

平成23年4月23日

九州大学病院別府病院開院記念式典
記念講演会

画像医療の進歩

九州大学医学研究院

臨床放射線科学分野

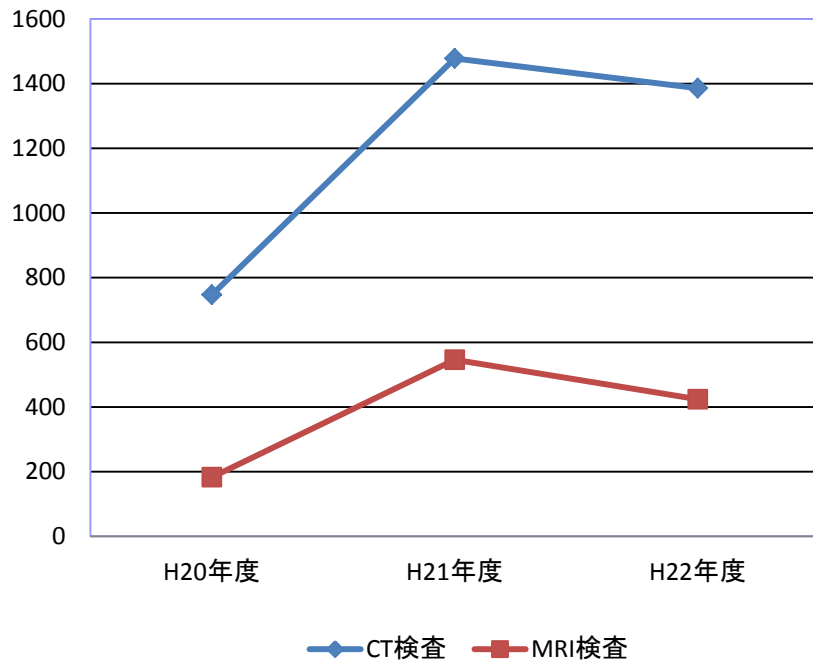
本田 浩

放射線科医の変遷

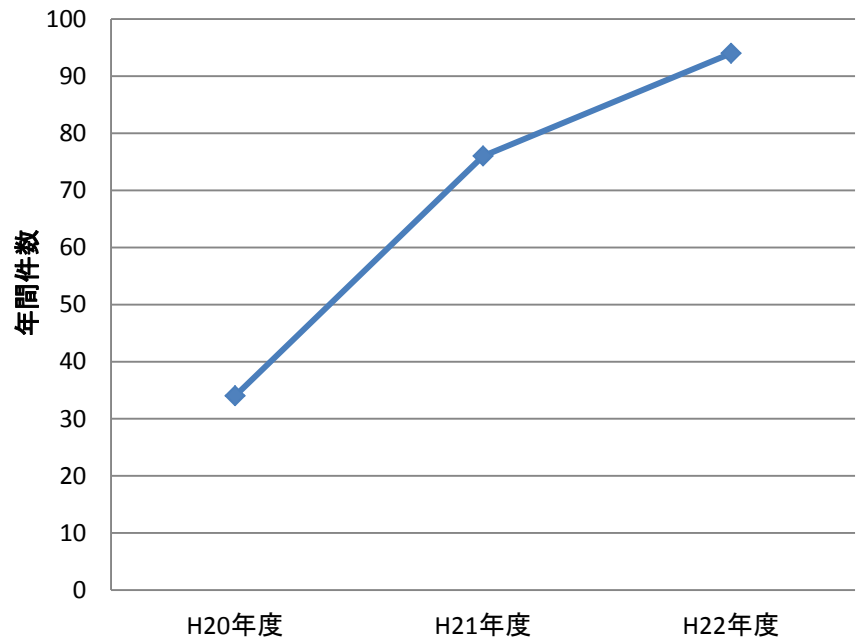
大塚 誠	平成4年4月～平成13年3月	-----	講師・助教授
畠中 正光	平成7年1月～平成15年3月	-----	助手・講師
石神 康生	平成10年9月～平成11年5月	--	医員
原田 なつみ	平成12年4月～平成13年3月	--	医員
足立 利貞	平成13年4月～平成20年3月	-----	助手・助教
福谷 龍郎	平成16年1月～平成16年12月	--	講師
上田 真信	平成17年1月～平成19年3月	----	助手
宮坂 光俊	平成19年4月～平成23年3月	-----	助教
平川 雅和	平成20年4月～	-----	助教・准教授
中村 和正	平成21年4月～平成23年3月	----	准教授
坂本 勝美	平成23年4月1日～	--	助教
渥美 和重	平成23年4月1日～	--	助教

CT・MR・血管造影検査件数

CT・MRI年間検査件数

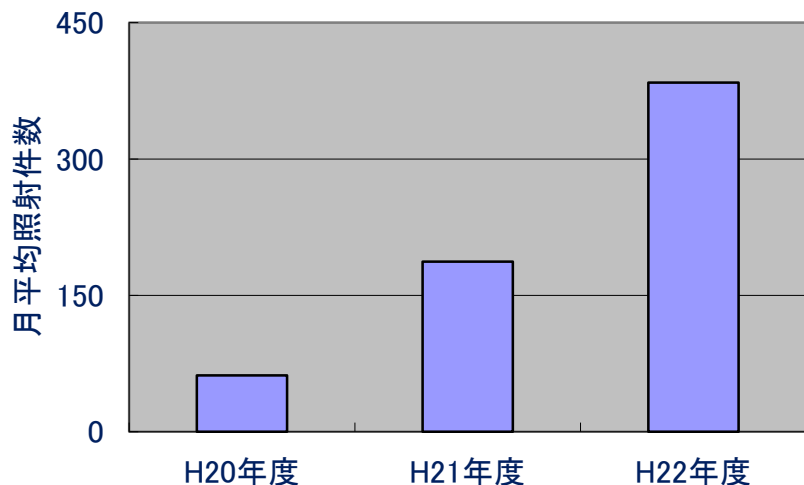


血管造影検査

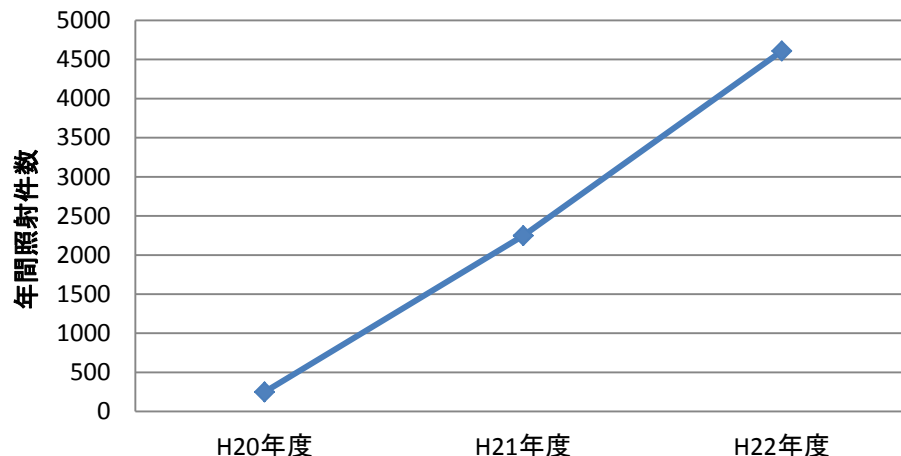


放射線治療の推移

放射線治療照射件数



放射線治療



平成22年度実績

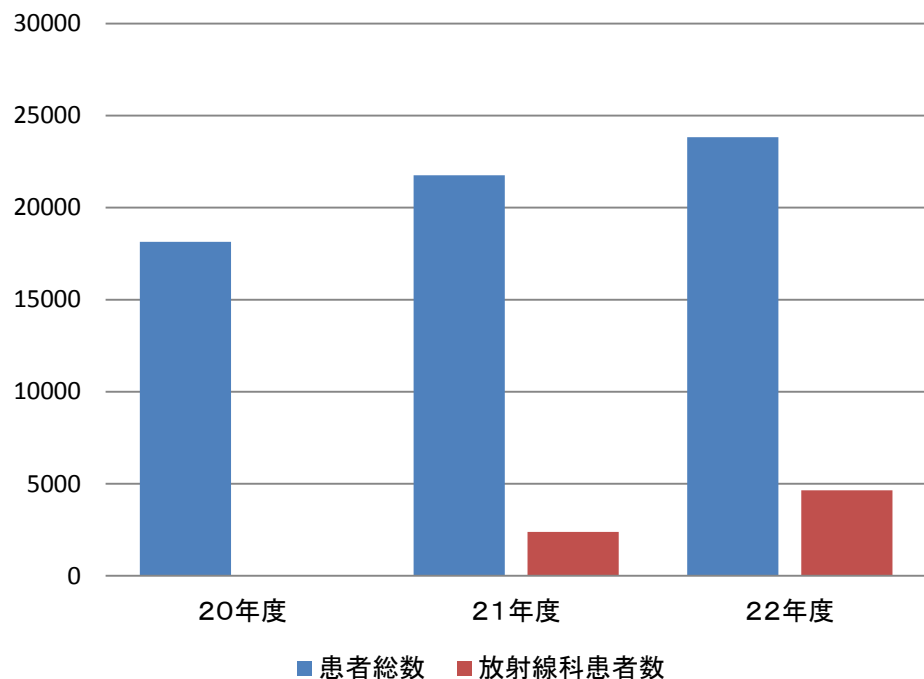
IMRT (強度放射線治療) 26件

体幹部定位放射線治療 16件

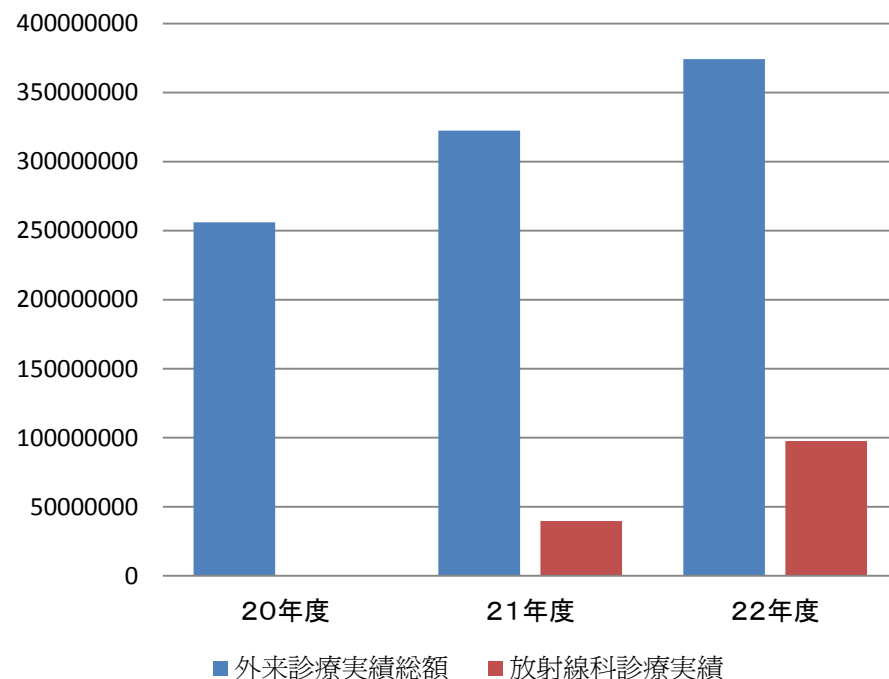
平成21年度と22年度の比較では、平成22年度治療患者と治療門数が1.5から2倍程度増加している。平成22年度7月から12月の間は一時的に減少したが、現在は再増加している。放射線治療の収益増加は、体幹部定位放射線治療が16件とIMRTが26件と増加したことによる。この2種の特殊治療で約2700万円の収益増加となった。

外来診療実績の推移

有料外来患者数



外来診療実績額



画像医療の進歩とは？

機器の進歩以外に・・・

- **画像診断**: 単純X線写真、CT、MRI、超音波
 - 撮像法の進歩
 - 画像解析方法の進歩
 - 造影剤の進歩
- **核医学・分子イメージング**
 - トレーサーの開発
 - 融合画像
- **IVR**
 - 医療材料の進歩
- **放射線治療**
 - 照射方法の進歩
 - Targetingの進歩
 - 線種の変化



CT・MRIの進歩

CT開発の方向性

多列化

Toshiba
320列

Philips
256列

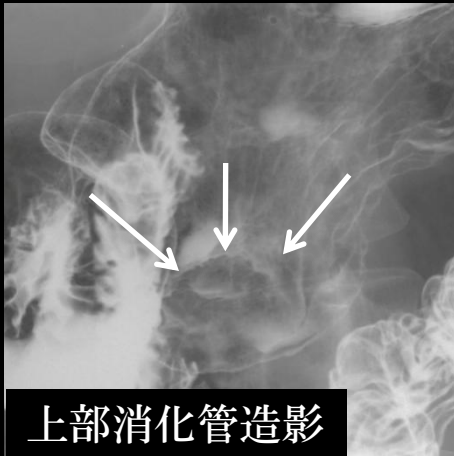
Dual
Energy

Siemens
256列

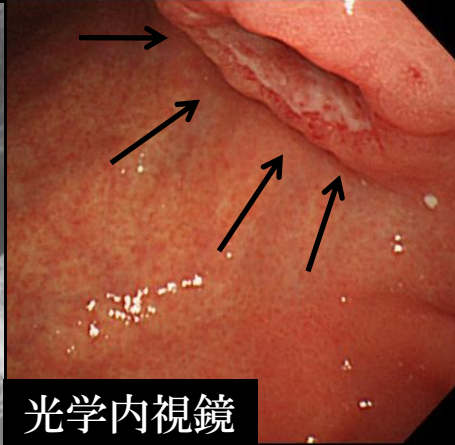
GE
64列

胃早期癌 0-IIa+IIc , sm, 1.4x1.1cm

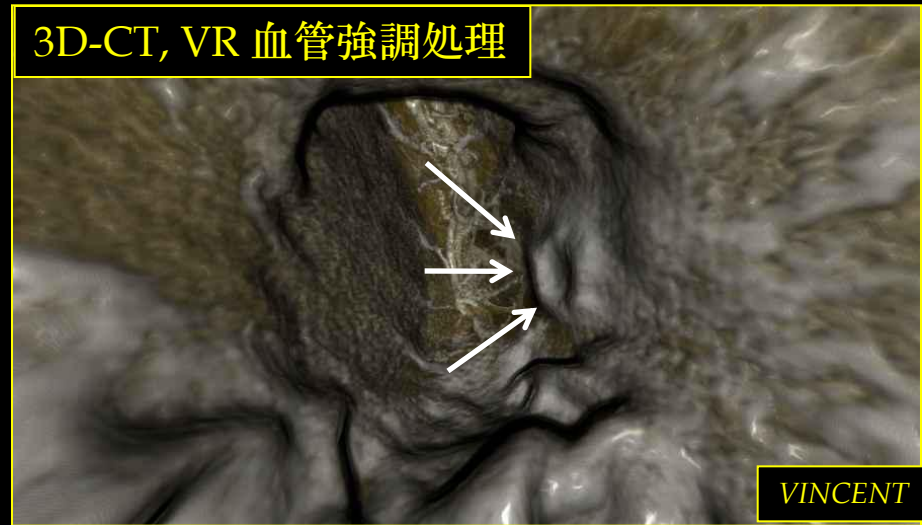
Well differentiated adeno-carcinoma, tub1, sm2, ly0, v2, n0



上部消化管造影

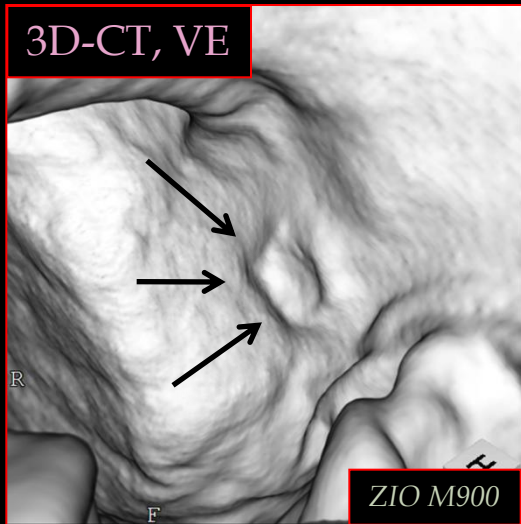


光学内視鏡



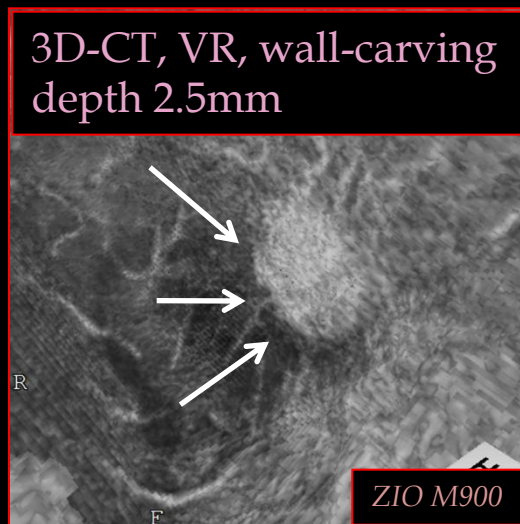
3D-CT, VR 血管強調処理

VINCENT



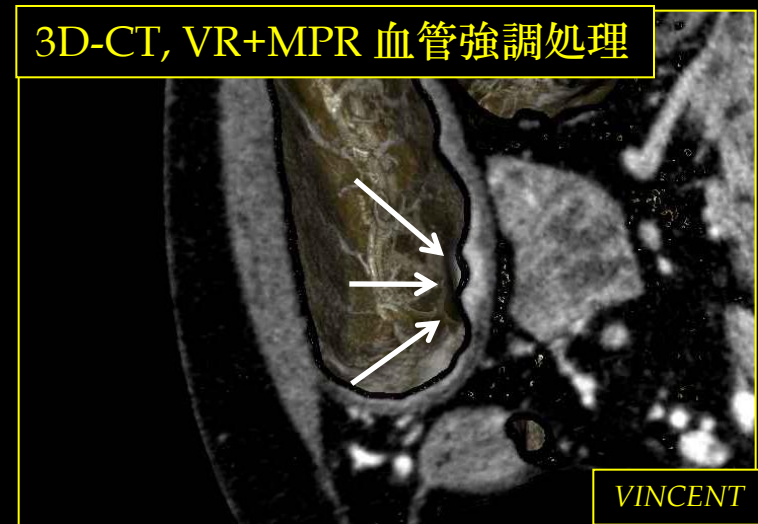
3D-CT, VE

ZIO M900



3D-CT, VR, wall-carving depth 2.5mm

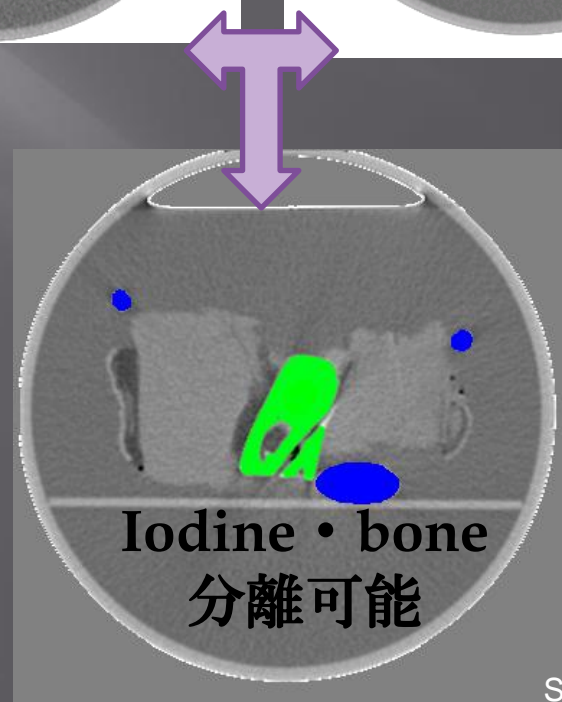
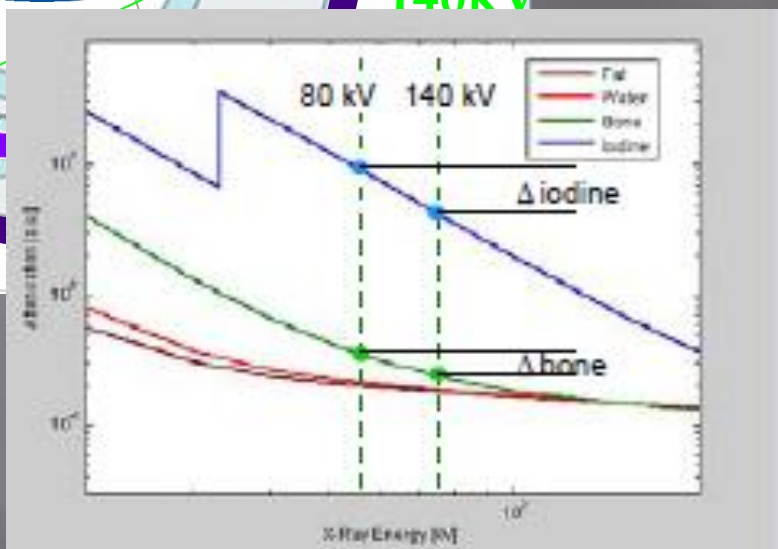
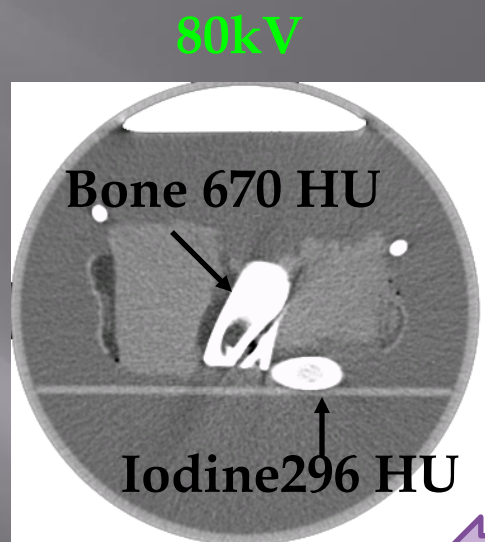
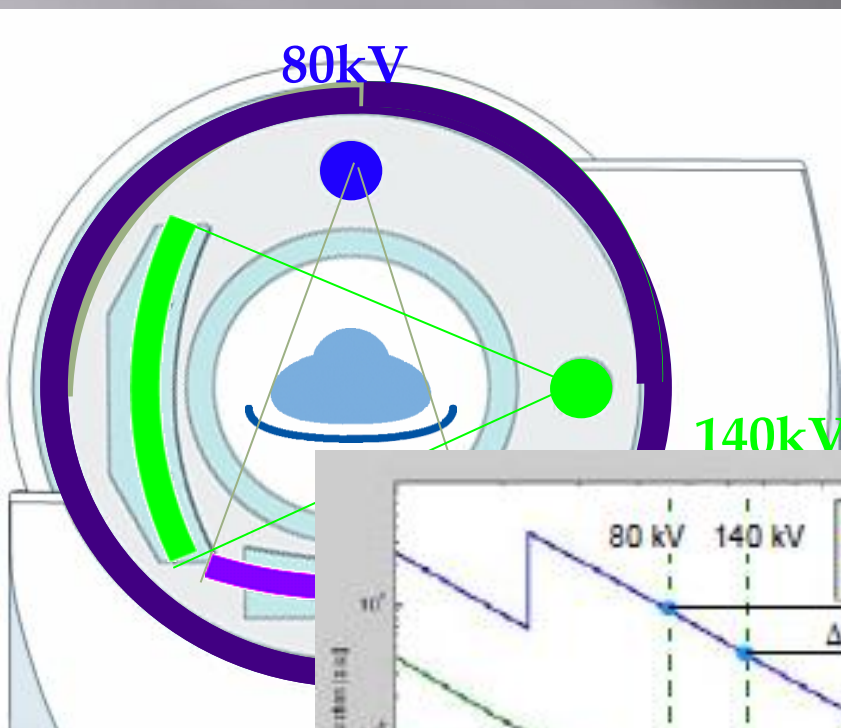
ZIO M900



3D-CT, VR+MPR 血管強調処理

VINCENT

Dual energy CTの原理



MRIの歴史

1980年代

- マグネット開発
0.5T,1.5T
- 全身撮像

1990年代

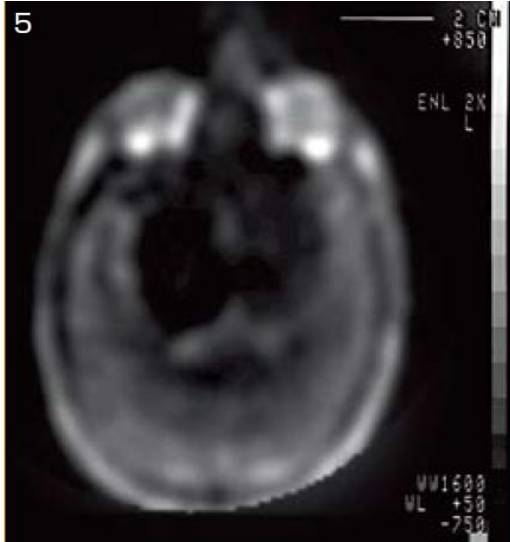
- コンパクトマグネット
1.5T
- 高速撮像の開発
高速spine echo法
高速 GRE 法
- ハードウェアでの高速化
グラディエントシステム

2000年代

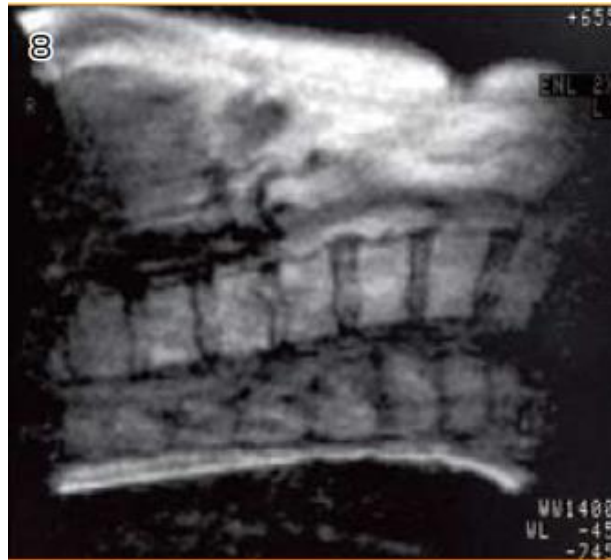
- 高速撮像の開発
Parallel imaging
(SENSE, SMASH)
- 多チャンネルコイル
4ch,5ch,6ch
16ch,32ch
- 高磁場装置の開発
3T, 7T
- RF送信技術の開発
Multi transmit
Transmit SENSE

MRIの歴史

1980年に撮像された最初の画像

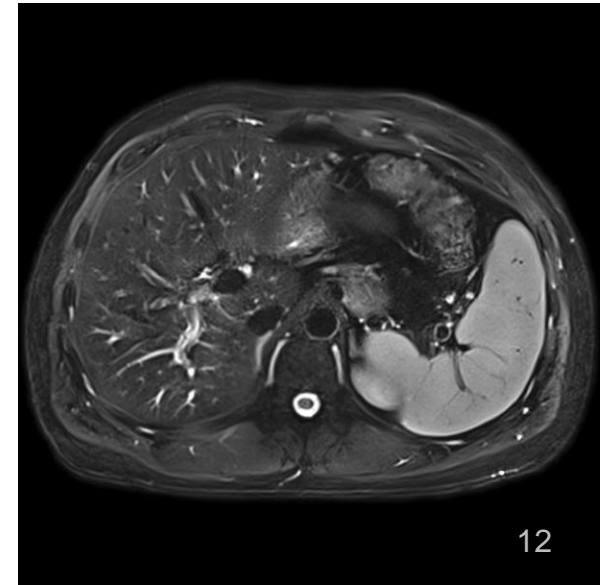
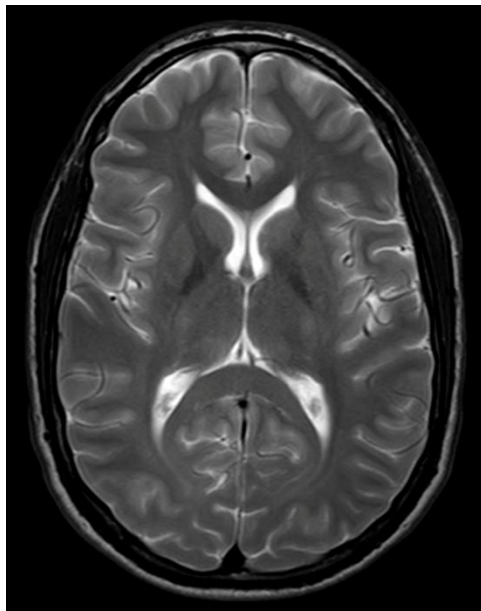
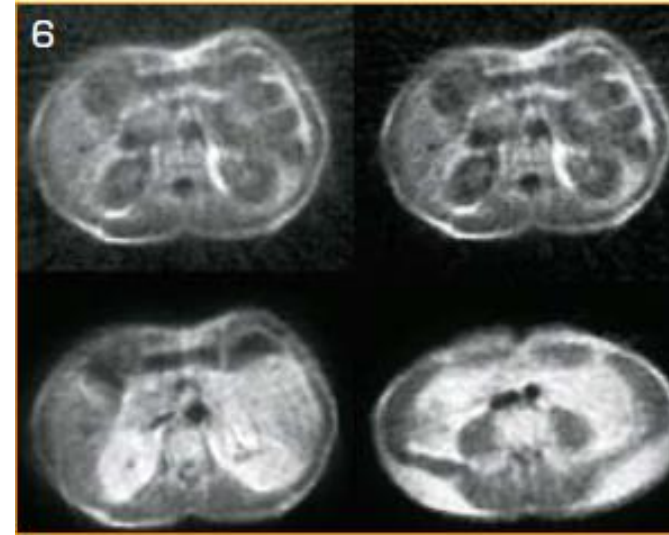


1982年に撮像された脊椎の矢状断面



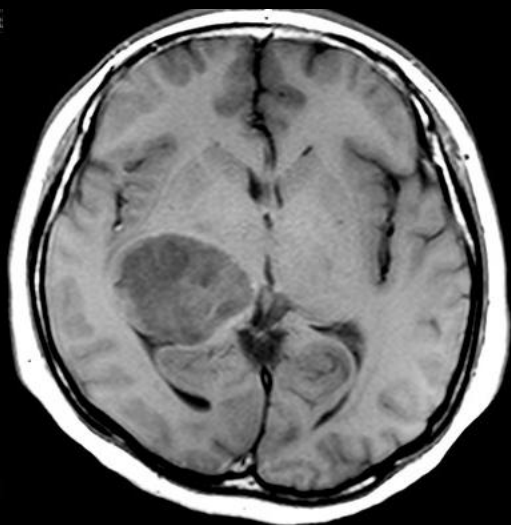
初期の腹部画像

PHILIPS

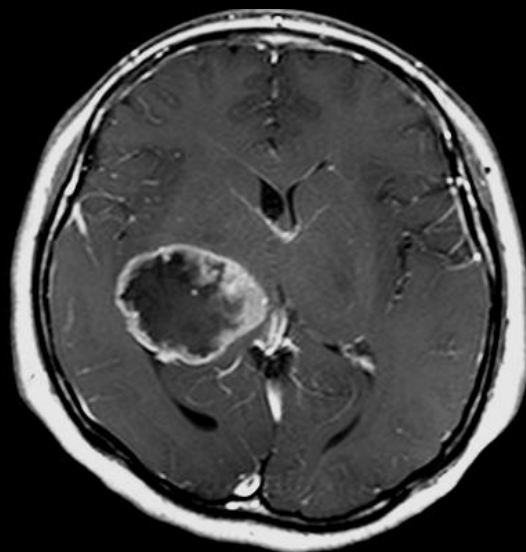


Advancements of MRI

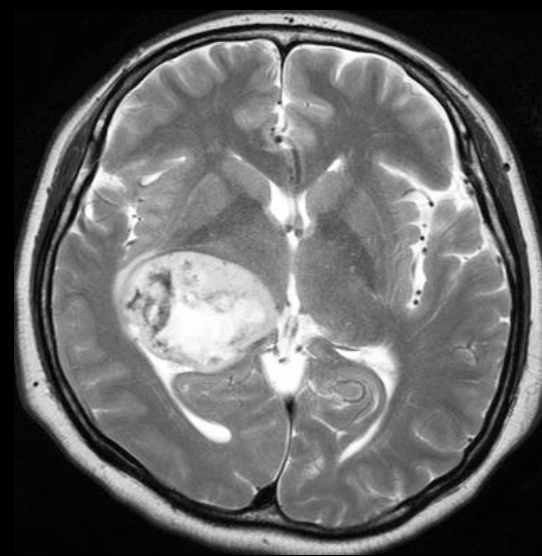
- ❑ Increased SNR
 - Can be invested in more resolution
 - Can be invested in more speed
- ❑ Better contrast (e.g. Angiography)
- ❑ Improved chemical shift (Spectroscopy)
- ❑ Improved BOLD sensitivity (f MRI)
- ❑ These advantages can lead to improved diagnostic performance or improved workflow in many applications



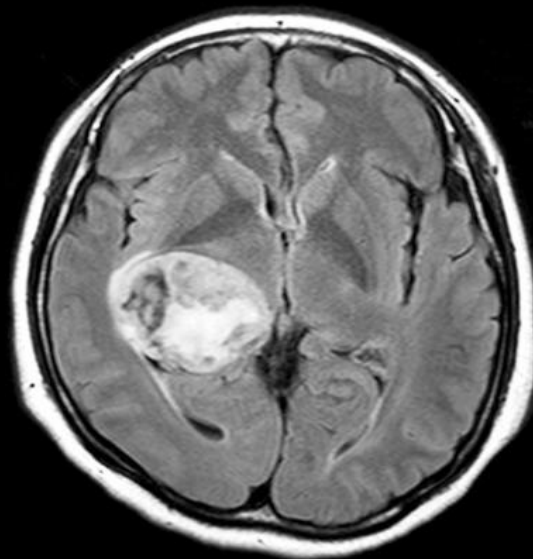
T1強調画像



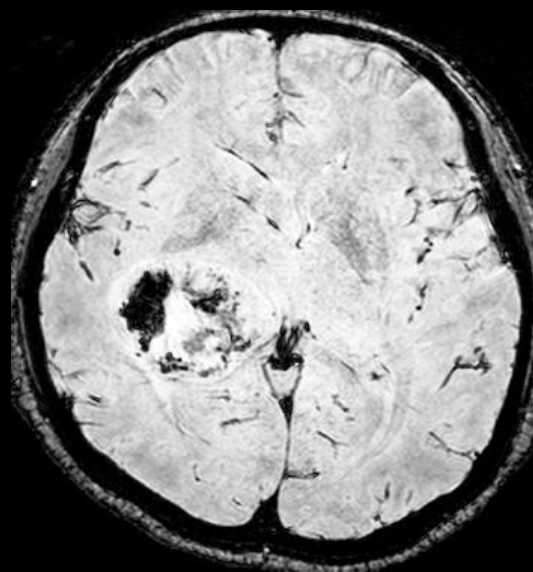
造影後T1強調画像



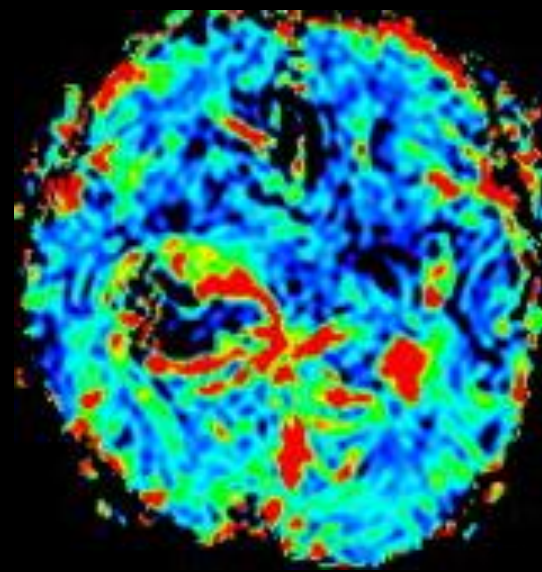
T2強調画像



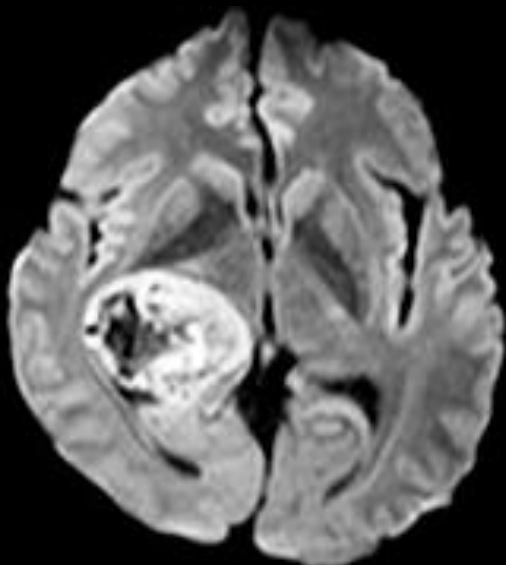
FLAIR画像



T2*強調画像



灌流画像 (blood volumeマップ)



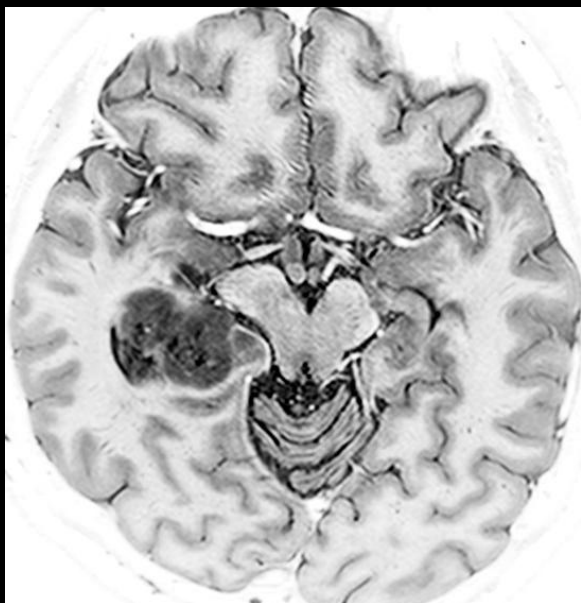
拡散強調画像



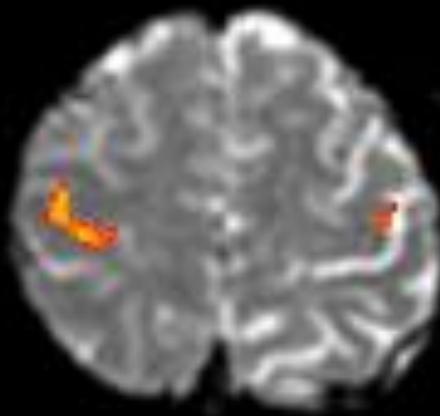
ADCマップ



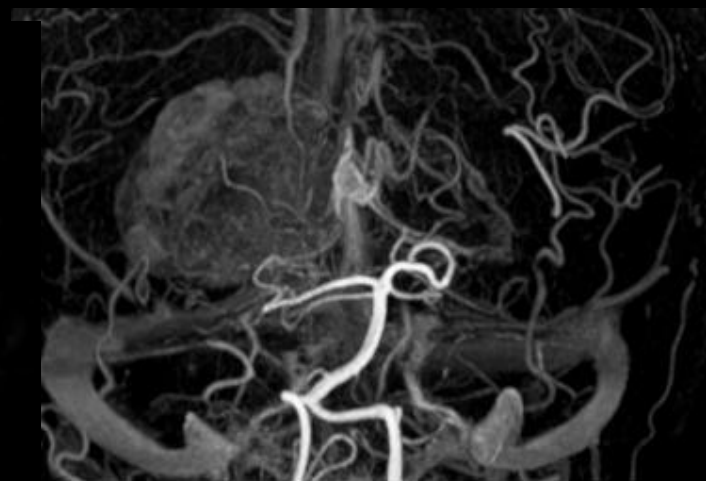
MR Venography



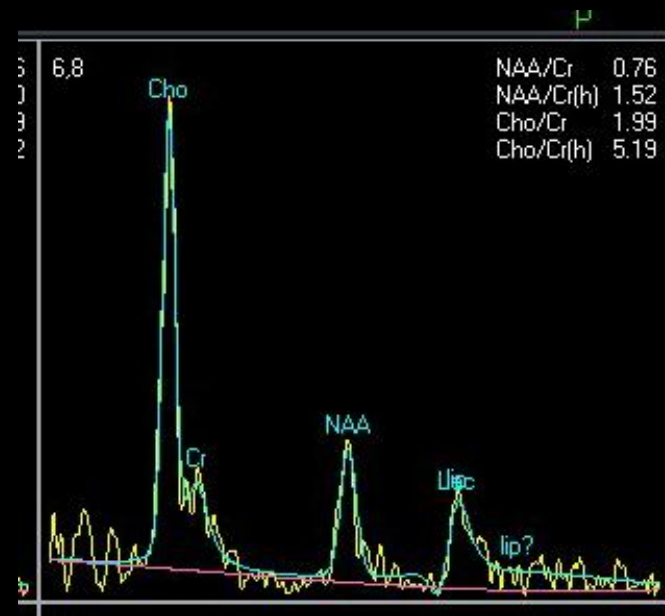
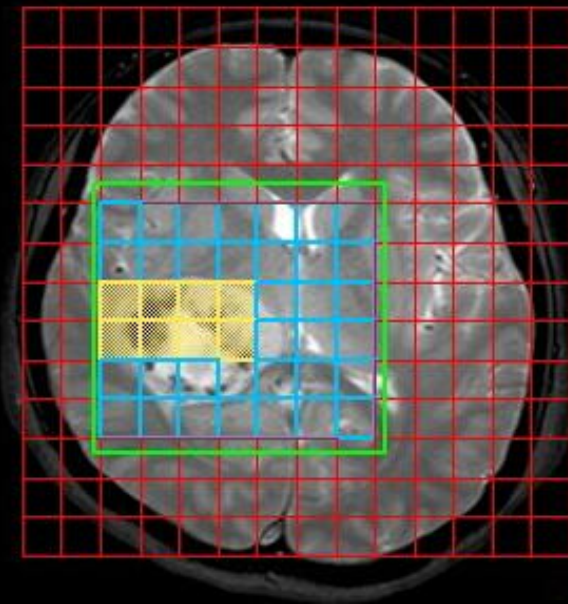
3D STIR



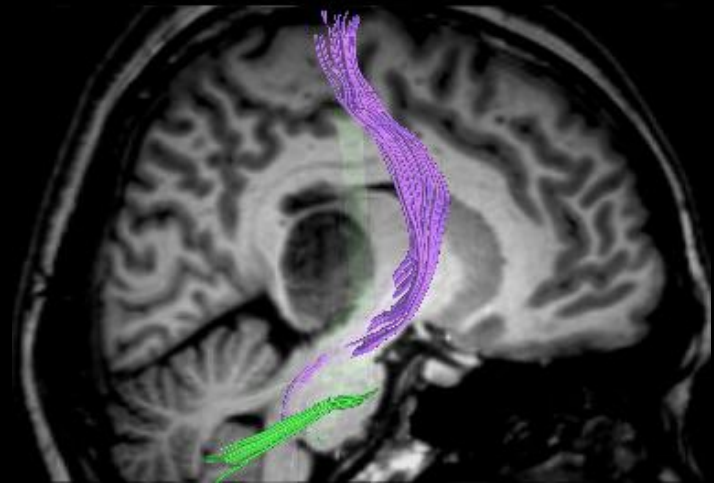
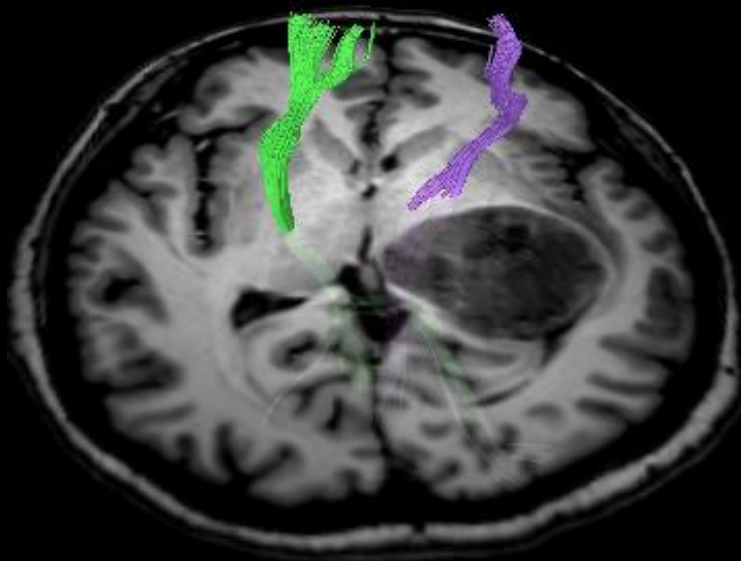
Functional MRI



MR Angiography

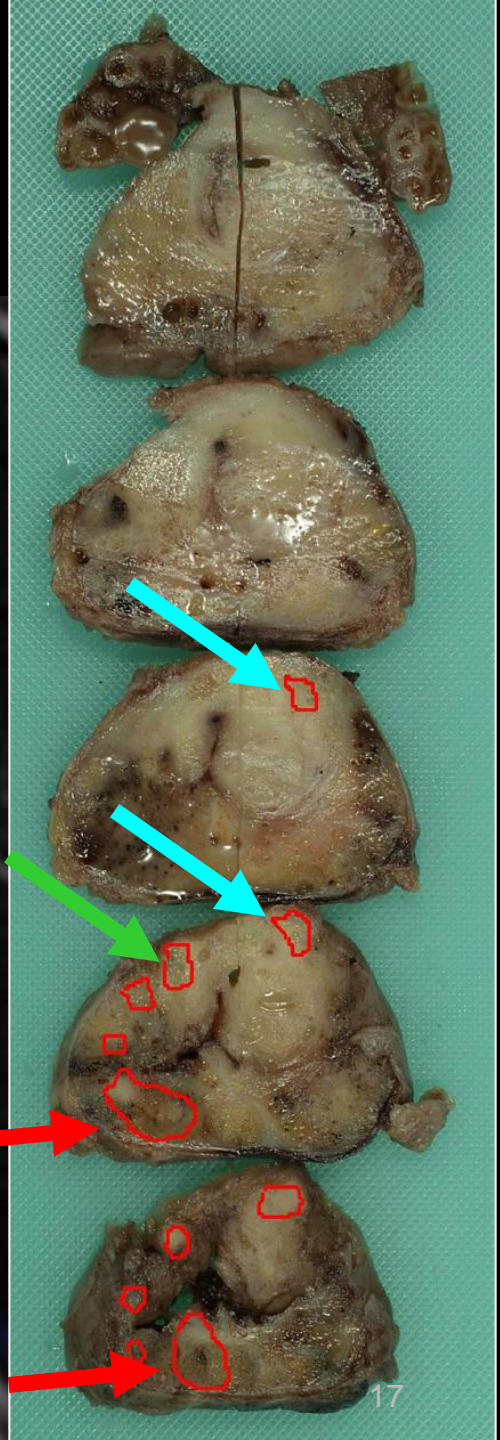
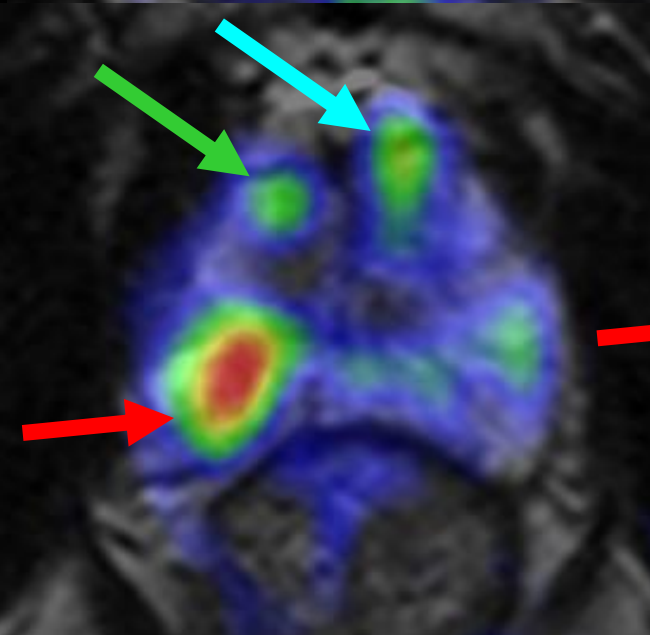
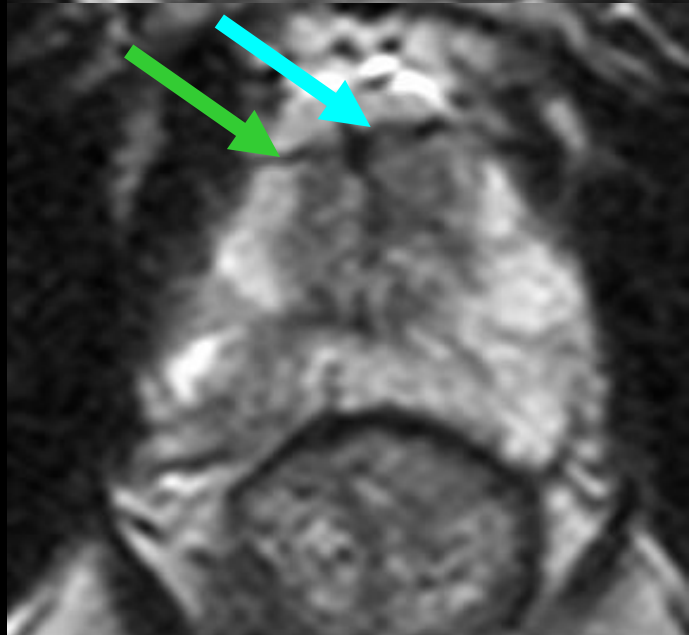
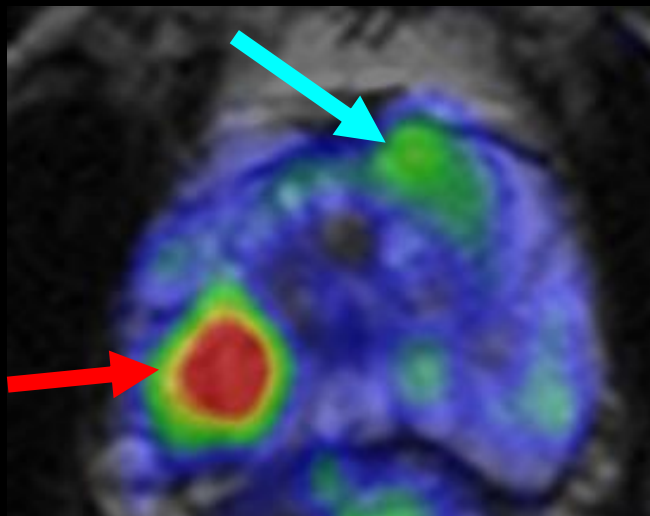
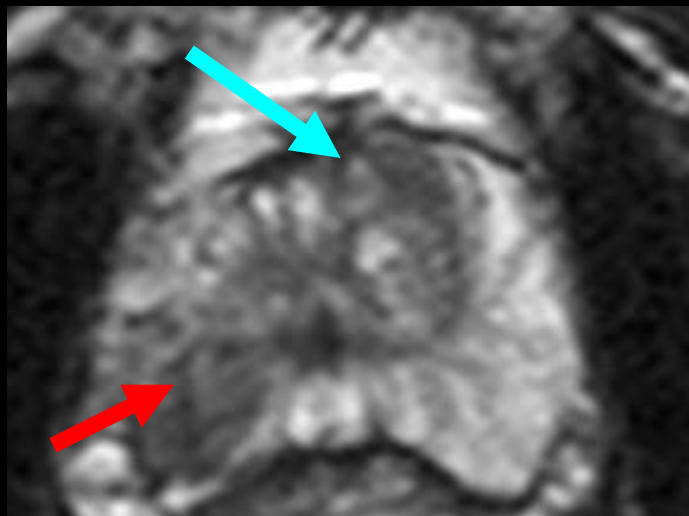


MRスペクトロスコピー

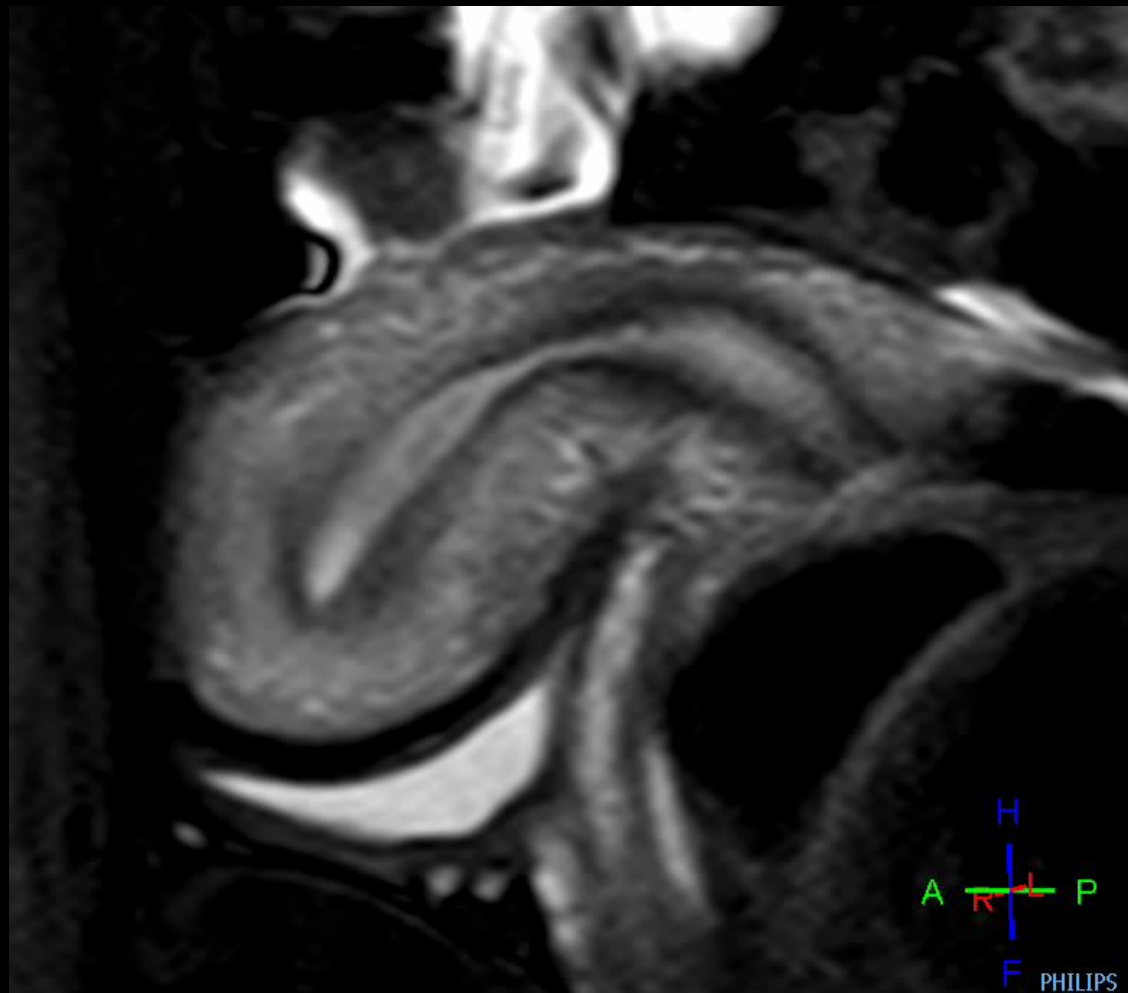


Tractography

拡散強調画像



子宮動態画像



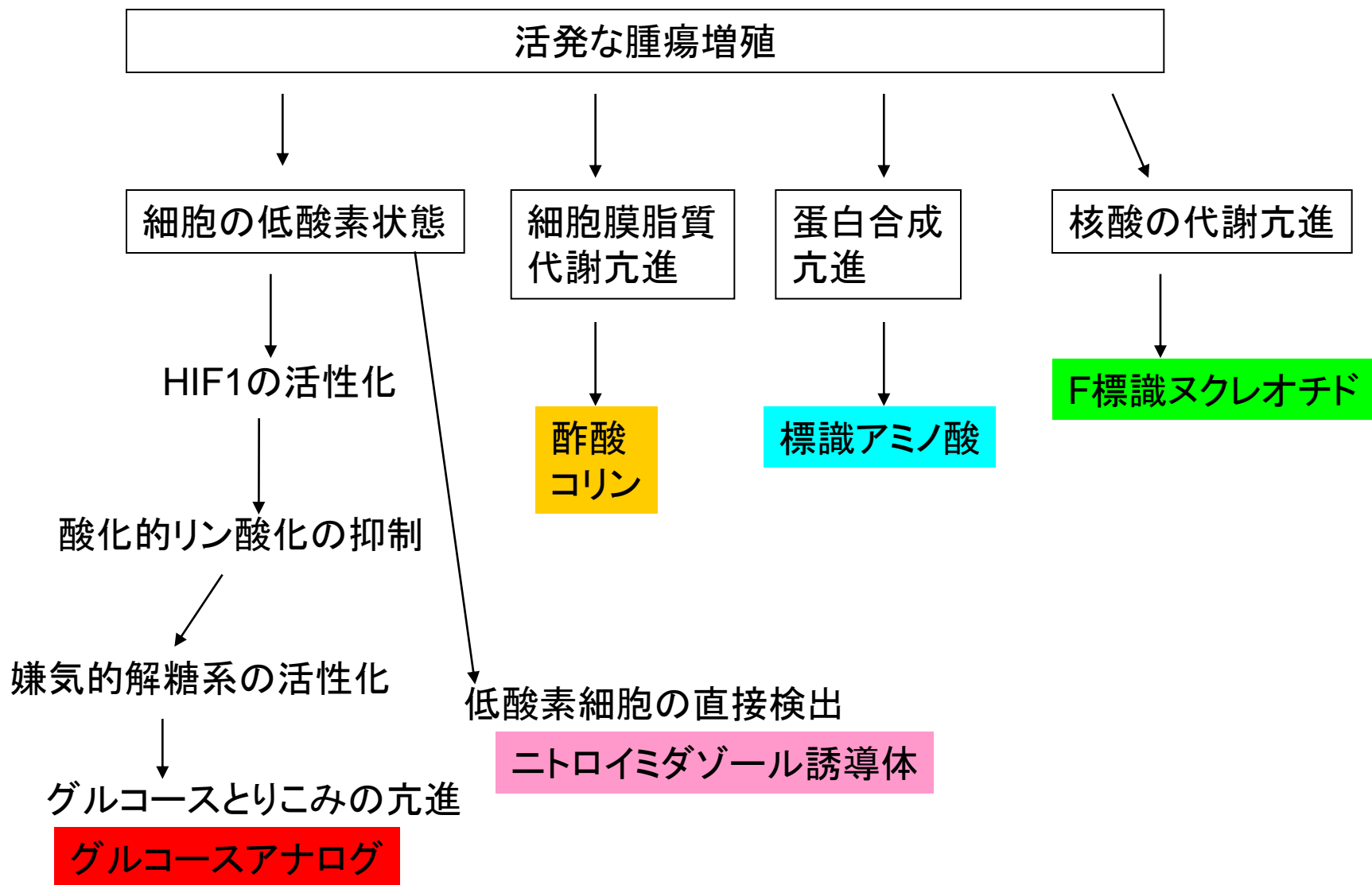
核医学・分子イメージング

分子イメージング研究

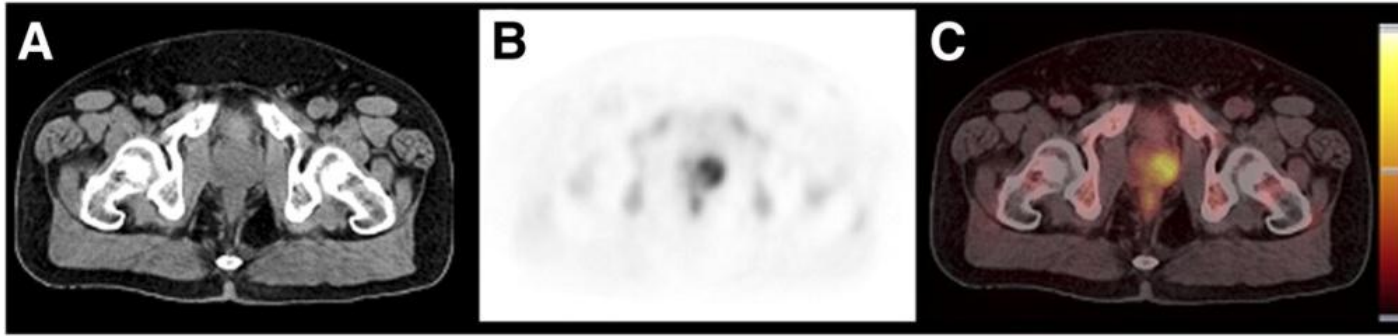
FDG-PETはすでに成熟期に入っており癌の臨床においては不可欠である。
今後のPETの役割

- **悪性腫瘍の診断、治療効果判定、予後推定：代謝の評価**
FDGに置き換わるもの、欠点を補うトレーサー
- **代謝、血流の定量化**
脳・心臓 → 定量的な血流評価、リスクや予後の予測
- **特殊な環境下にある細胞の描出：放射線治療計画への応用**
腫瘍特異的トレーサー、低酸素細胞
- **レセプター・トランスポーターの画像化**
変性疾患、脳内トランスポーター、薬剤占有率測定(→薬剤の容量決定)
- **特定の物質の検出**
βアミロイド(→アルツハイマー病の早期診断)
- **ペプチド・抗体の画像化**
β線やα線放出核種による治療
- **細胞の標識 (レポーター遺伝子によるモニター)**
再生医療への応用

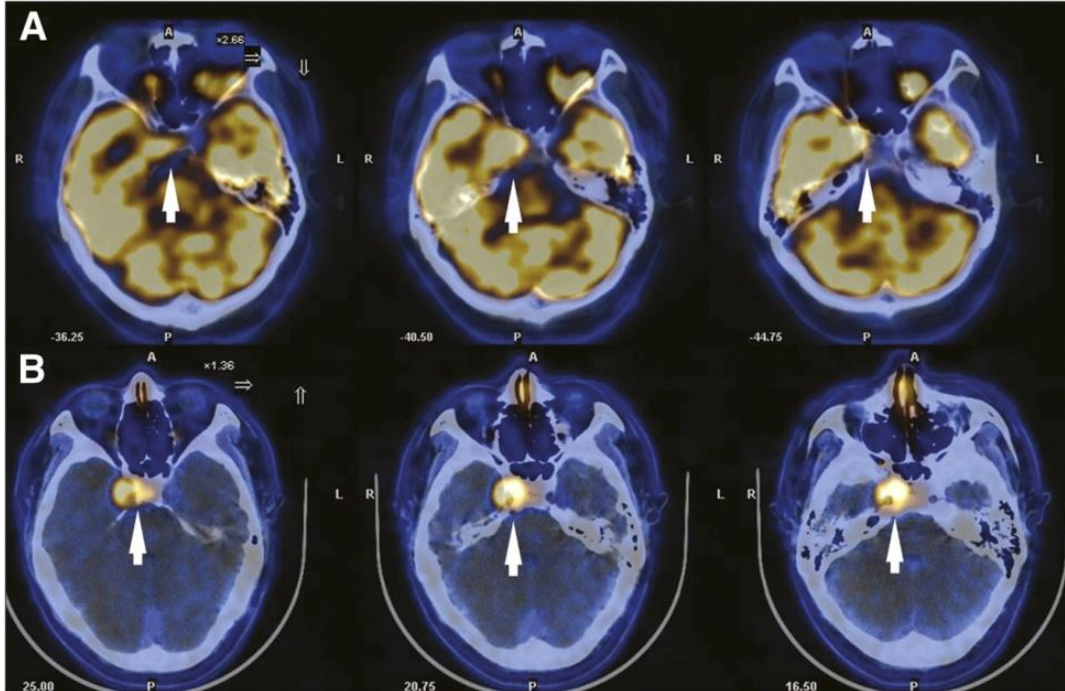
腫瘍代謝の測定



コリン(Phosphatidyl Choline:間接的に膜脂質代謝反映)



^{11}C -choline



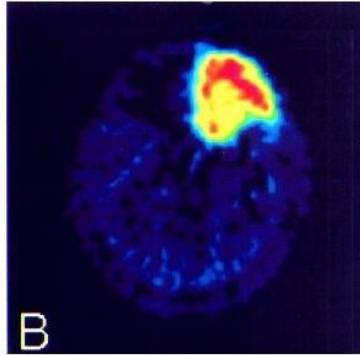
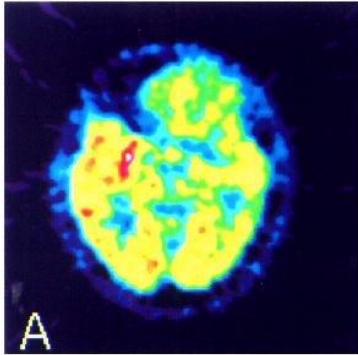
^{18}F -FDG

^{18}F -choline

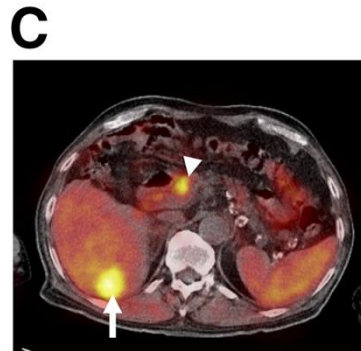
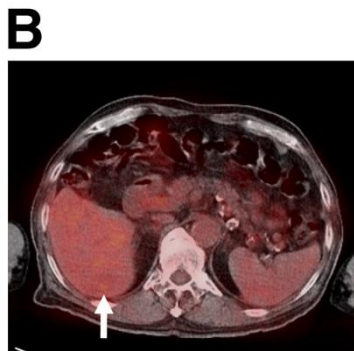
醋酸(細胞膜脂質代謝)

^{18}F -FDG

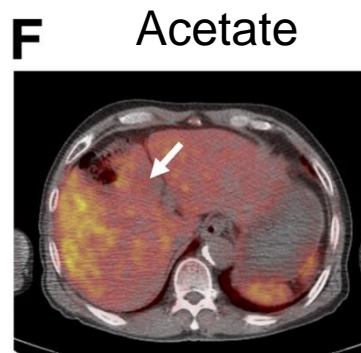
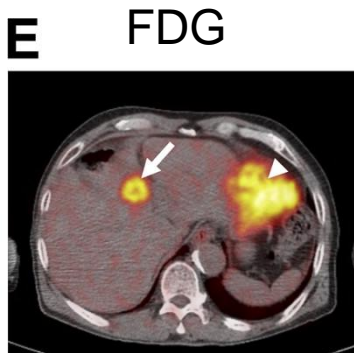
^{11}C -Acetate



<http://npcc.vghtpe.gov.tw/pet-5year/clinical/acetate.htm>



HCC grade1

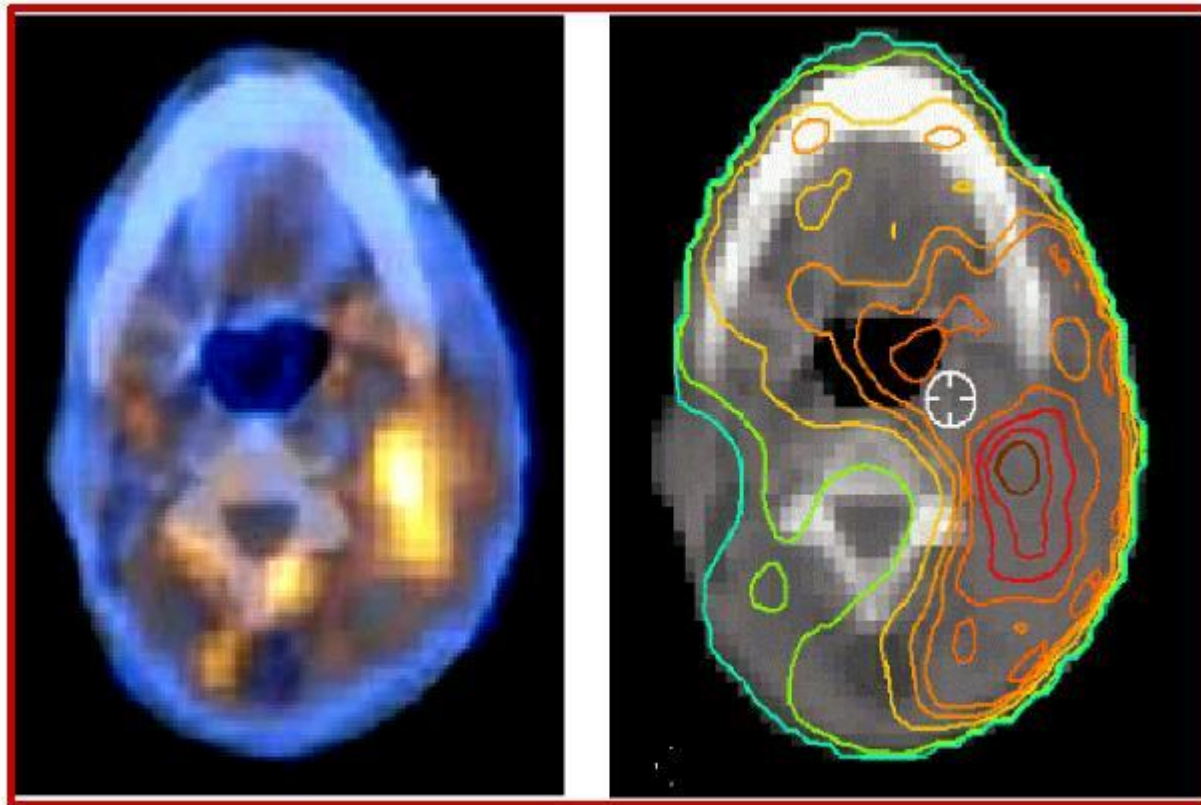


HCC grade3

FDG

Acetate

低酸素細胞の検出(低酸素領域により線量を)



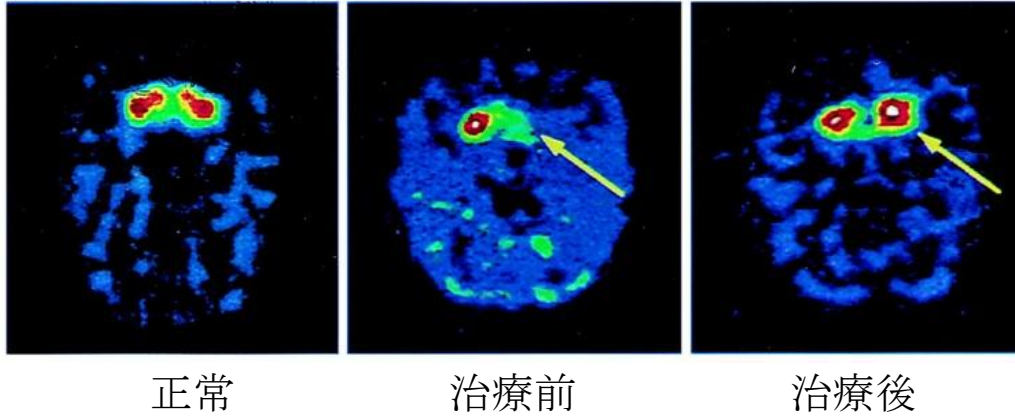
Fmiso PET + CT

Hypoxia Dose Painting

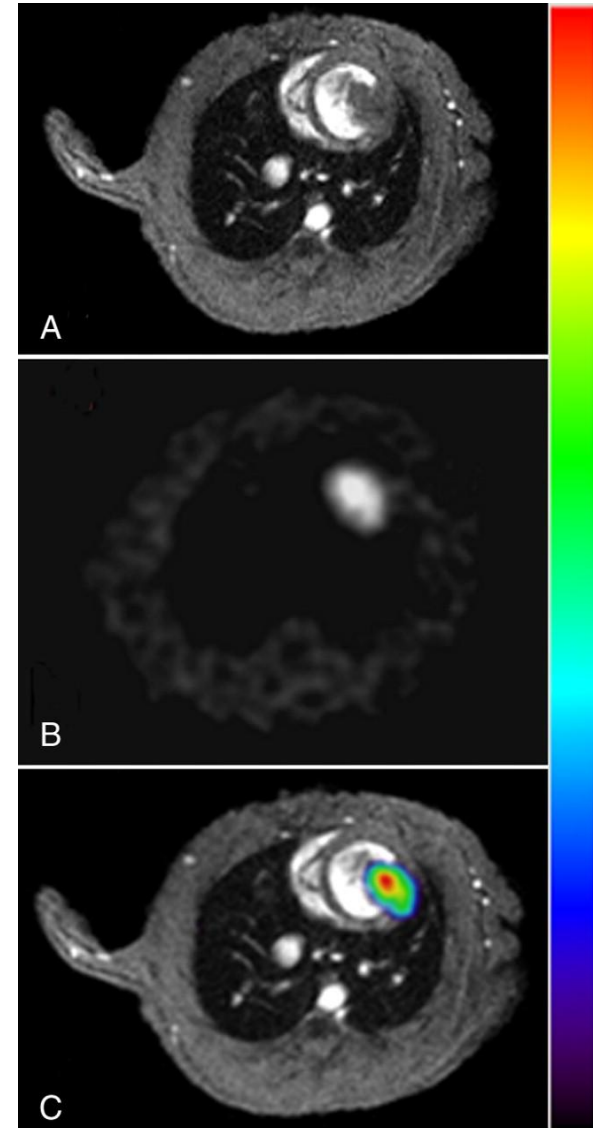
<http://www.medizin.uni-tuebingen.de/medphys/research.html>

再生医療への応用

ドーパミン産生ニューロンの移植

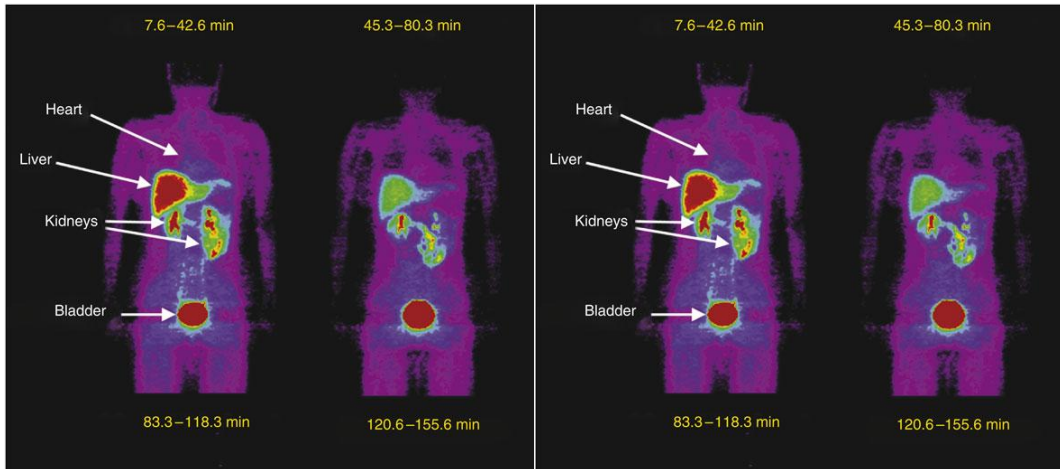


梗塞心筋に導入したES細胞
18F-FHBGで検出(ラット)



2009 Radiology, 250, 821-829.

健常人でのFHBGの分布



Nature Protocols 1, 3069 - 3074 (2007) Published online:
15 February 2007 doi:10.1038/nprot.2006.459



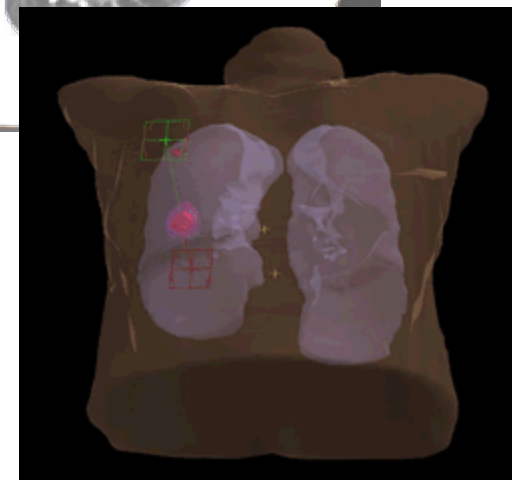
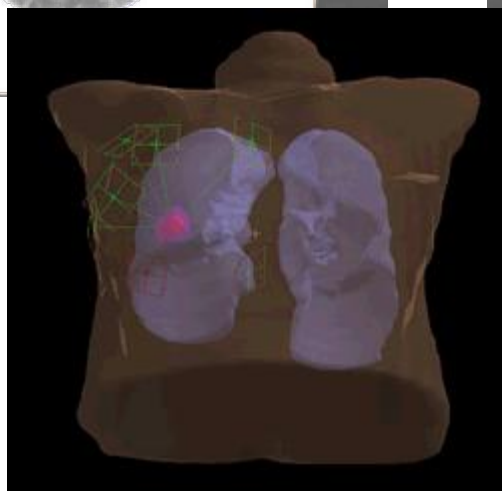
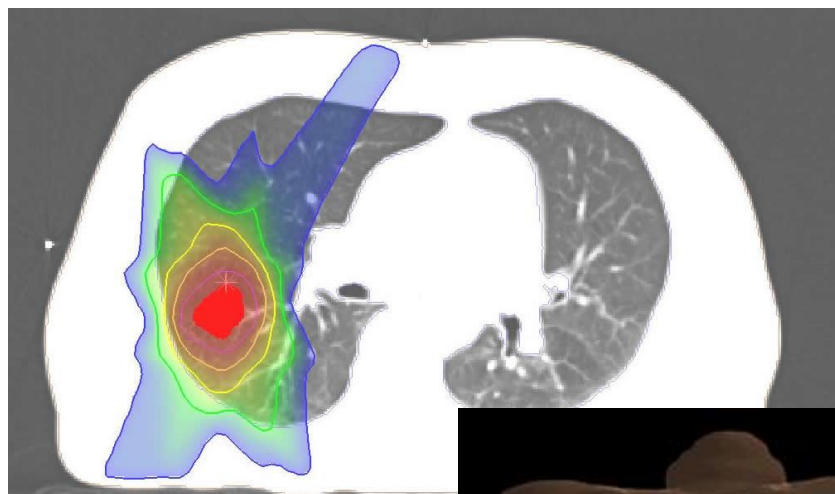
放射線治療の進歩

高精度X線治療

- 3次元原体照射(3D-CRT)
- 定位照射(SRS・SRT, SBRT)
- 強度変調放射線治療(IMRT)
- 画像誘導放射線治療(IGRT)

治療成績の向上および副作用の低減に寄与

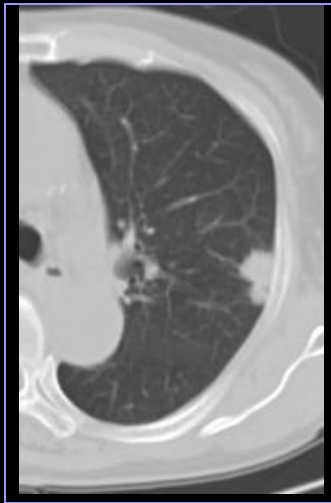
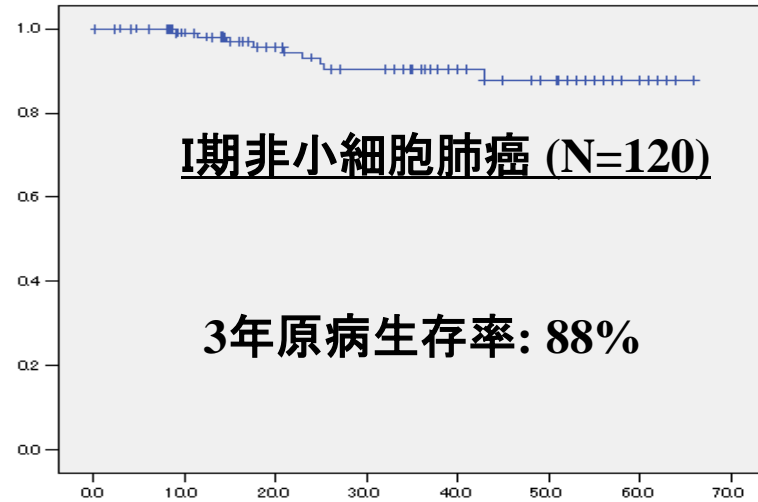
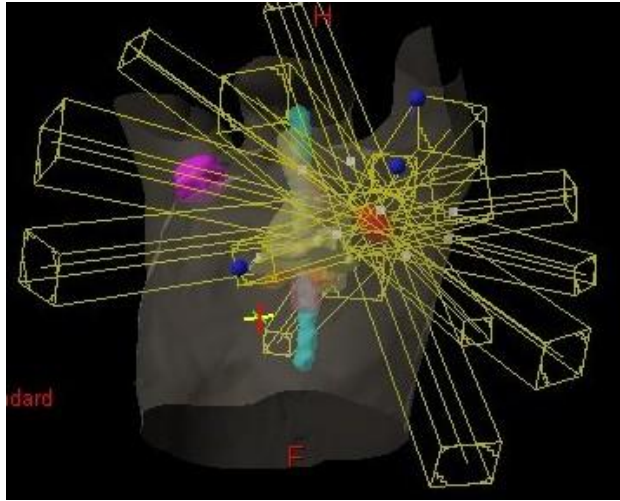
体幹部定位放射線治療



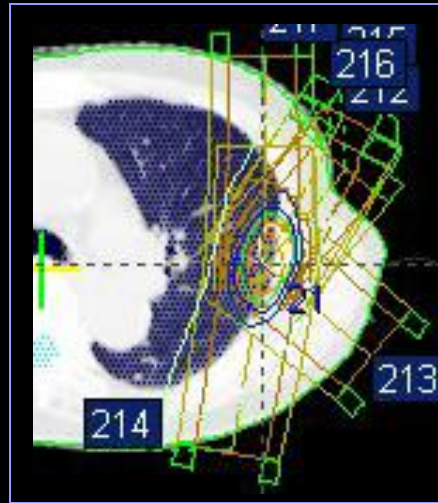
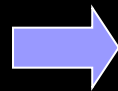
線量を分散させることによって、有害事象を低減しながら、より大きい線量を投与できる

定位照射：体幹部

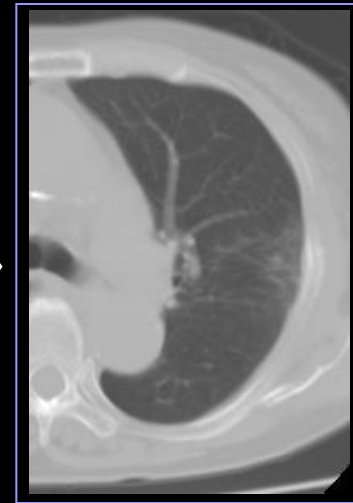
I期非小細胞肺癌



治療前

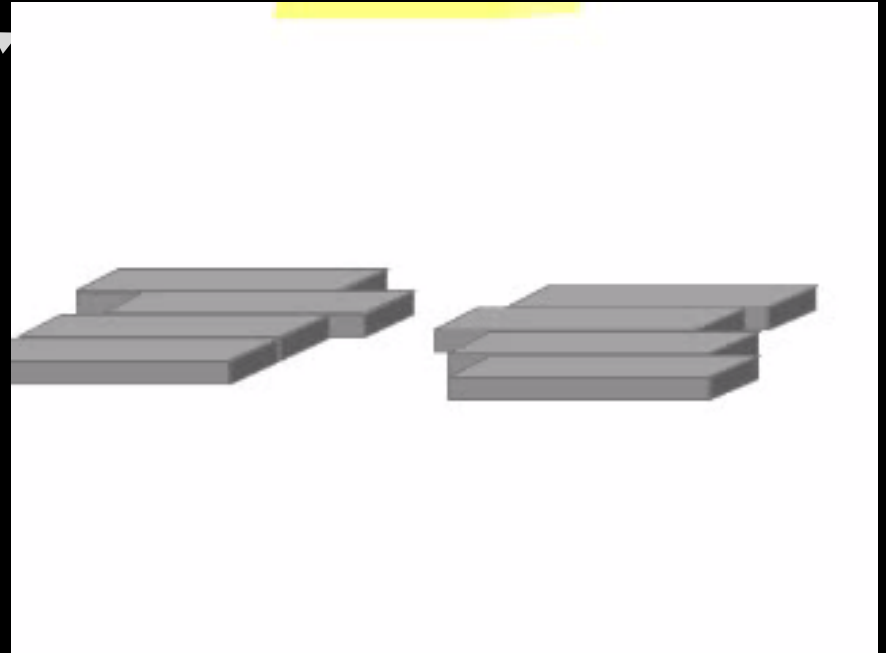


48Gy/4FR



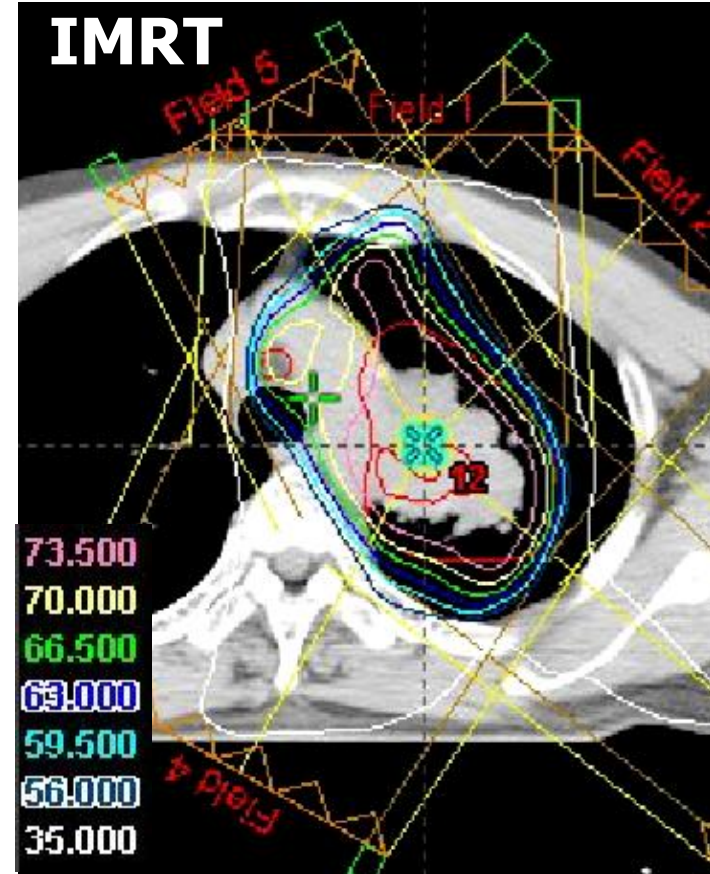
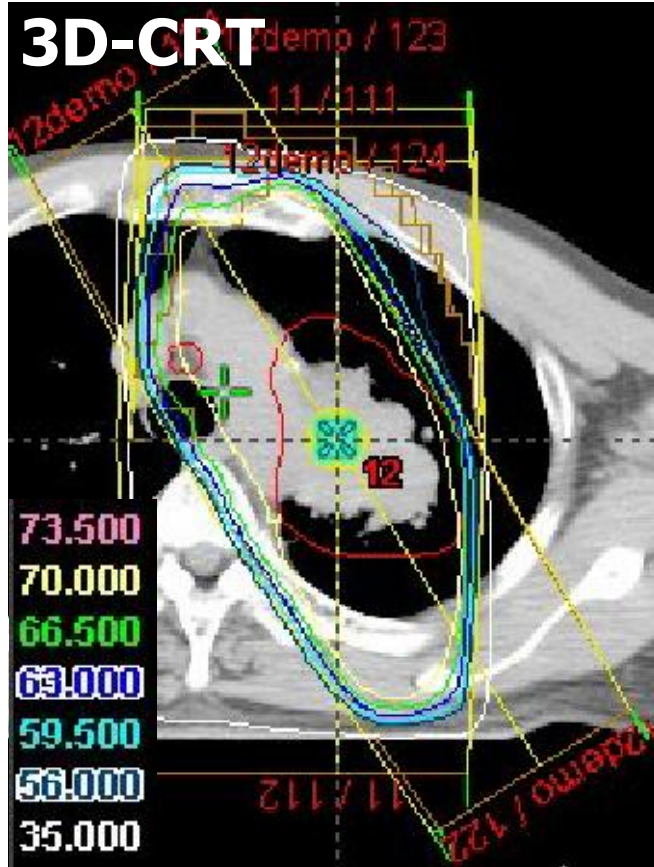
治療後24 M

実際の照射 (IMRT)



3D-CRTとIMRTとの比較

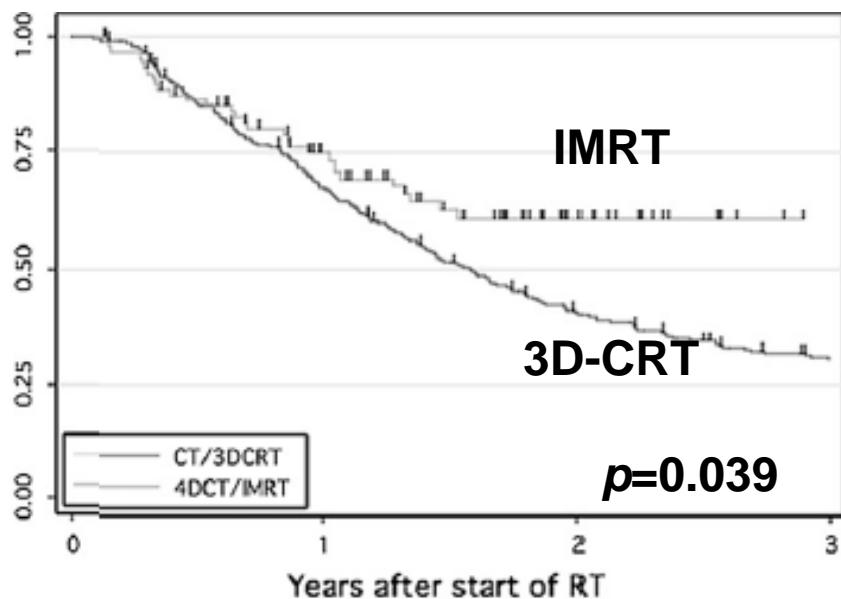
- 局所進行肺癌の例 -



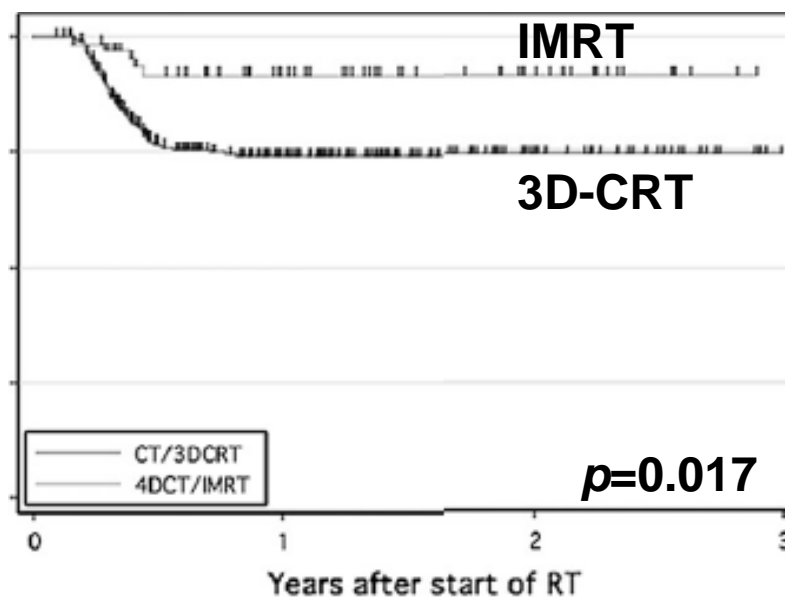
IMRTにより更なる副作用低減が可能

局所進行肺癌に対する化学放射線療法 - 3D-CRT vs. IMRT -

生存率



肺臓炎(\geq Grade3)フリー率



N=409 (3D-CRT: 316, IMRT: 91)、総線量(中央値): 63 Gy

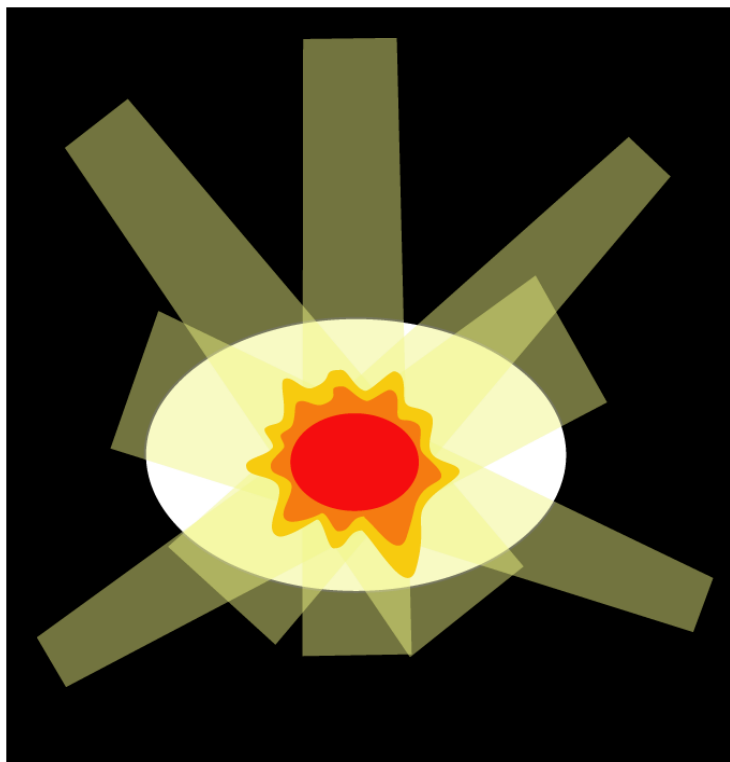
高精度X線治療の問題点と限界

X線による多方向からの照射

病巣部へ高い線量集中



低線量域が周囲に拡大



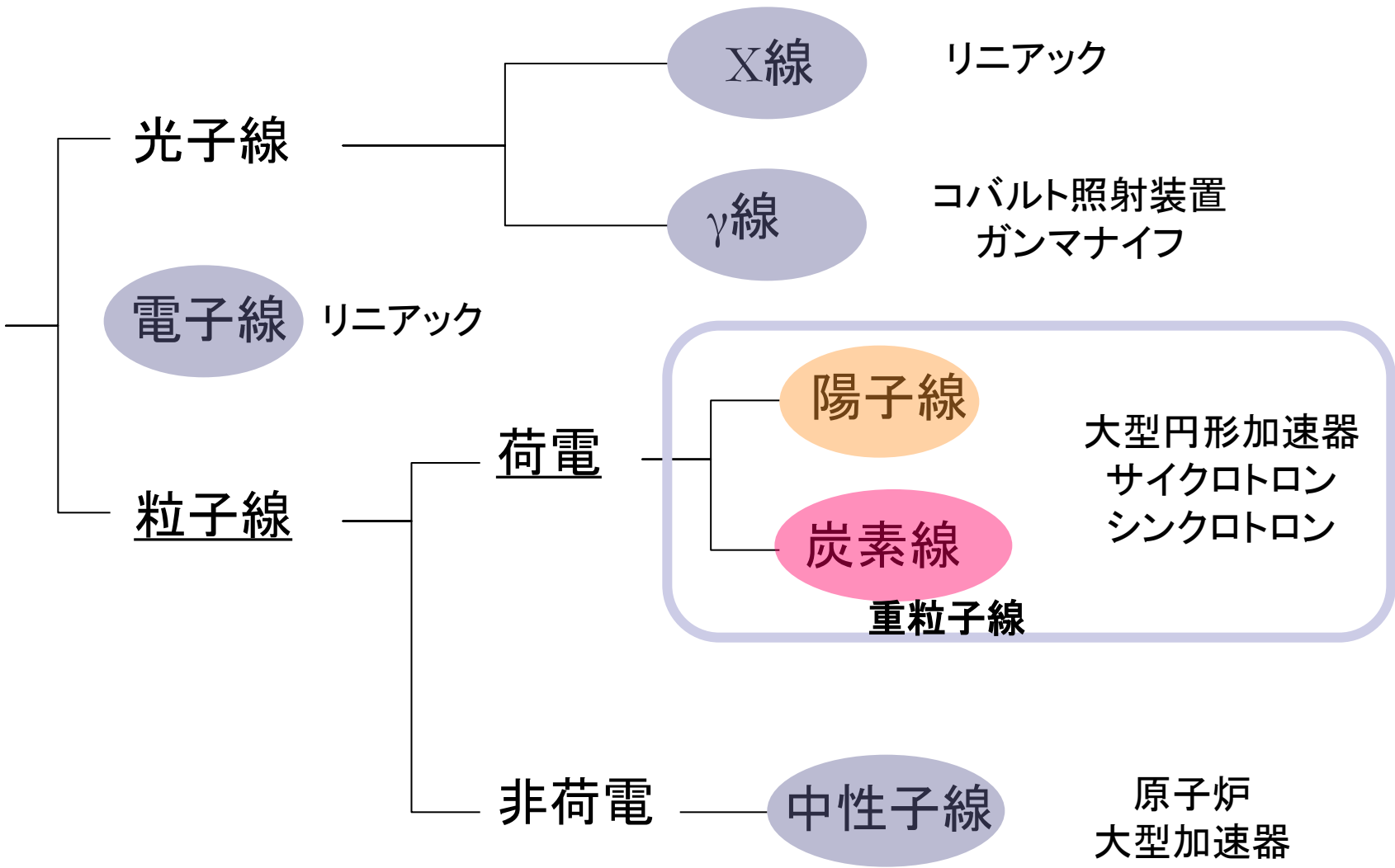
高精度X線治療

- 副作用リスク高まる場合も
 - 感受性の高い方
 - 大きな病変
 - 抗がん剤との併用など
- 二次発癌のリスク上昇の懸念
- 放射線抵抗性腫瘍や大きな腫瘍には限界もあり

これらの問題を解決してくれるもの
粒子線治療

特に期待されるもの
重粒子線治療

治療に用いられる放射線



粒子線治療の実際

荷電粒子線(原子核)である陽子や炭素イオンをサイクロトロン/
シンクロトロン等の円形加速器にて加速

- ビーム輸送系を介して照射室へ
- ピーク幅・飛程・照射野形成の調節
- 腫瘍に照射する



シンクロトロン



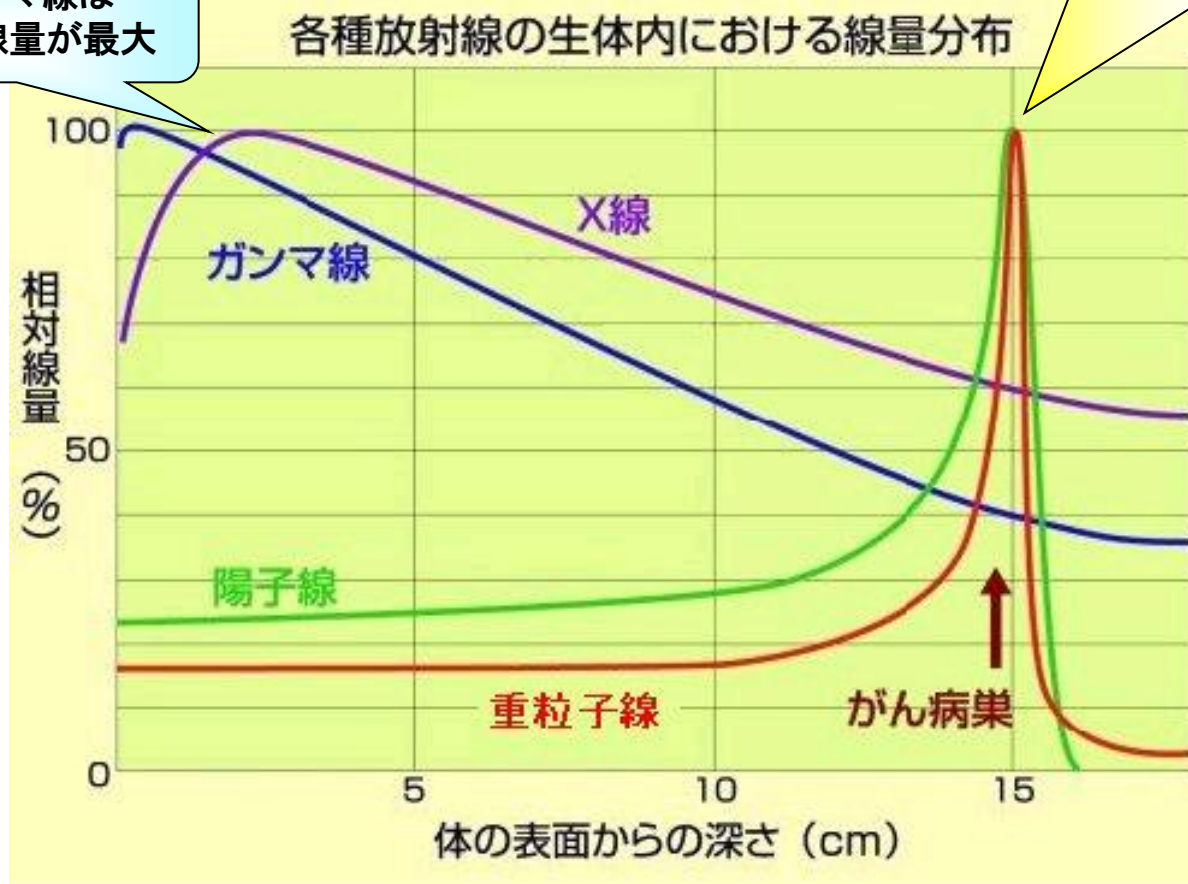
照射室

粒子線の特徴(1)

- 線量分布 -

深部がんにもピンポイント照射
(正常細胞の損傷が少ない)

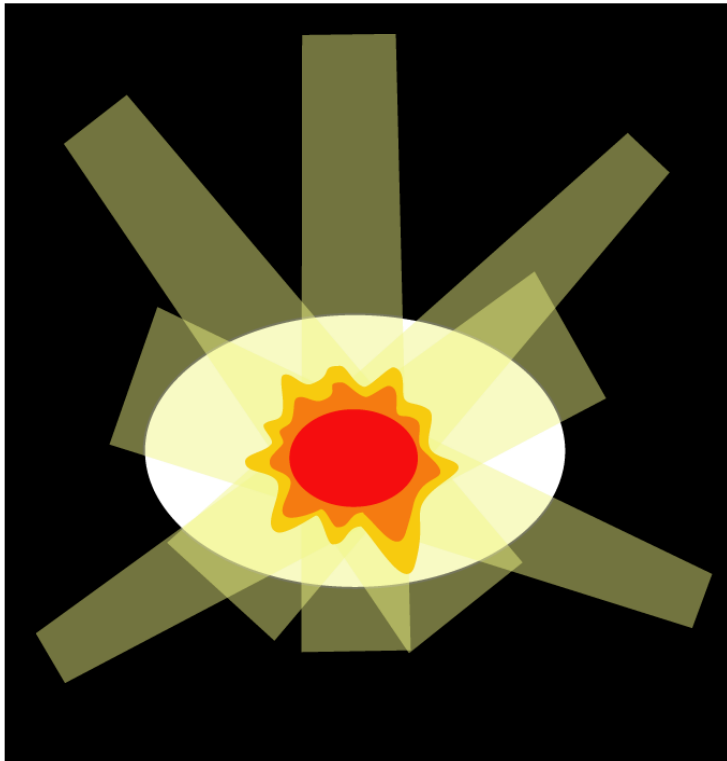
X線、ガンマ線は
体表近くで線量が最大



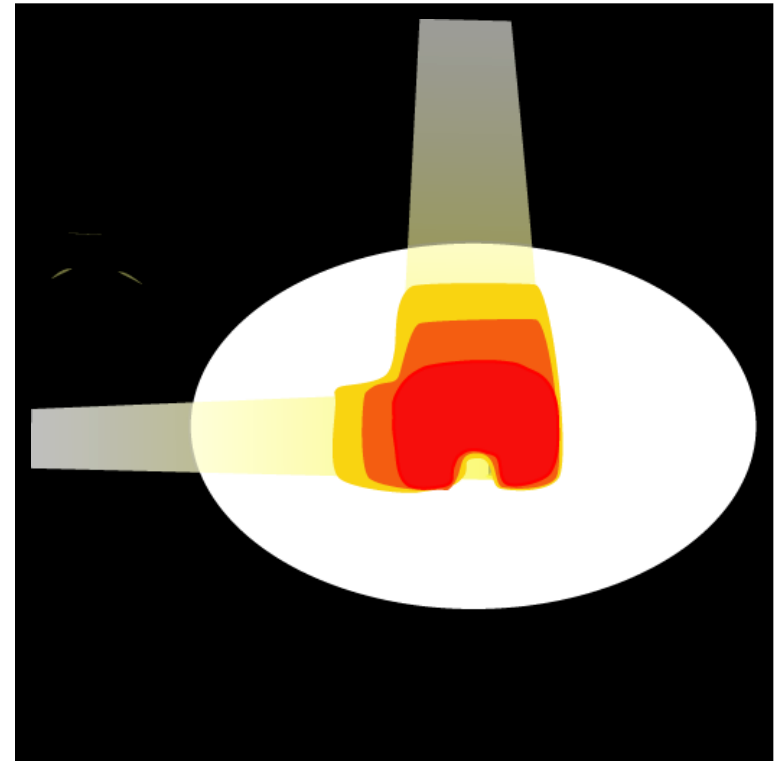
高精度X線治療 と粒子線治療の比較

粒子線治療

正常組織への影響を最小限に留め、
がん病巣部へ高い線量を照射できる



高精度X線治療



粒子線治療

粒子線治療の特徴(2)

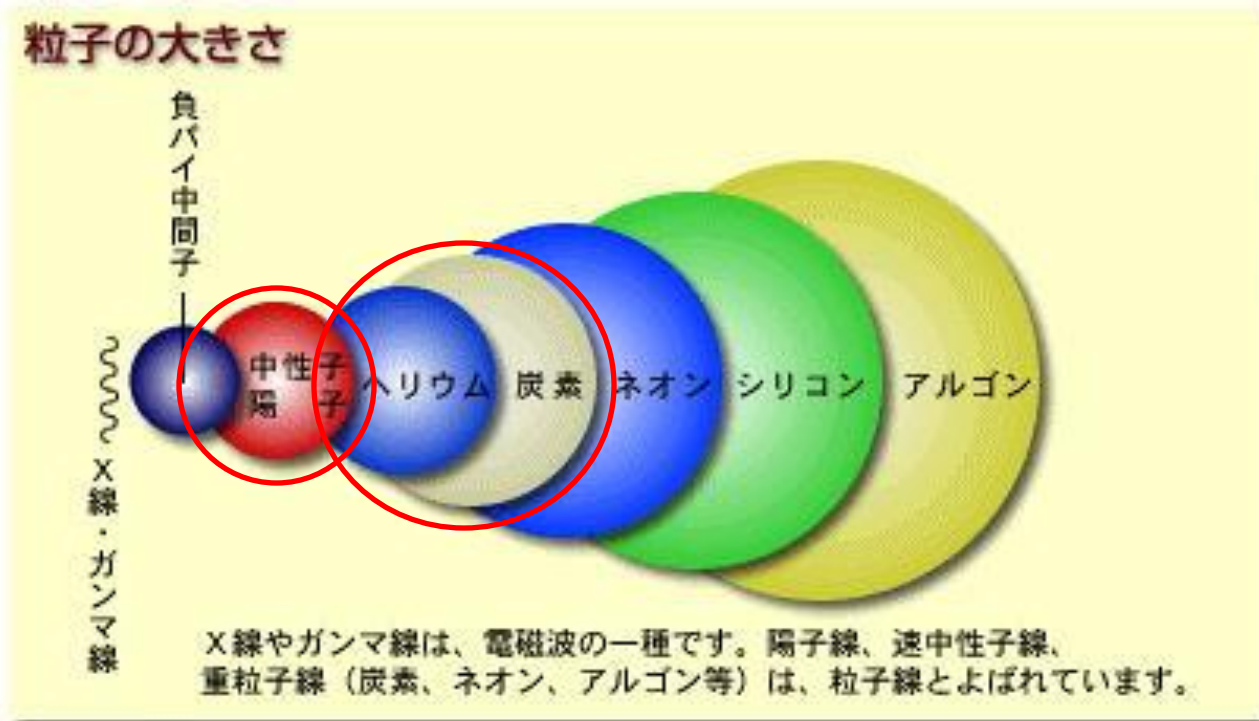
X線・ガンマ線と比べたときの
線量あたりの生物学的効果(殺細胞効果)

- 生物学的効果比(RBE)-

X線・ γ 線	1.0
陽子線	1.1
重粒子線(炭素線)	2.0-3.0

* 炭素線はがん細胞を殺す力がより強い

荷電粒子の大きさ



炭素イオンは、陽子の約12倍の質量

照射の効果

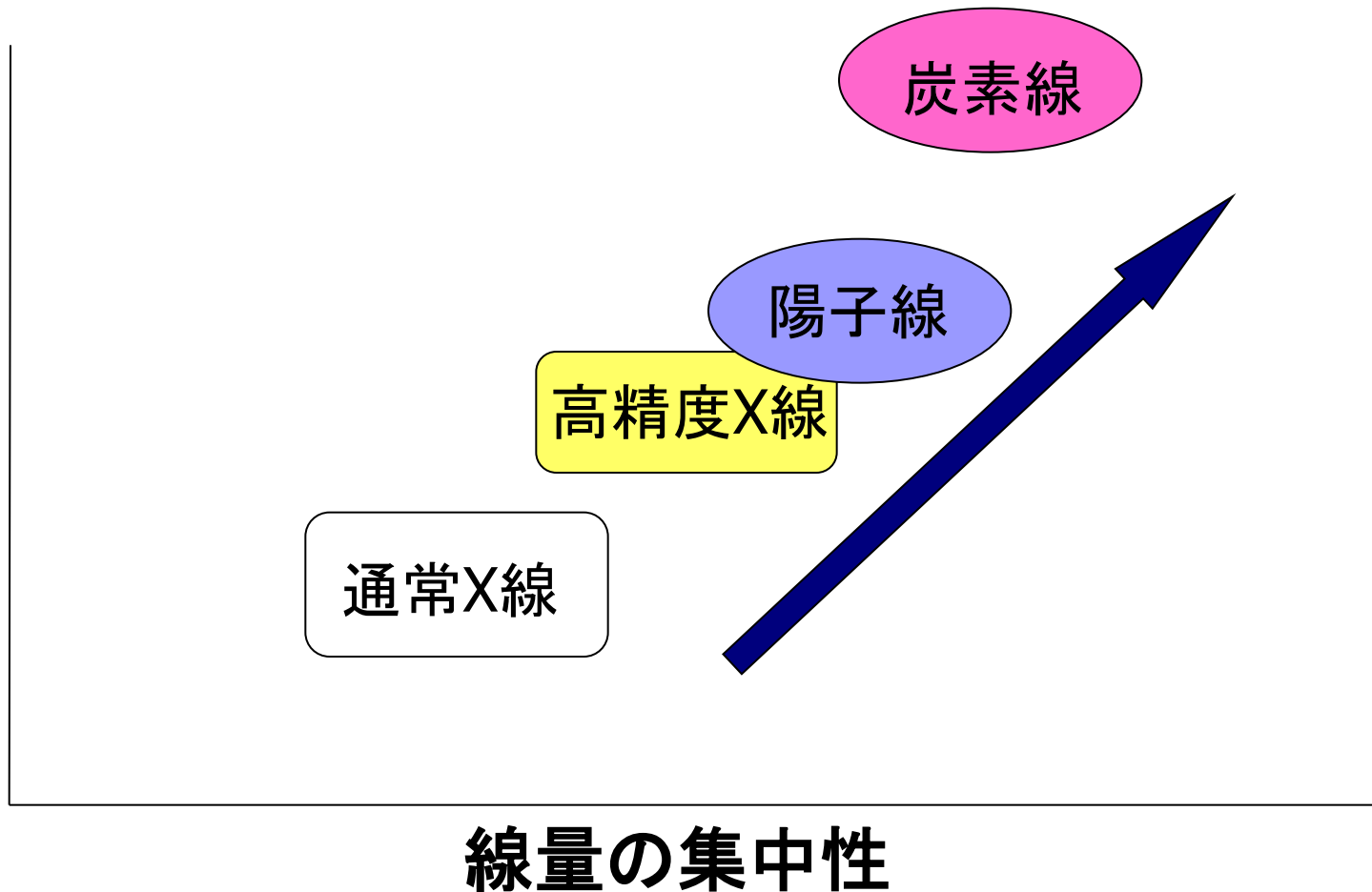
- 重粒子線は、がん細胞を殺傷する能力が高い（エックス線の2～3倍）



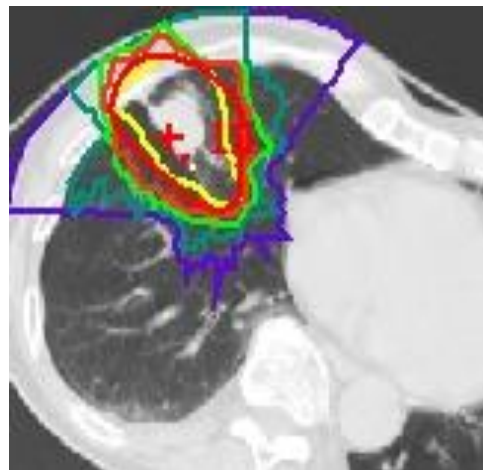
“佐賀県広報用DVD(資料提供:放射線医学総合研究所)より引用(2010. 7. 6)

効果・副作用の観点からみた 高精度X線治療と粒子線治療

がん細胞の
殺傷効果

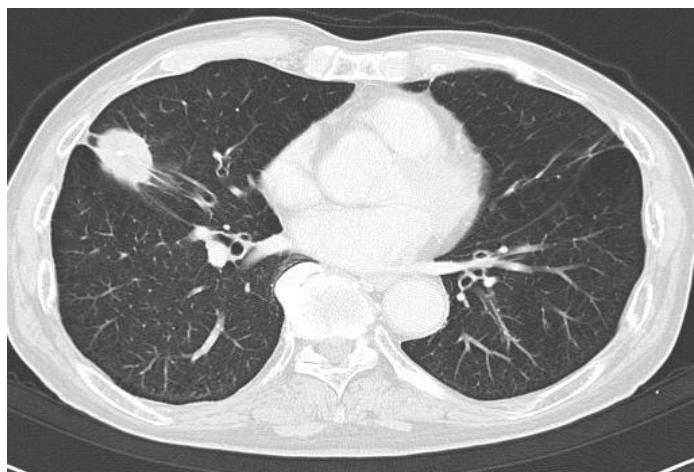


I期肺がんに対する重粒子線治療例

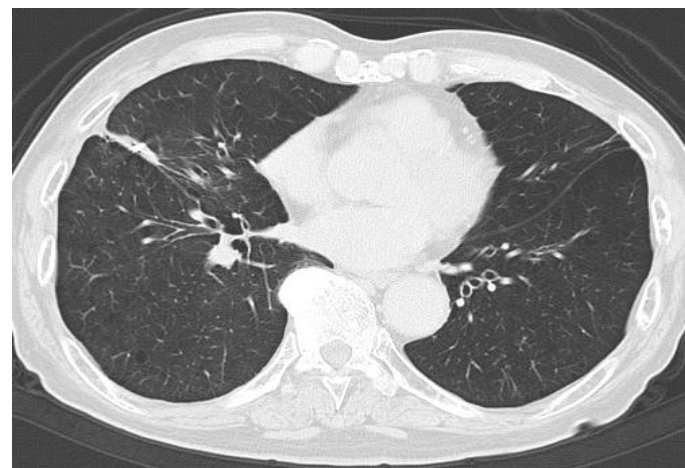


1回照射：28GyE

線量増加試験が進行中



治療前



治療後6ヶ月

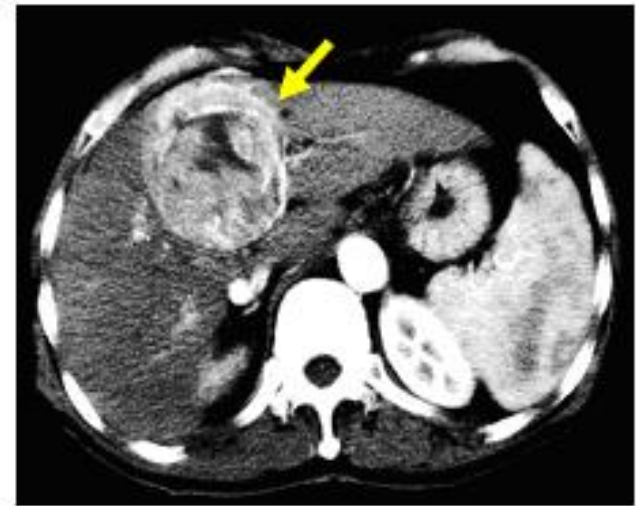
肝がんの重粒子線治療 -手術との比較-

	T1		T2	
	3年	5年	3年	5年
肝切除※1	70% (n=103)	49%	48% (n=99)	30%
重粒子線 治療※2	76% (n=30)	47%	63% (n=55)	37%

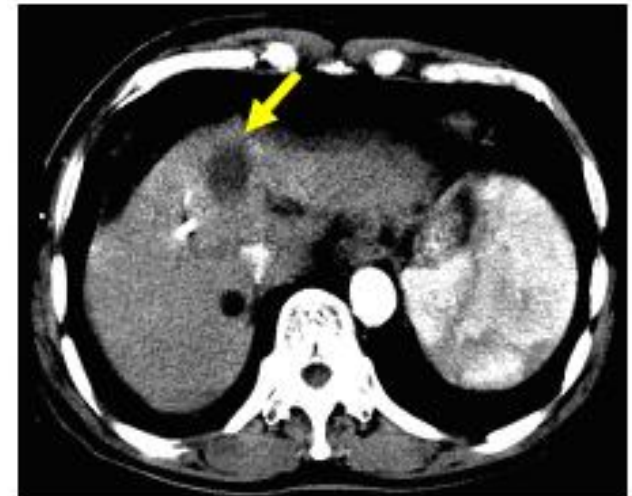
※1 出典: Jean-Nicolas Vauthey et al. *J. Clin. Oncol.*, 2002.

※2 Child-Pugh grade A, 短期照射(4~12回)

治療前



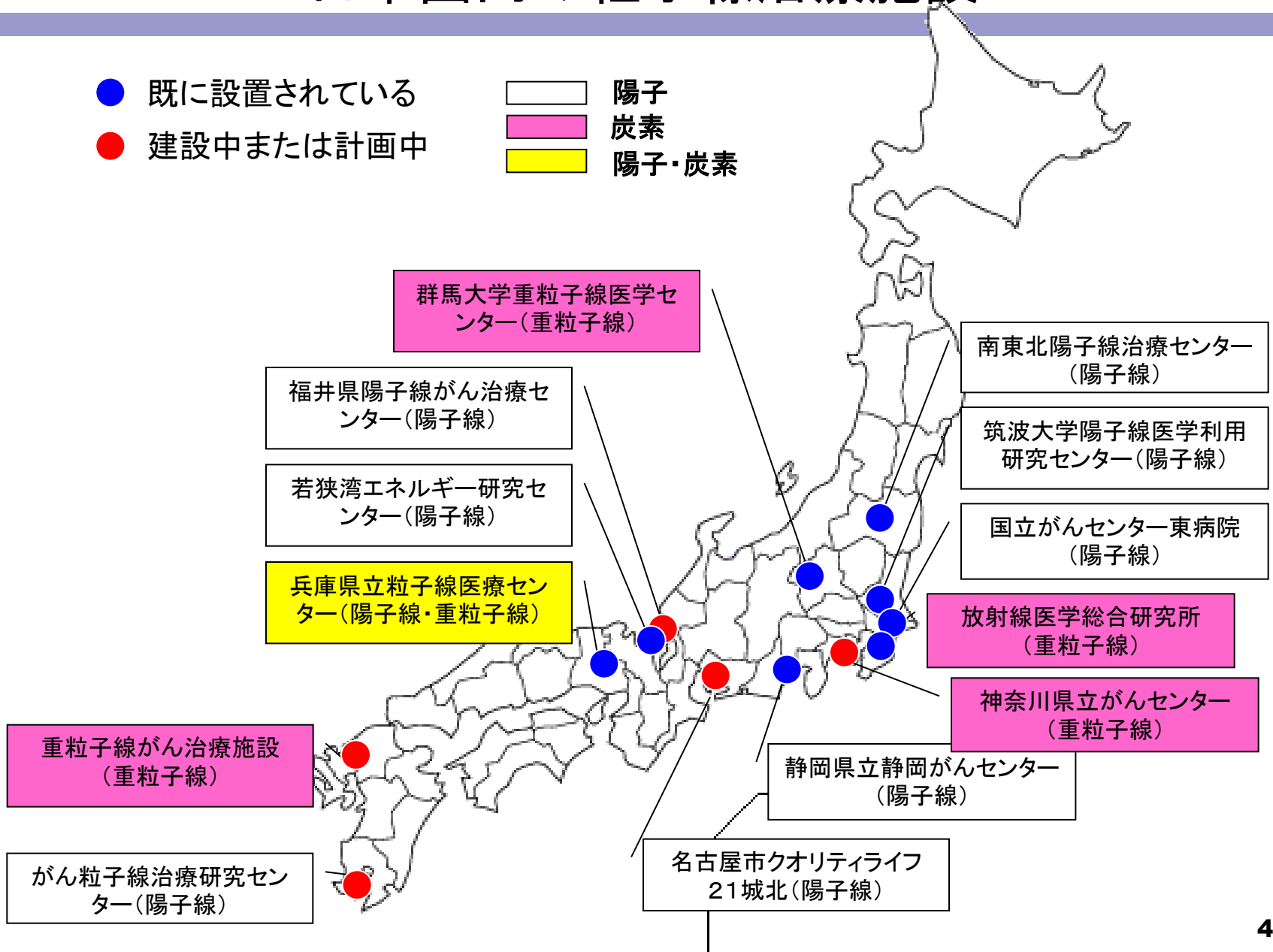
1年後



治療施設:(独)放射線医学総合研究所⁴⁴

日本国内の粒子線治療施設

- 既に設置されている
- 建設中または計画中
- 陽子
- 炭素
- 陽子・炭素

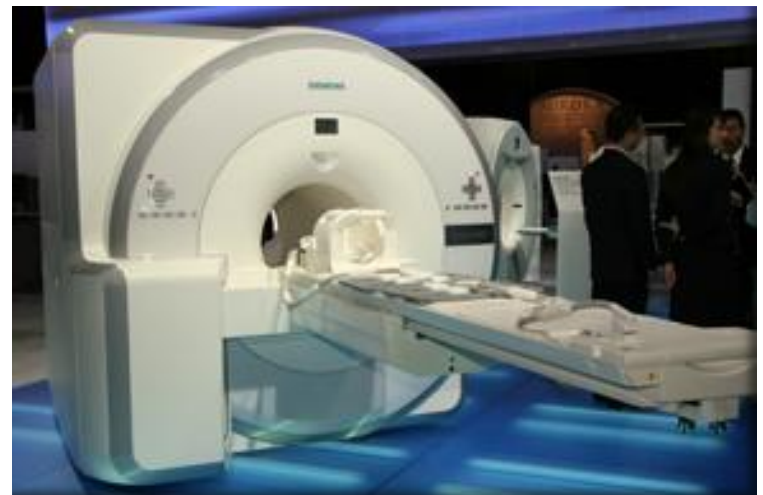


画像医療の今後

- さらに高い時間分解能・空間分解能
- Molecular Imageの進歩： PET/ MRIの時代
- Functional targetingによる高精度治療
- (重)粒子線治療の普及

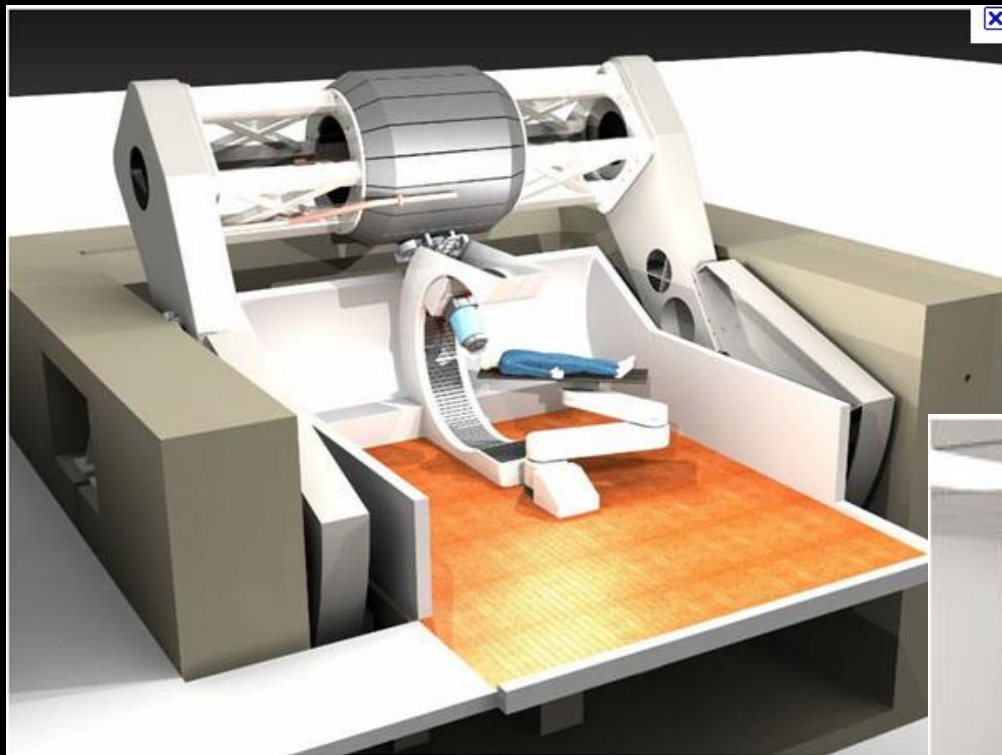



PHILIPS



SIEMENS

Still River System Monarch 250 TM Proton Therapy System





ご清聴ありがとうございました。

九州大学病院 別府病院 放射線科
平川・坂本・渥美医師をよろしくお願いいたします。