血球百分率がぬけている。選択肢(4)：正しい。管理区域に立ち入らなければ、放射線業務従事者ではないため。選択肢(5)：正しい。

問 核医学診療従事者の放射線健康診断について誤っているのはどれか。2つ選べ。(2010年試験第20問)

- a. 健康診断の実施期間は放射線障害防止法と労働安全衛生法で同じである。
- b. 問診は省略できない。
- c. 管理区域に入る前あるいは雇入れ時の健康診断は省略できない。
- d. 医療法には健康診断の規定はない。

- e. 健康診断の記録の保存期間は、放射線障害防止法、労働安全衛生法いずれも5年間である。

解答：a, e

解説：

選択肢a：誤り。選択肢b：正しい。選択肢c：誤り？。雇入れ時の健康診断は定められていない。選択肢d：正しい。選択肢e：誤り。期限の規定はない。業務者で無くなるか、5年以上経てば、指定機関に外部委託できることになっている。

問 放射線障害防止法の規制を受けるのはどれか。2つ選べ。(2010年試験第17問)

- 放射性医薬品
- 患者に刺入されたあとの¹²⁵Iシード
- 定義数量(免除レベル)以下の校正用線源
- サイクロトロン
- PETカメラの吸収補正線源

解答：d, e

解説：

選択肢a：受けない。薬事法の管轄である。
 選択肢b：受けない。医療法で管理される。挿入後1年以内の死亡時には、解剖して前立腺ごと取り出す。保管廃棄する。日本アイソトープ協会に廃棄を委託するには、シードのみを取り出し、血液等を洗浄し滅菌したあとでのみ可能である。
 選択肢c：受けない。選択肢d：受ける。選択肢e：受ける。

問 放射性ヨウ素131内服治療患者の退出に際して正しいのはどれか。(2004年試験第20問)

- ある患者の体表面から1メートルにおける線量率が $20\mu\text{Sv/h}$ であったので退院させた。
 - 退出を認めた場合の必要記録項目は、退出した日時、退出時に測定した線量率である。
 - 退院後の第三者に対する不必要な被曝をできるだけ避けるための注意を口頭のみで行った。
 - 介護者の線量拘束値を一行為あたり5mSvとして算出している。
 - 体内残留放射線量500MBqを保有する患者が大部屋に帰室した場合、至近ベッド患者の被曝線量は公衆被曝線量限度の約2倍である。
- a.(1),(2),(3) b.(1),(2),(5)
 c.(1),(4),(5) d.(2),(3),(4)
 e.(3),(4),(5)

解答：c

解説：

日本核医学会腫瘍免疫核医学研究会のI-131内服療法適正使用マニュアル(http://oncology.jsnm.org/files/pdf/2013/i-131_manual_2013.07.10.pdf)を参照する。

選択肢(1)：正しい。 $30\mu\text{Sv/h}$ 以下であれば退出可能である。選択肢(2)：誤り。投与量、退出した日時、退出時の線量率、授乳中の母親では、注意・指導した内容、の記録が必要である。すなわち、投与量と授乳中の母親の場合の注意・指導した内容の記録が、抜けている。選択肢(3)：誤り。書面および口頭の両方が必要である。選択肢(4)：

正しい。選択肢(5)：正しい。上記マニュアルでは以下の様に計算している。退出基準はクリヤしているため、帰室時の線量率 $30\mu\text{Sv/h}$ である。入院患者なので、24時間同室とし、2mの距離、半減期を物理学的半減期とすると、 2.1mSv となる。但し、同マニュアルでは、もっと少ない被曝の計算も書いている。選択肢の表現としては、同室期間の長さが記載されていないので、解答に困る場合もあると思われる。

問 正しいのはどれか。2つ選べ。(2010年試験第19問)

- ¹³¹I投与患者の体内残留放射能濃度が500MBqまで下がったので退院させた。
- PET用核種により汚染された廃棄物は、日本アイソトープ協会に引き取ってもらわなければならない。
- 一般病室に空きがなく、放射線治療病室の放射能を測定し問題がなかったため、一般患者を放射線治療病室に入院させた。
- ^{99m}Tcで汚染した廃棄物だけを個別に保管管理し、その放射能が10MBqを下回る場合には一般廃棄物として廃棄することが許される。
- 排水および排気に関わる汚染状況の記録は5年間保管しなければならない。

解答：a, e

解説：

選択肢a：正しい。選択肢b：誤り。他のRIの混入、汚染を防ぎ、封をして7日間保管で、RI汚染物では無くなる。選択肢c：誤り。選択肢d：誤り。選択肢e：正しい。

問 核医学診療に従事する男性医師の場合、法令で定める正しい実効線量限度はどれか。1つ選べ。(2011年試験第17問)

- 3か月間に5mSv
- 1年間に10mSv
- 5年間に10mSv
- 1年間に100mSv
- 5年間に100mSv

解答：e

解説：

法令を正しく理解しているかが問われている。正解はeである。5年間につき100mSvを超えず、かつ、1年間につき50mSvを超えないようにしなければならない。

問 PET施設に従事する医師や歯科医師の少なくとも1名に、法令上求められるものとして誤っているのはどれか。1つ選べ。(2011年試験第18問)

- 当該の病院の常勤職員であること。
- PET診療の安全管理の責任者であること。
- 核医学診断の経験を3年以上有していること。
- PET装置の性能点検を含む所定の研修をうけていること。
- PETによる腫瘍診断に関する研修をうけていること。

解答：e

解説：

選択肢a：正しい。選択肢b：正しい。選択肢c：

正しい。選択肢 d：正しい。選択肢 e：誤り。

問 放射線防護の原則に関して、正しいのはどれか。2つ選べ。

- リスクベネフィット(risk-benefit)の原則に従う。
- ALARA(as low as reasonably achievable)の原則は経済的、社会的要因を考慮しない。
- ICRP(国際放射線防護委員会)が勧告する限度を超えてはならない。
- 職業人の線量限度には、医療被ばくと自然放射線による被ばくを含める。
- 一般人の線量限度は職業人と同じである。

解答：a, c

解説：

選択肢 a：正しい。選択肢 b：誤り。経済的、社会的要因を考慮する。選択肢 c：正しい。選択肢 d：誤り。医療被ばくと自然放射線による被ばくを含めない。選択肢 e：誤り。

問 院内製造された¹⁸F-FDGの保険診療での使用に関する次の記述について正しいのはどれか。2つ選べ。(2012年試験第17問)

- 製造に際して放射線障害防止法の規制を受けない。
- サイクロトロンは医療用具でなければならない。
- 合成装置は医療用具でなければならない。
- 核医学会が作成したガイドラインに従って使用するのが望ましい。
- 使用に際しては医療法、薬事法の規制を受けない。

解答：c, d

解説：

選択肢 a：誤り。放射線障害防止法の規制を受ける。選択肢 b：誤り。選択肢 c：正しい。選択肢 d：正しい。選択肢 e：誤り。医療法、薬事法の規制を受ける。

問 次の記述で正しいのはどれか。2つ選べ。(2012年試験第21問)

- 管理区域は、外部放射線に係る線量が厚生労働大臣が定める線量を超えるおそれのある場所を指す。
- 密封されている放射性同位元素を使用し、又は放射性同位元素によって汚染された物で密封されていないものの詰替をする部屋を作業室と呼ぶ。
- 放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱い、管理又はこれに付随する業務に従事するものであって、管理区域に立ち入るものを放射線業務従事者という。
- 管理区域には、人がみだりに立ち入らないような措置を講じ、放射線業務従事者以外の者が立ち入る時は、放射線業務従事者の指示に従わせる。
- 放射性同位元素によって汚染された物で、その表面の放射性同位元素の密度が表面密度限度を超えているものは、ただちに廃棄保管する。

解答：c, d

解説：

選択肢 a：誤り。外部放射線、空気中の濃度、表面密度も管理区域の設定に關与する。選択肢 b：誤り。許可使用者は放射性同位元素を使用施設で使用する。届出使用者は、密封されている放射性同位元素を使用場所で使用する。密封されていない放射性同位元素は作業室で使用する。汚染物の詰替は廃棄物詰替施設で行う。選択肢 c：正しい。選択肢 d：正しい。選択肢 e：誤り。

問 放射線診療従事者等の被ばく防止について、誤っているのはどれか。2つ選べ。(2012年試験第22問)

- 外部被ばくによる線量は、頭部について測定する。
- 女子では外部被ばくによる線量測定は腹部について測定する。
- 外部被ばくによる線量測定は、管理区域に立ち入っている間、継続して行う。
- 内部被ばくによる線量の測定は、放射性同位元素を吸入・経口摂取した場合にはそのつど行う。
- 内部被ばくによる線量の測定は、放射性同位元素を吸入・経口摂取するおそれのある場所に立ち入る場合には1年間を超えない期間ごとに一回行う。

解答：a, e

解説：

選択肢 a：誤り。胸部、または腹部で行う。選択肢 b：正しい。選択肢 c：正しい。選択肢 d：正しい。選択肢 e：誤り。3月(妊婦は1月)を超えない期間ごとに一回、測定する。

リレー講座

核医学技術の基礎

「ガンマカメラにおけるガンマ線検出器の役割と特性」

尾川 浩一 OGAWA Koichi

《はじめに》

ガンマ線を検出するためには、コリメータの孔を通過して検出器に入射してくるガンマ線のエネルギーを電気信号に変換する必要がある。この変換の方式には2種類有り、一つは入射したガンマ線のエネルギーを一旦、光の信号に変え、この光を電気的な信号に変えるもの(間接検出法と呼ばれる)と、入射したガンマ線のエネルギーを直接、電気信号に変えるもの(直接検出法と呼ばれる)である。前者の検出器を代表するものがNaI(Tl)シンチレーション検出器であり、後者のタイプを代表するものが、近年使われ始めた常温で使用することが可能なCdTe半導体検出器またはCdZnTe半導体検出器である。ここでは、NaI(Tl)シンチレータを用いた検出器を中心に述べる。

《ガンマ線検出の仕組み》

ガンマ線の検出を行うためには、ガンマ線と検

出器を構成する原子との間で何らかの相互作用を起こさせる必要がある。図1は典型的なガンマ線検出の方法を示している。(A)がガンマカメラで一般的に用いられている検出方式であり、NaI(Tl)シンチレータに入射したガンマ線がシンチレータを構成する原子と相互作用して検出が行なわれる。核医学検査において使用する比較的低いエネルギーのガンマ線と原子の相互作用では、光電効果、コンプトン散乱がその主なものとなっている。これらの相互作用の確率は、原子番号が大きい(光電効果の確率が高い)、密度が高い(コンプトン散乱の確率が高い)ことによって大きくなる。したがって、放射性医薬品から放出される60~300keVのX線、ガンマ線に対して、相互作用が起こりやすいNaI(Tl)の単結晶シンチレータ(密度が高く、原子番号が大きい)が用いられる。入射したガンマ線は光電効果によってエネルギーを失い消滅する。一方、光電効果の際に放出され

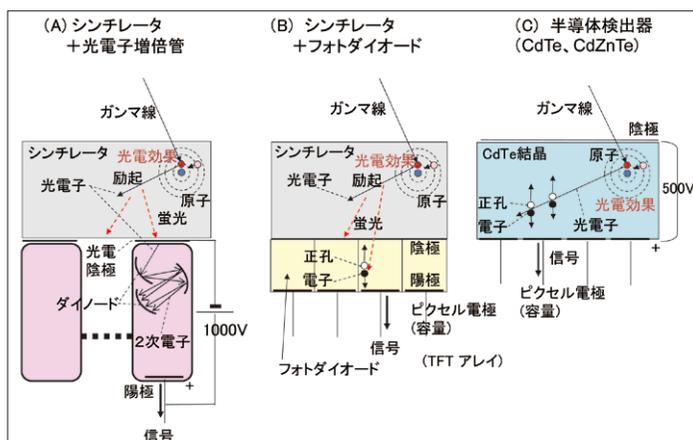


図1 ガンマ線検出の方式

た光電子はシンチレータを構成する物質に対してエネルギーを与えながら、最後にその運動エネルギーを失って静止する。この際に付与されたエネルギーはシンチレータを構成する原子の価電子帯の電子を励起し、電子はアクチベータ(activator)のエネルギー準位まで押し上げられる。NaI(Tl)シンチレータではTlが不純物として混合されており、これがアクチベータの働きをし、励起された電子の居場所となる。アクチベータによって形成されたエネルギー準位は、NaI結晶の伝導帯のエネルギー準位

法政大学理工学部応用情報工学科

〒184-8584 小金井市梶野町3-7-2

TEL・FAX 042-387-6189 e-mail: ogawa@hosei.ac.jp

Dept. of Applied Informatics, Faculty of Science and Engineering, Hosei Univ.

よりも低いので、励起された電子はそのエネルギー準位にトラップされ、一方、価電子帯では電子がなくなった場所が正孔として出現することになる。不安定なアクチベータの準位にいる電子は、エネルギーを蛍光(シンチレーション)と呼ばれる光の形態で放出して価電子帯の正孔と再結合し安定状態に戻る。これがシンチレーション発光のメカニズムである。

この蛍光は透明なシンチレータ内を通過し、光電子増倍管(photomultiplier tube : PMT)の光電陰極面に到達する。このときに、光電面の原子と相互作用を行い光電効果が起こる。このときも光電子が放出されるが、今度は真空中を加速しながら正の電位のダイノードに衝突する。この際、2次電子が複数個発生し、これらはそのダイノードよりもっと大きな正の電圧のかかっているダイノードに向かって加速する。このような、ダイノード面への衝突、2次電子の放出と加速が各段で行われ、最後の陽極(アノード)に至るときには、100万倍以上の電子数となり、信号が計測される。(B)はシンチレータとフォトダイオードを用いた放射線計測の形を表しているが、X線CTなどは原理的にこのような形態でX線の計測が行われる。この図では発生した蛍光がフォトダイオード内に入って、そこでエネルギーを与え電子・正孔対が発生し、この電気信号を計測することでガンマ線の検出が行われる。(C)は半導体検出器の場合を示すが、この場合は入射したガンマ線が素子内で光電効果を起こし、そのときに発生した光電子が近傍の結晶素子にエネルギーを与え、電子・正孔対が発生する。この電荷(キャリア)を素子の両面のピクセル電極に集めて信号の計測が行われる。

ガンマカメラで用いられるNaI(Tl)結晶は、さらに残光特性として減衰時間が短いこと、発光特性として波長が光電子増倍管の感度に一致していること、大型化が可能であるなどの長所を合わせ持っているのでイメージングに大変都合がよい。実際には、厚さが9mm程度で、形状が長方形(40×55cm程度)のものが一般に用いられている。光子を検出する際の空間分解能はこの厚さが薄くなるほど高くなるが、厚さが薄くなると入射したガンマ線が相互作用を起こさずに透過してしまうという確率が増加し、検出感度は逆に低下してしまう。そのため、感度と空間分解能の兼ね合いから決めた9mm程度の厚さの結晶が用いられている。

結晶	密度 [g/cm ³]	発光量 [photon/keV]	減衰時間 [nsec]	エネルギー分解能 (%FWHM)@140keV	発光波長 [nm]
NaI(Tl)	3.7	38	230	8~9	415
CsI(Tl)	4.5	65	680, 3340	8~9	540
LaCl ₃ (Ce)	2.8	49	20,213	~6	330
LaBr ₃ (Ce)	5.3	61	35	~6	358

表1 シンチレータ

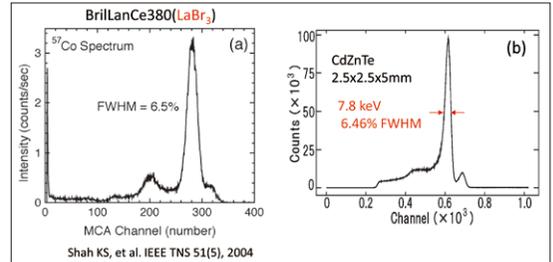


図2 シンチレータLaBr₃と(b)半導体検出器(CZT)によるCo-57のエネルギースペクトル

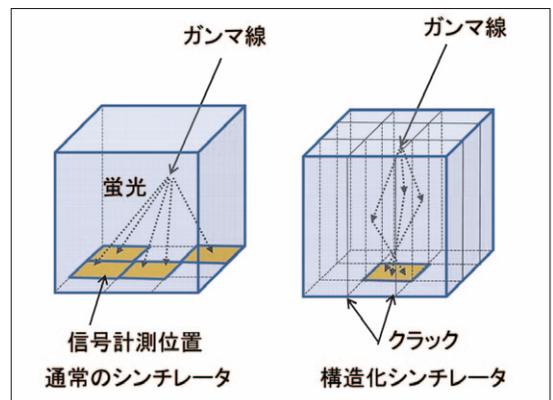


図3 レーザ加工による空間分解能の改善

また、現在、よく用いられているシンチレータのエネルギー分解能は9%程度(140keV)である。NaI(Tl)シンチレータのエネルギー分解能は、対象となるガンマ線のエネルギーが低くなると若干低下する。このため、Tc-99mのイメージングよりもTl-201のイメージング時には少しエネルギーウィンドウを広くしてデータを収集することが行われている。前述した半導体検出器を搭載したガンマカメラはだいたい5~6%FWHM(@140keV)であるが、シンチレータの場合にはガンマ線のエネルギーがいったん光に変換されて、さらにその光が光電子増倍管によって電気信号になるため、変換時の統計的揺らぎやエネルギー損失が大きく、エネルギー分解能を低下させる原因となっている。このエネルギー分解能の低さはNaI(Tl)シンチレータの大きな問題点であり、複数の核種を用いて検査を行うと、各々の核種の光電ピークが十分に弁別できなかったり、コンプト

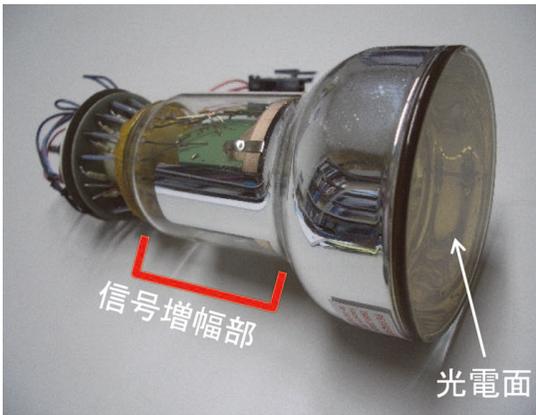


図4 前面から見た光電子増倍管(3インチ)

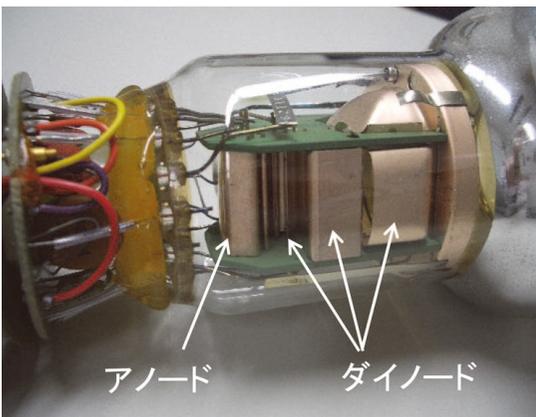


図5 側面から見た光電子増倍管(信号増幅部)

ン散乱した光子がプライマリ光子のエネルギーウィンドウに入るため、プライマリ光子のみによる映像化ができないということが起きる。散乱線の補正やクロストーク補正が必要となるのはこのためである。また、シンチレータの欠点は空間分解能において限界があることである。これはガンマカメラが、もともとガンマ線との相互作用の際に発生した蛍光を検出して、それをガンマ線の入射位置と見なしている点にある。すなわち、入射したガンマ線がたまたま光電子増倍管に近い結晶内の位置で相互作用を起こせば、その光が拡散する範囲が狭くなり光電子増倍管には大きな信号が発生し空間分解能が高くなる。これに対し、光電子増倍管からもっとも遠い、すなわちコリメータに近い結晶内の部分で相互作用が起これば、その光が拡散する範囲は広くなり、位置検出演算の精度が若干低下し、その結果空間分解能が低下することになる。

《シンチレーション検出器の性能改善》

表1にはさまざまなシンチレータの物理的特性を示したが、前述したようにNaI(Tl)シンチレータのエネルギー分解能はそれほど良くない。近年では、このようなエネルギー分解能の低さを改善することを目的としてLaBr₃(Ce)などの新しいシンチレータも開発されている。このシンチレータのエネルギー分解能は6%FWHM(@140keV)程度であり、半導体検出器のそれに匹敵するので実用化に向けての研究もさかんに行われている。図2左にはLaBr₃(Ce)で計測したCo-57のエネルギースペクトルを示し、右にはCdZnTe半導体検出器で測定したものを示す。シンチレータであっても半導体検出器と同等の良いエネルギー分解能が得られていることがわかる。また、固有空間分解能が低いことにより、PET装置のような高分解能の機能イメージング画像を得ることができないのも欠点の一つである。近年では空間分解能の向上を目指して、シンチレータの結晶内に細かなクラック(ひび、割れめ)をレーザを用いて作り、ひとつの単結晶でありながらも、その蛍光の拡散する範囲を限定し、あたかも人工的なピクセルを生成することも行われている(図3参照)。蛍光はこのクラックの部分で反射や散乱をするために、発光は限定的な範囲にとどまり、空間分解能の向上に寄与することになる。このようなシンチレータのことを構造化シンチレータ(structured scintillator)と呼んでいる。これらの様々な改善によって、高いエネルギー分解能、空間分解能も実現しつつある。

《光電子増倍管と位置検出》

シンチレータでガンマ線のエネルギーが光に変換された後、その光を電気信号に変換するのが光電子増倍管であり、通常フォトマルと呼ばれている。図4の光電子増倍管はシンチレータで発生した光子を、前面の光電面で光電子に変え、これを図5に示した多数段のダイノードで2次電子増幅するものである。光電面としてはCs-Sb、あるいはCs-K-Sbが用いられ、この感度特性はシンチレータの発光スペクトルに適合した値(400~370nm)で最大となっている。通常は電子1個の入射に対してダイノード1段当たり3~6個の2次電子が発生し、10段のダイノードを持つ場合、全体で10⁶~10⁷個程度の電子が発生する。この複数

の光電子増倍管からの信号を用いて位置検出が行われ、ガンマ線の入射位置が特定されることになる。通常、ガンマカメラ全体では40~80本の光電子増倍管(直径50~75mm)が用いられているので、各々の光電子増倍管の感度特性のずれがガンマ線の入射位置の決定や均一性に大きな影響を与える。このためLEDなどの基準発光源を用いて光電子増倍管の性能を常時安定させることができるようになってきている。光電子増倍管は、光電子を増幅する一種の真空管であり、PET装置にも用いられているものであるが、MRI装置と組み合わせたSPECT/MRIやPET/MRIなどでは静磁場の影響を受け使用することができない。そこで開発されたのがSiPM(シリコンフォトマル)あるいはMPPC(multi-pixel photon counter)と呼ばれる半導体技術を用いた光電変換素子である。これら

は光電子増倍管と同様の増幅率をもちながら、磁場の影響を受けないので近年、ハイブリッドシステムの領域では注目を浴びている。

《まとめ》

NaI(Tl)シンチレータは入射したガンマ線を、一旦、光の信号にして、後段の光検出、増幅器である光電子増倍管で入射ガンマ線の位置とエネルギーを知るために不可欠な要素となっている。このシンチレータの使用は60年以上も核医学のガンマカメラで用いられ続けており成熟した技術になっているが、新しいシンチレータの開発やより高い空間分解能を目指したピクセル化技術、ならびに新しい光電変換増幅装置の開発も盛んに行われており、より進化つつある。

GE Healthcare

From Late Disease to Early Health



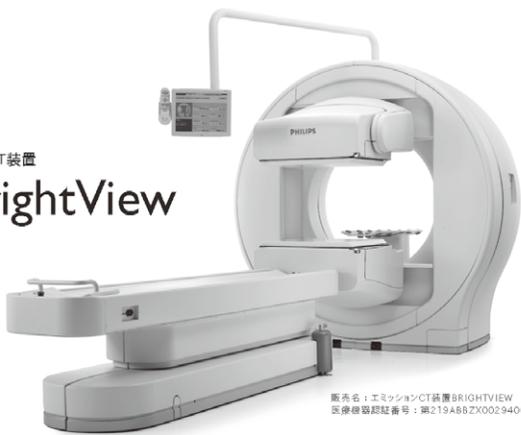
GEはEarly Health実現に向けてMolecular Imagingを使って世界の医療における変革を推進し、疾患が進行してからの医療(Late Disease)から早期診断・早期治療(Early Health)の確立を目指します。



GE imagination at work

販売名称：X線CT組合せ型ボトロンCT装置 Optima PET/CT500Discovery PET/CT 600
 業事認証番号：221ACBZX00029000
 販売名称：核医学診断用装置 Discovery NM/CT 670
 業事認証番号：222ACBZX00080000
 販売名称：放射性医薬品合成設備 FASTlab
 業事承認番号：223008ZX00445000

DOC1215724



SPECT装置
BrightView

販売名：エミッションCT装置 BRIGHTVIEW
 医療機器認証番号：異219A88ZX00294000号

HITACHI

Inspire the Next

クローズアップテクノロジー
 被検者との距離による空間分解能の劣化を低減し、高画質を得られます。

ワークフロー
 先進的デジタル技術が、画像処理の高速化と優れた操作性を提供します。

ピンポイントディテクター
 大視野・薄型設計と高い基本性能を実現、快適な検査環境を創りだします。

株式会社日立メディコ

URL www.hitachi-medical.co.jp 〒101-0021 東京都千代田区外神田4-14-1 秋葉原UDX

SIEMENS



Biograph mCT Flow

PET・CT

Answers for life.

X線CT組合わせ型ボルトンCT装置 バイオグラフmCT
 認証番号:221ADBZX00015000

nhon
medi+physics

放射性医薬品・骨疾患診断薬

処方せん(医薬品注) **クリアボーン®注**

放射性医薬品基準ヒドロキシメチレンジホスホン酸テクネチウム(^{99m}Tc)注射液

骨シンチグラフィに。

■**効能又は効果**■
骨シンチグラムによる骨疾患の診断

■**用法及び用量**■
通常、成人には555~740MBqを肘静脈内に注射し、1~2時間の経過を待って被検部の骨シンチグラムをとる。
年齢、体重により適宜増減する。

■**使用上の注意**■
1. **重要な基本的注意**：診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合のみ投与することとし、投与量は最少限度にとどめること。
2. **副作用**：臨床試験及び使用成績調査(全12401例)において副作用が認められた例はなかった(再審査終了時)。
注)注意一医師等の処方せんにより使用すること。
詳しくは添付文書をご参照下さい。

薬価基準収載

その他の副作用

	頻度不明*
過敏症	発疹、そう痒感、顔面潮紅、発赤
消化器	嘔吐、悪心、食思不振
循環器	チアノーゼ、血圧低下、徐脈、動悸
精神神経系	てんかん様発作、耳閉感、頭痛、めまい、ふらつき
その他	発熱、気分不良、冷汗、四肢しびれ

※自発報告につき頻度不明

3. 高齢者への投与：一般に高齢者では生理機能が低下しているため、患者の状態を十分に観察しながら慎重に投与すること。
 4. 妊婦、産婦、授乳婦等への投与：妊婦又は妊娠している可能性のある婦人及び授乳中の婦人には、原則として投与しないことが望ましいが、診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合のみ投与すること。
 5. 小児等への投与：小児等に対する安全性は確立していない(現在までのところ、十分な臨床成績が得られていない)。
 6. **適用上の注意**：骨盤部読影の妨害となる膀胱の描出を避けるため及び膀胱部の被曝を軽減させるため、撮像前後できるだけ排尿させること。
 7. **その他の注意**：(社)日本アイソトープ協会医学・薬学部会放射性医薬品安全性専門委員会の「放射性医薬品副作用事例調査報告」において、まれにアレルギー反応(発赤)、その他(悪心、発汗など)があらわれることがあると報告されている。

2011年2月改訂

資料請求先

日本メジフィジックス株式会社 製品に関するお問い合わせ先

〒136-0075 東京都江東区新砂3丁目4番10号 ☎ 0120-076941
<http://www.nmp.co.jp/>

◎：登録商標

核医学装置QC用線源

装置のデータ精度に心配ありませんか？

**ガンマカメラ検出器
精度管理用線源**



57Co 370MBq

PET検出器用校正線源



68Ge

**ドーズキャリブレーション用
チェック線源**



68Ge 37MBq

お問合せ・ご注文は

製品輸入元

公益社団法人
JRIA **日本アイソトープ協会**
Japan Radioisotope Association
医薬品・アイソトープ部 放射線源課

〒113-8941
東京都文京区本駒込2-28-45
TEL:03-5395-8031 FAX:03-5395-8055

株式会社 **千代田テクノル** TECHNOL
アイソトープ営業部

〒113-8681
東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル
TEL:03-3816-5273 FAX:03-5803-1938
URL:<http://www.c-technol.co.jp>

for one more smile



遺伝子組換えヒト型甲状腺刺激ホルモン製剤 薬価基準収載

タイロゲン[®] 筋注用 0.9mg

ヒトチロトロピン アルファ(遺伝子組換え)筋注用凍結乾燥製剤

生物由来製品／処方せん医薬品注)

注) 注意—医師等の処方せんにより使用すること

効能・効果、用法・用量、禁忌を含む使用上の注意等については、添付文書をご参照ください。

 **Thyrogen[®]**
thyrotropin alfa for injection

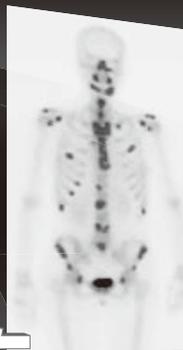
【製造販売元・資料請求元】

genzyme ジェンザイム・ジャパン株式会社 くすり相談室

A SANOFI COMPANY 〒163-1488 東京都新宿区西新宿三丁目20番2号 TEL:0120-255-011 FAX:03-6301-4045 <http://www.genzyme.co.jp/>

2013年4月作成

FUJIFILM



骨転移を 評価・管理する時代へ

放射性医薬品/
骨疾患診断薬・脳腫瘍及び脳血管障害診断薬

処方せん医薬品 注意—医師等の処方せんにより使用すること

テクネ[®] MDP 注射液/キット

放薬基：メチレンジホスホン酸テクネチウム(^{99m}Tc)注射液/注射液 調製用 薬価基準収載

●効能又は効果

テクネ[®]MDP注射液

1. 骨シンチグラフィによる骨疾患の診断
2. 脳シンチグラフィによる脳腫瘍及び脳血管障害の診断

テクネ[®]MDPキット

1. 骨シンチグラムによる骨疾患の診断
2. 脳シンチグラムによる脳腫瘍あるいは脳血管障害の診断

●用法及び用量

1. 骨シンチグラフィ

メチレンジホスホン酸テクネチウム(^{99m}Tc)注射液370~740MBqを被検者に静注し、2時間以後にシンチレーションスキャナ又はシンチレーションカメラを用いてディテクタを体外より骨診断箇所に向けて走査又は撮影することにより骨シンチグラムを得る。

2. 脳シンチグラフィ

メチレンジホスホン酸テクネチウム(^{99m}Tc)注射液740~925MBqを被検者に静注し、静注直後より速やかにディテクタを体外より頭部に向けて撮影することによりRIアンギオグラムを得、またRIアンギオグラフィ終了後に撮影することにより早期シンチグラムを得る。更に静注2時間以後に撮影することにより遅延シンチグラムを得る。

*テクネ[®]MDPキットの場合は、^{99m}Tcにて標識の後、上法により用いる。
なお、投与量は年齢、体重によりそれぞれ適宜増減する。

●使用上の注意

1. 重要な基本的注意

診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合のみ投与することとし、投与量は最小限度にとどめること。

2. 副作用

承認前の臨床試験では、274症例(骨シンチグラム)、229症例(脳シンチグラム)中、副作用は認められなかった。承認後の調査では、9,536症例中、副作用は認められなかった。(再審査対象外品目)
以下の副作用は、自発的に報告されたものである。

(1) 重大な副作用

ショック まれに(0.1%未満)ショックがあらわれることがあるので、観察を十分に行い、異常が認められた場合には適切な処置を行うこと。

(2) その他の副作用

	0.1%未満		0.1%未満
過敏症	皮膚発疹	消化器	悪心、嘔吐
循環器	低血圧	その他	結膜充血、気分不良、発熱

3. 高齢者への投与

一般に高齢者では生理機能が低下しているため、患者の状態を十分に観察しながら慎重に投与すること。

4. 妊婦、産婦、授乳婦等への投与

妊婦又は妊娠している可能性のある婦人及び授乳中の婦人には、原則として投与しないことが望ましいが、診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合にのみ投与すること。

5. 小児等への投与

小児等に対する安全性は確立していない(現在までのところ、十分な臨床試験成績が得られていない)。

6. 適用上の注意

* (1) 調製後:本品は調製後6時間以内に投与すること。

(2) 撮像前:静注後尿中に排泄されるので、特に骨盤部を対象とする場合はシンチグラフィ開始直前に排尿させた方が好ましい。

* (1)はテクネ[®]MDPキットのみについての注意です。

7. その他の注意

(1) シンチグラムの質には肥満や老年、腎機能障害が影響する可能性があるため注意を要する。

(2) 血液透析患者では大関節周囲の骨や頭蓋骨・肋軟骨等の集積増加を示すことがある。

(3) Caの沈着のある腫瘍や代謝異常疾患の異所性石灰沈着の場合は、骨外集積を示すことがある。

(4) 本品を投与した後コンドロイチン硫酸鉄コロイドを投与すると肝抽出を認めることがある。

(5) (社)日本アイソトープ協会医学・薬学部会放射性医薬品安全性専門委員会の「放射性医薬品副作用事例調査報告」において、まれに血管迷走神経反応(血圧低下、顔面蒼白など)、アレルギー反応(発赤、発疹など)などがあらわれることがあると報告されている。

※「効能又は効果」、「用法及び用量」、「使用上の注意」等の詳細については添付文書をご参照下さい。

製造販売元

富士フイルム RIファーマ株式会社

資料請求先: F104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビル TEL 03(5250)2620
ホームページ: <http://fri.fujifilm.co.jp>

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

GCA-9300R™ 登場。

To meet your demand for the highest quality.

最高のSPECT画像を『GCA-9300R』で。



東芝メディカルシステムズ株式会社

本社 〒324-8550 栃木県大田原市下石上1385番地

<http://www.toshiba-medical.co.jp>

デジタルガンマカメラ GCA-9300R
認証番号：225ADBZX00120000

放射線診療研究会会長 小須田 茂 研究会事務 林 克己
〒359-8513 埼玉県所沢市並木3-2 防衛医科大学校 放射線医学講座
臨床核医学編集委員長 小泉 潔 (発行者, 投稿先)
〒193-0998 東京都八王子市館町1163 東京医科大学八王子医療センター放射線科
TEL. 042-665-5611 FAX. 042-665-1796 E-mail: kkoi@tokyo-med.ac.jp
臨床核医学編集委員 百瀬 満 (副編集委員長), 汲田伸一郎, 小須田 茂, 戸川貴史, 本田憲業, 百瀬敏光
2014年3月20日発行