

2022年2月 日本アイソトープ協会 市民向け医療講演会

核医学を用いた 画像診断と放射線治療

京都大学大学院医学研究科
放射線医学講座(画像診断学・核医学)

中本 裕士

・本講演に関する申告すべき利益相反はありません
・出典のない画像はすべて自験例です

1

画像診断学

生体における評価したい情報を、科学
技術の力で可視化し、それを臨床に
役立つ情報へと昇華させる学問



2

画像診断学

生体における評価したい情報を、科学
技術の力で可視化し、それを臨床に
役立つ情報へと昇華させる学問

医用工学の進歩に依存するため、時代と
ともに大きく変わる。常識も変化する

- ✓ 異常をみつけて診断、治療により生命予後延長へ
- ✓ 治らない異常でも、QOLを考慮した適切な治療へ

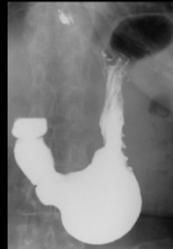
(QOL: Quality of Life 人生や生活の質)

3

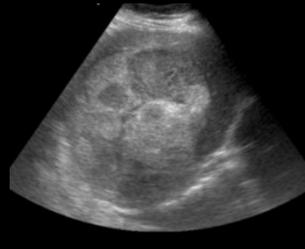
様々な画像診断



単純X線写真



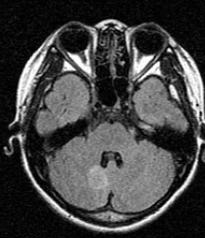
胃透視



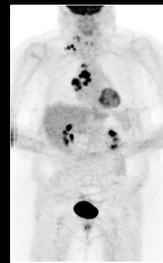
超音波



CT

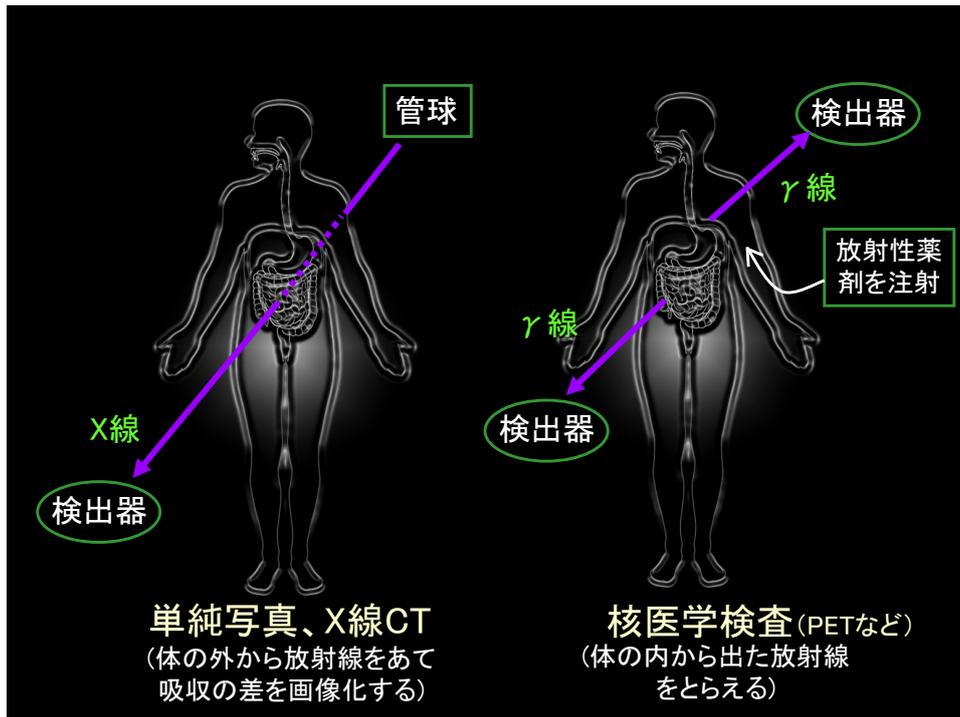


MRI



PET

4



5

- ・ 形態画像(Morphological imaging)
「生体のかたち」を可視化する
CT, MRI, US, ...
- ・ 代謝(機能)画像(Metabolic or Functional Imaging)
「生体内のはたらき」を可視化する
PET, SPECT(核医学)

6

どちらの甲状腺の機能が亢進しているでしょうか？

50代女性	TSH <0.005 mIU/mL ↓ fT4 3.8 ng/dL ↑ fT3 11.0 pg/mL ↑	50代男性	TSH <0.005 mIU/mL ↓ fT4 2.2 ng/dL ↑ fT3 5.9 pg/mL ↑
--------------	--	--------------	---

参考値
TSH (0.5-5.0 mIU/mL), fT4 (0.9-1.6 ng/dL), fT3 (2.3-4.0 pg/mL) 甲状腺摂取率 (0.4-3.0%)

甲状腺

甲状腺摂取率 7.98%

甲状腺摂取率 0.36%

バセドウ病

破壊性甲状腺炎

7

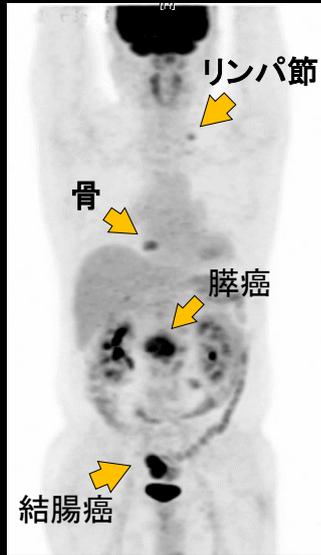
核医学検査で使われる薬剤の構造

放射性同位元素 (Radioisotope)

結合部 (臓器や腫瘍に親和性を有する部分)

8

核医学検査で件数が多いのは FDG-PET による腫瘍の診断



膵癌 + 結腸癌

長所

- 基本的に全身評価をおこない、予期せぬ病変の検索に有用
- 病変の活動性の評価が可能

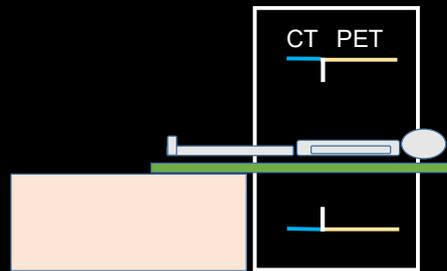
短所

- 「集積＝病変」ではないので、時に解釈が困難
- 比較的高価
- 検査可能施設に限られる

複合型PET/CT装置の登場

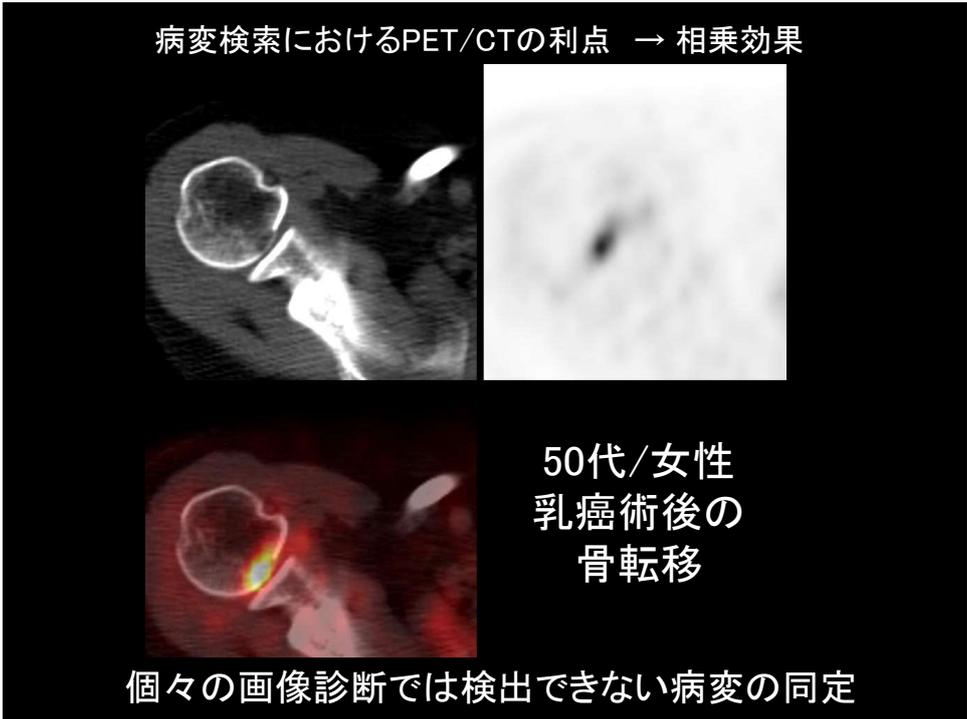


PET/CTの外観

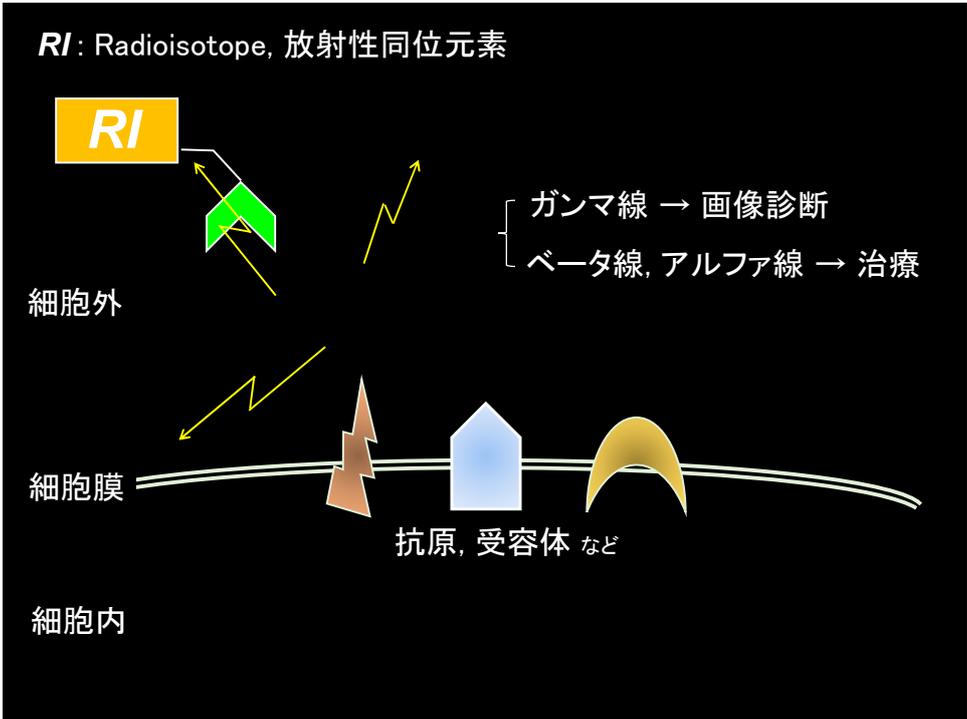


横から見た模式図

その他、複合型の画像診断装置として、SPECT/CT、PET/MRI も稼働している



11



12

ソマトスタチン受容体を標的とした診断

- ✓ ^{111}In -Pentetreotide を投与し、4, 24時間後に全身像を撮像 (オクトレオスキャン)
- ✓ ^{68}Ga -DOTATOC* を投与し、1時間後に全身像を撮像

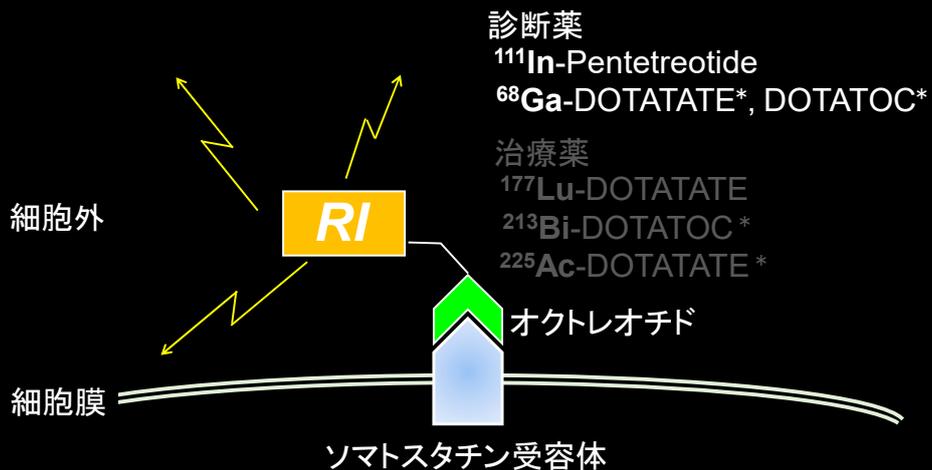


ソマトスタチン受容体イメージング

* 国内未承認

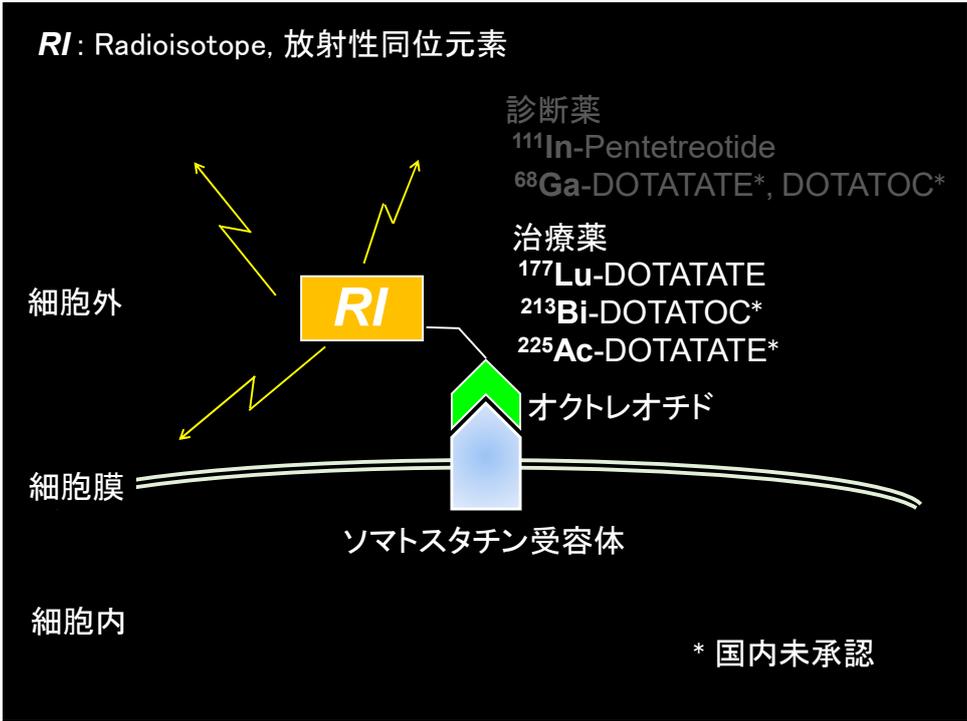
13

RI: Radioisotope, 放射性同位元素

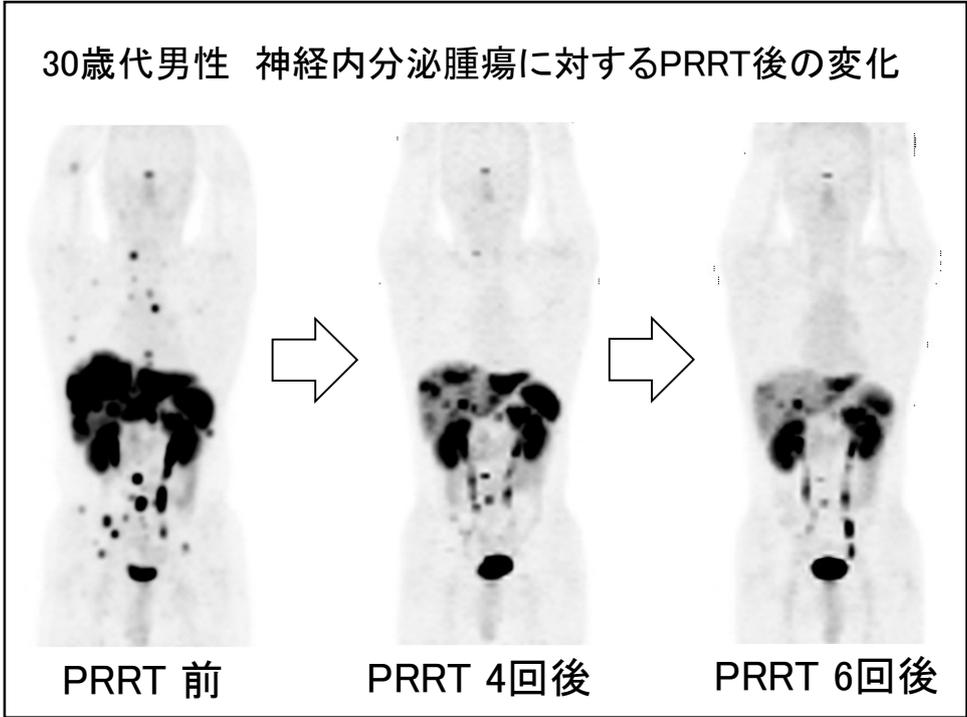


* 国内未承認

14



17



18

^{177}Lu -DOTATATEを用いたPRRTの副作用

骨髄抑制	リンパ球減少(28.3%)、血小板減少(22.8%)、貧血(11.8%)等があらわれることがある。 *海外Ⅲ相および国内Ⅰ/Ⅱ相を統合した結果、上記の頻度での骨髄抑制が認められた。
腎機能障害	急性腎不全(4.7%)、血中クレアチニン増加(3.1%)等があらわれることがある。 *海外Ⅲ相および国内Ⅰ/Ⅱ相を統合した結果、上記の頻度で腎機能障害が認められた。
(晩期障害)	骨髄異形成症候群(1.6%)、急性骨髄性白血病(頻度不明) *海外Ⅲ相および国内Ⅰ/Ⅱ相を統合した結果、上記の頻度で骨髄異形成症候群が認められた。急性骨髄性白血病は海外Ⅲ相、国内Ⅰ/Ⅱ相では認められなかったが、海外Ⅰ/Ⅱ相で認められている。

ルタテラ静注の添付文書および医薬品インタビューフォームより

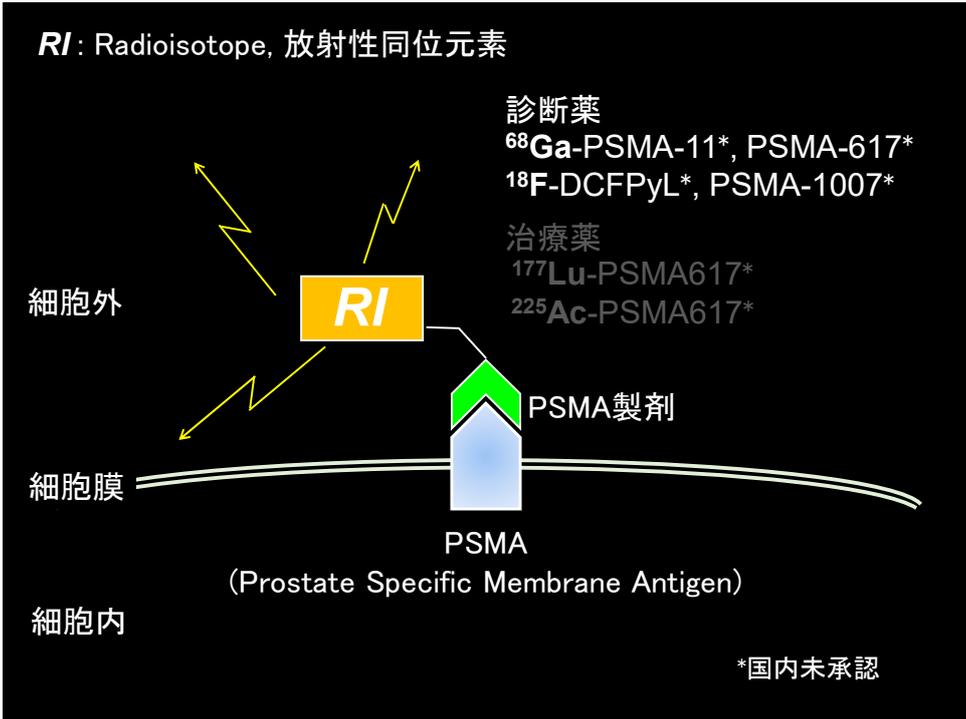
19

PSMA(Prostate Specific Membrane Antigen) を標的とした前立腺癌の診断

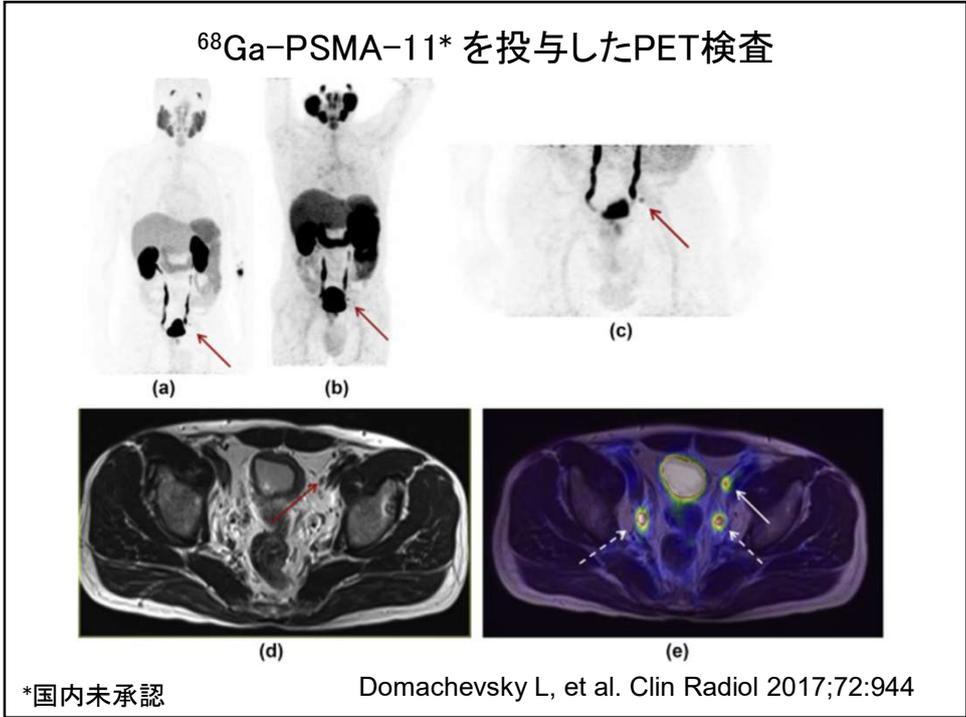
✓ ^{68}Ga -PSMA11*, PSMA617*, ^{18}F -PSMA1007* 等を投与し、PET/CT や PET/MRI を撮像

*国内未承認

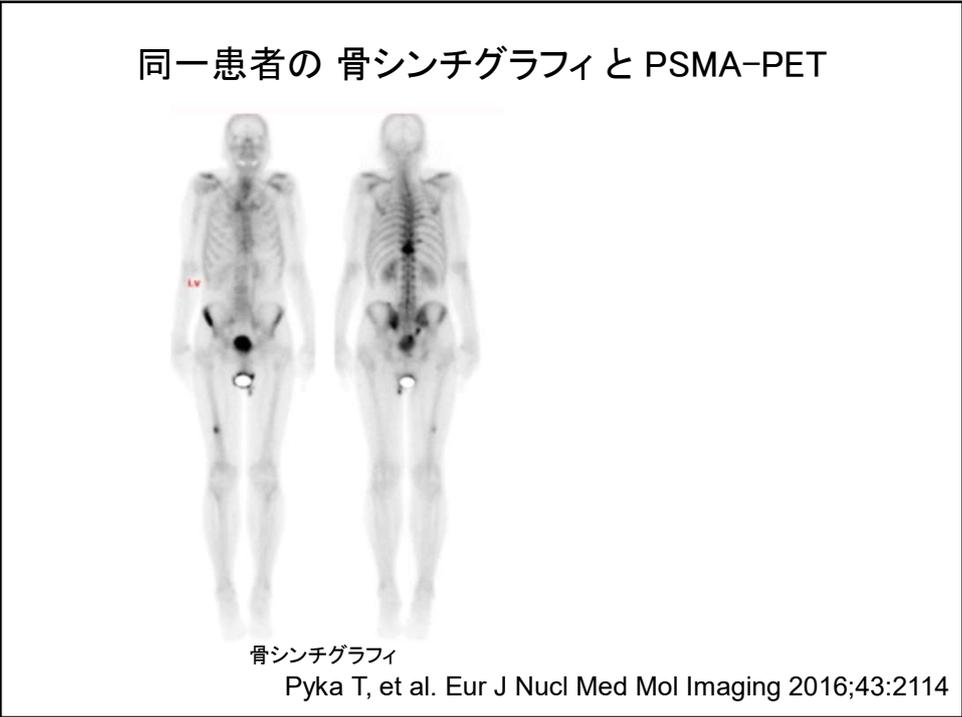
20



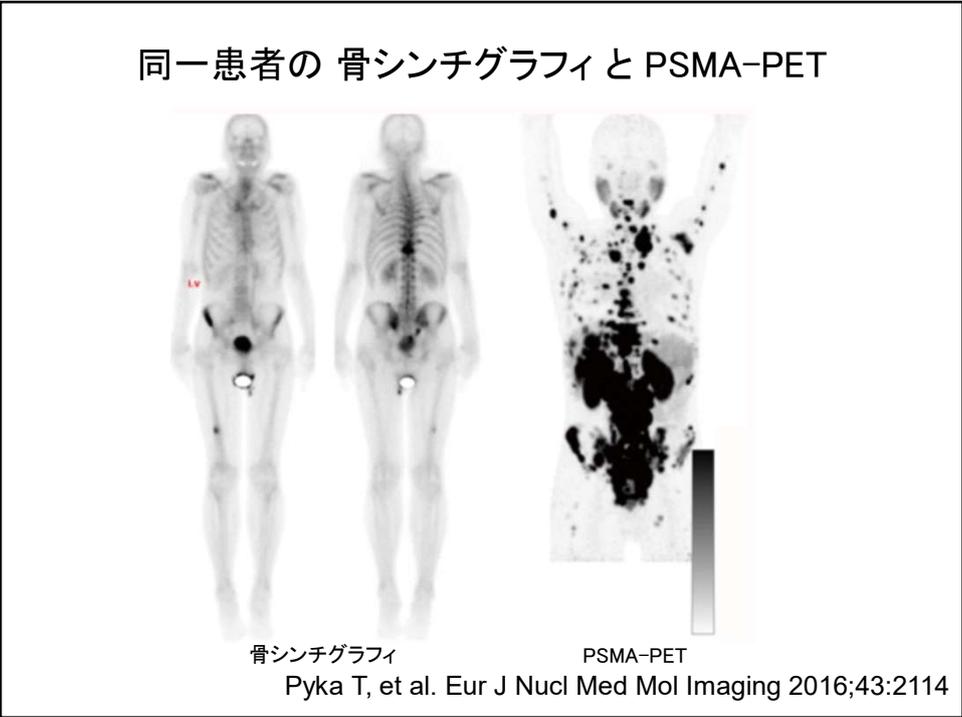
21



22



23



24

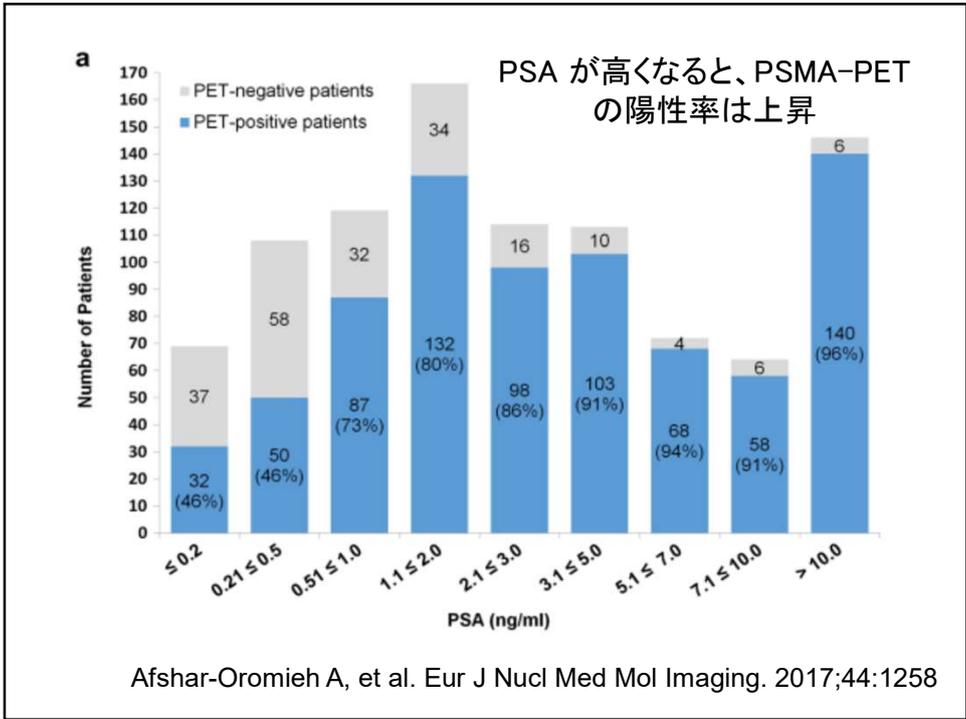
PSMA-PETによる前立腺癌再発リンパ節の検出能

(Field-basis)	病理			
	陽性	陰性		
PET陽性	53	3	感度	78%
PET陰性	15	108	特異度	97%
			正診率	90%
			PPV	95%
			NPV	88%

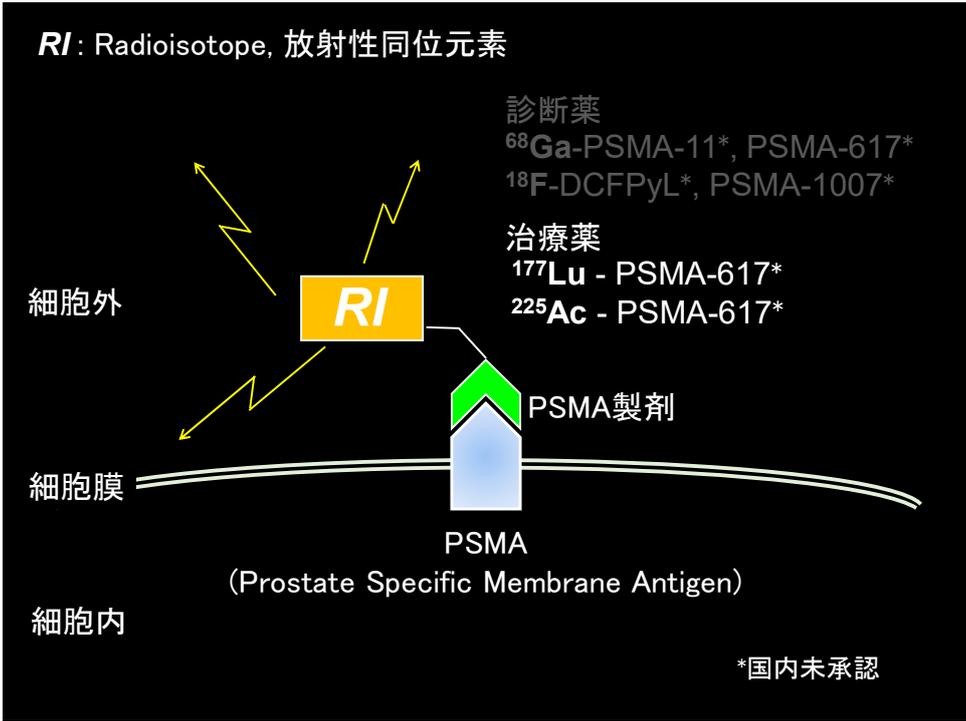
	病理			
	陽性	陰性		
CT/MR陽性	18	1	感度	27%
CT/MR陰性	49	110	特異度	99%
			正診率	72%
			PPV	95%
			NPV	69%

Rauscher I, et al. J Nucl Med 2016;57:1713

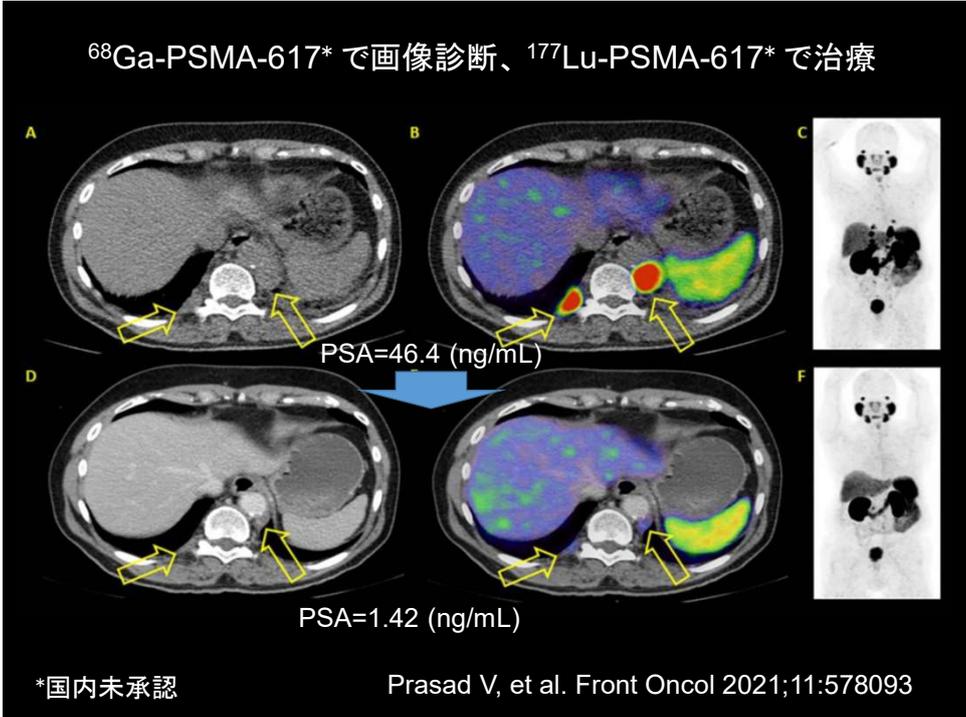
25



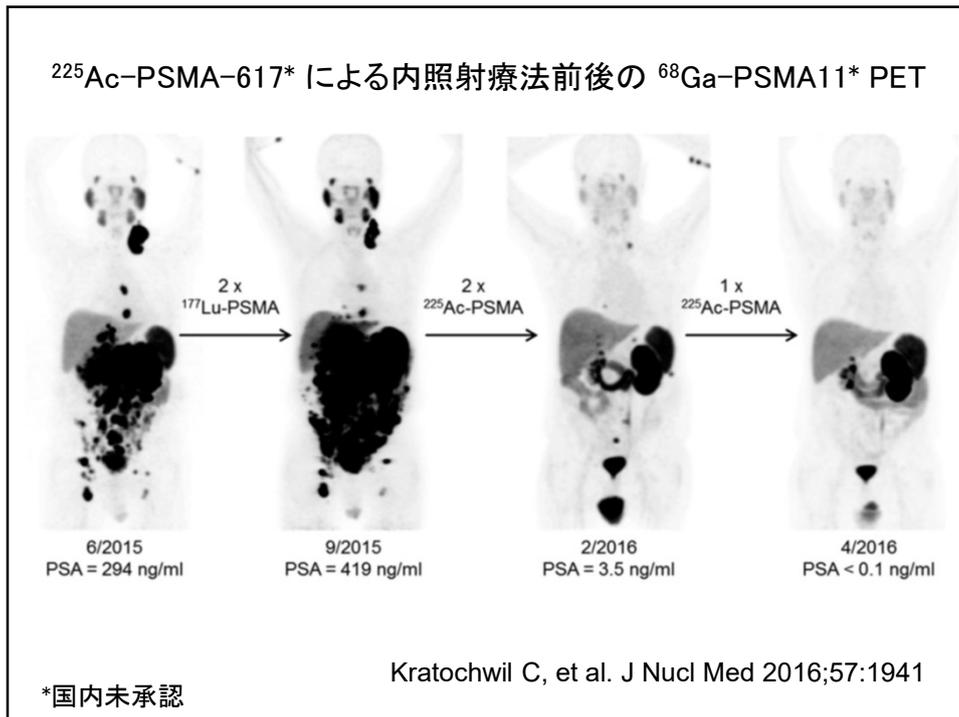
26



27



28



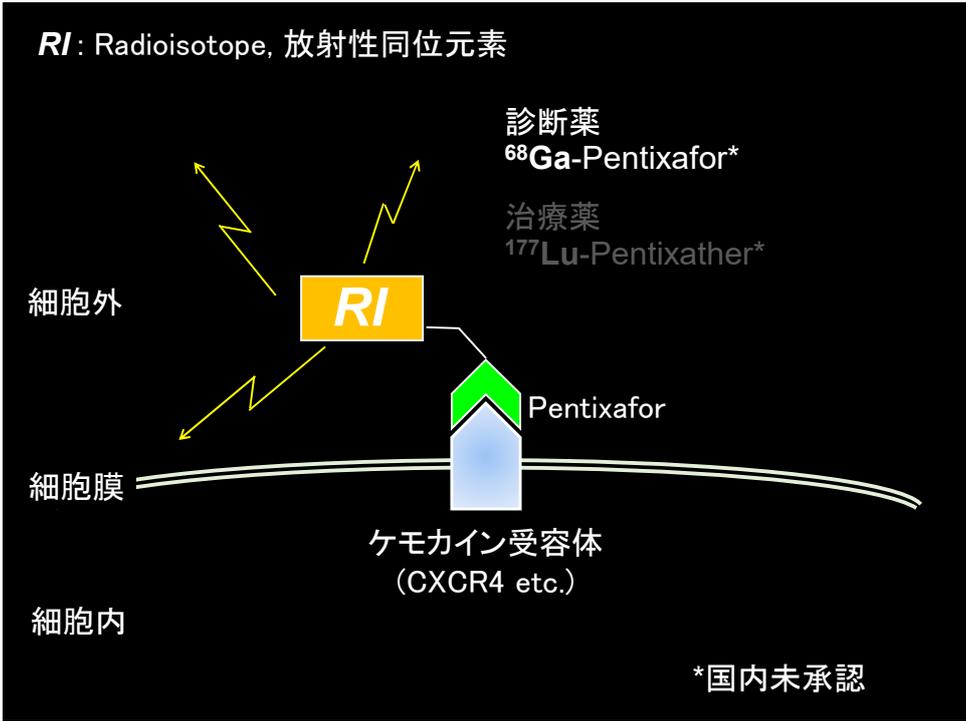
29

ケモカイン受容体を標的とした多発性 骨髄腫に対する診断と治療

✓ $^{68}\text{Ga-Pentixafor}^*$ を投与し、PET/CT(MRI) を撮像

*国内未承認

30



31

多発性骨髄腫 (LC κ)		多発性骨髄腫 (IgG κ)	
^{68}Ga Pentixafor	^{18}F FDG	^{68}Ga Pentixafor	^{18}F FDG

Pentixaforに期待される役割 Lapa C, et al. Theranostics 2017;7:205

・FDG と相補的に同定, ・CXCR4の発現を評価し治療につなげる

32

骨髄腫に対して ^{177}Lu -Pentixather* を用いた内照射療法

治療後の画像により、薬剤の集積程度を評価可能

*国内未承認 Herrmann K, et al. J Nucl Med 2016;57:248

33

最近のクスリは高い

薬品名	薬価	1回の投与量(目安)
(オプジーボ) Nivolumab (240mg)	366,405 円	240 mg
(キイトルーダ) Bembrolizumab (100mg)	214,498円	200 mg
(アバステン) Bevacizumab (100mg)	34,289円	5 または 10 mg/kg体重
(ハーセプチン) Trastuzumab (60mg)	16,736円	4 または 8 mg/kg体重
(キムリア) Tisagenlecleucel	32,647,761円	(1患者)
2021年4月現在		

34

あらかじめ効果を予測して
効果が期待される薬剤を投与できないか？

- ✓ がん関連遺伝子で起こっている遺伝子変異の調査
(オンコプライム など)

→ 京大の自由診療では 883,980円

- ✓ 画像診断による予測



利点

- ・低侵襲
- ・腫瘍内・腫瘍間不均一性を考慮したマクロの視点

治療効果が見込める群と見込めない群を
非侵襲的に層別化

35

今日のまとめ

- ✓ 画像診断では非侵襲的に生体の現状が視覚化され、治療方針の決定に役立つ
- ✓ 核医学を用いたがんの画像診断では、腫瘍に親和性のある放射性医薬品を投与し、その分布を画像化することで、病変の検索、性状評価が行われる
- ✓ 投与する薬剤の放射性同位元素を変更することによって抗腫瘍効果が期待される

36