

脳の生理

- 脳の重さ

体重の2～3%

- 酸素消費量

全身の酸素消費の約20%

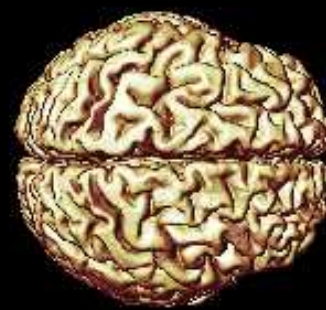
- グルコース消費量

肝臓で生成されるグルコースの80%が脳で消費される。

- 血流

心拍出量の約15%

私の脳



F-18 FDG Normal Volunteer



MRIとSPECT,PETの違い

- MRI

- 解剖学的情報が主
- 被爆がない。
- 費用が安い(日本だけ)
- 空間分解能が高い
- 濃度分解能が低い
- 体内金属があると検査できないことがある。

- SPECT, PET

- 生理学的情報
- 被爆がある(ただし少量)
- 費用がやや高い
- 空間分解能がやや劣る
- 濃度分解能が高い
- 検査時間が長い(特にPET)
- 体内金属の有無は関係ない。
- **定量性がよい**

PETとSPECTの違い

- SPECT

- 血流、ベンゾジアゼピ
ンレセプター分布のみ
- 薬はメーカーから運ば
れてくる
- PETにくらべ分解能が
ややおとる。

- PET

- 酸素代謝、血流、ブドウ
糖代謝、ベンゾジアゼピ
ンレセプター分布等が測
定できる。
- 薬は施設内で合成する。
- 動脈血ルート確保が必要

核医学の製剤は生もの (賞味期限がある。)

- PET製剤は最長のもので半減期2時間
 - 6時間で12%しかのこらない。6時間後に検査するには製剤ができた時点で8人分ないとだめ。
- SPECT製剤は最長で13時間
 - 1日たつと25%しか残らない。次の日に検査するには前の日に4人分の薬がないとできない。
- よってPETでは製剤ができてから最大で6時間、SPECTでは当日しか検査ができない。

SPECTにて使用される薬剤

使用する薬剤

I-123 IMP

Tc-99m ECD

Tc-99m HM-PAO

Xe-133

I-123 IMZ

Tl-201

目的

脳血流

脳血流

脳血流

脳血流

BZR分布

脳腫瘍の

PETにて使用される薬剤

使用する薬剤

F-18 FDG

O-15 CO₂, O-15 H₂O

O-15 CO

O-15 O₂

F-18 FDOPA

C-11 Methionine

C-11 Flumazenil

C-11 Acetate

目的

グルコース代謝

脳血流

脳血液量

脳酸素代謝

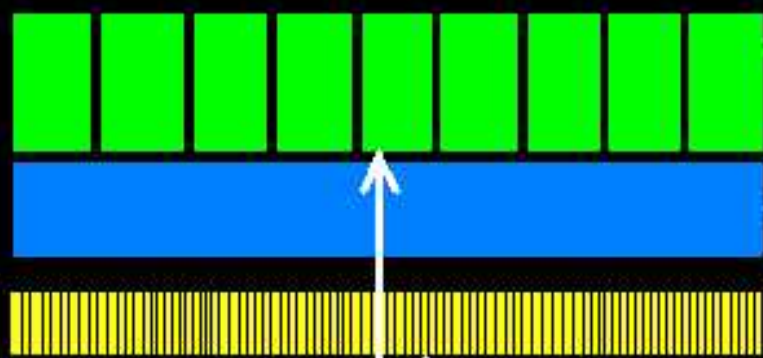
ドパミン機能

アミノ酸代謝

BZR分布

TCAサイクル活性

従来のシンチカメラ

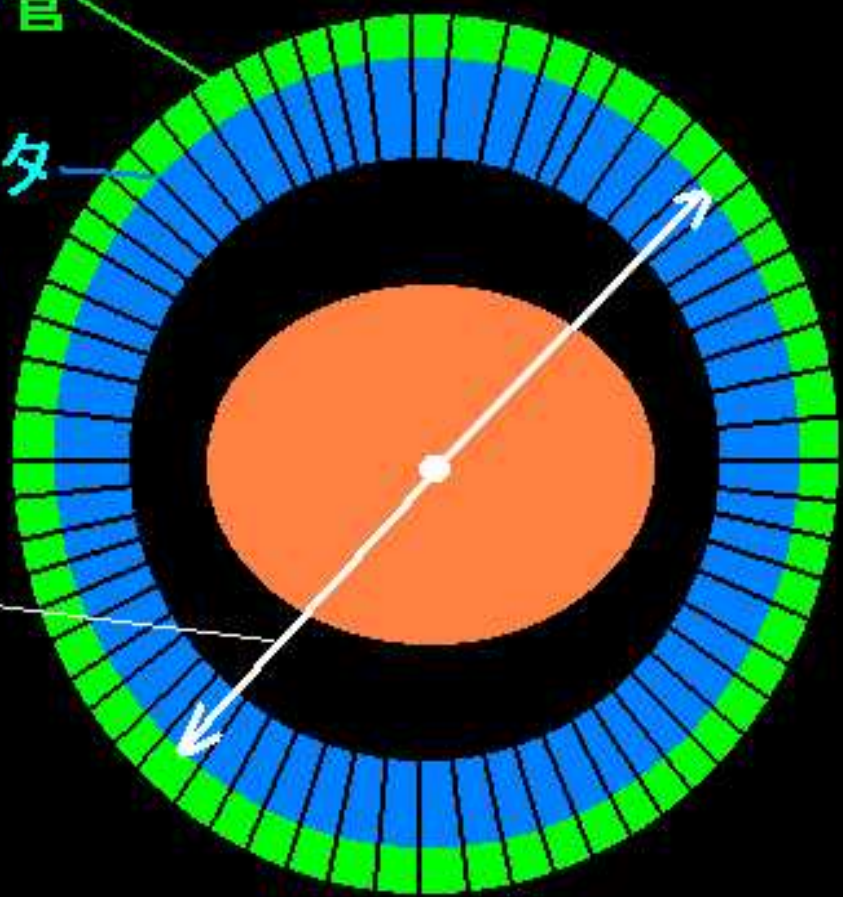


光電子増倍管

シンチレータ

コリメータ

PET

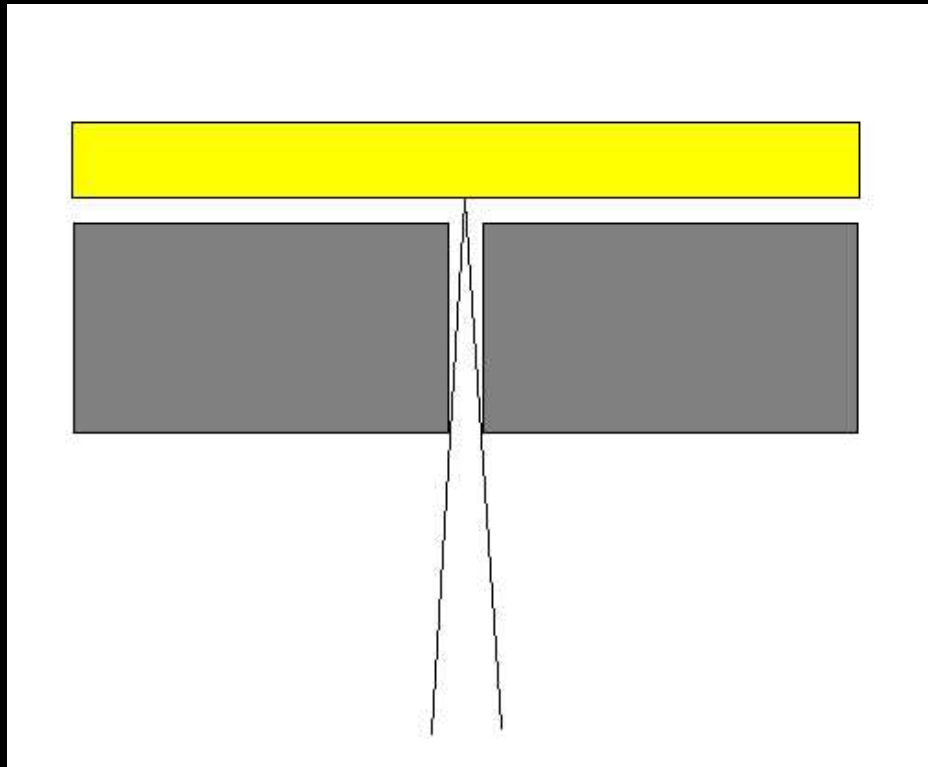


ガンマ線

シンチカメラ

シンチレータ

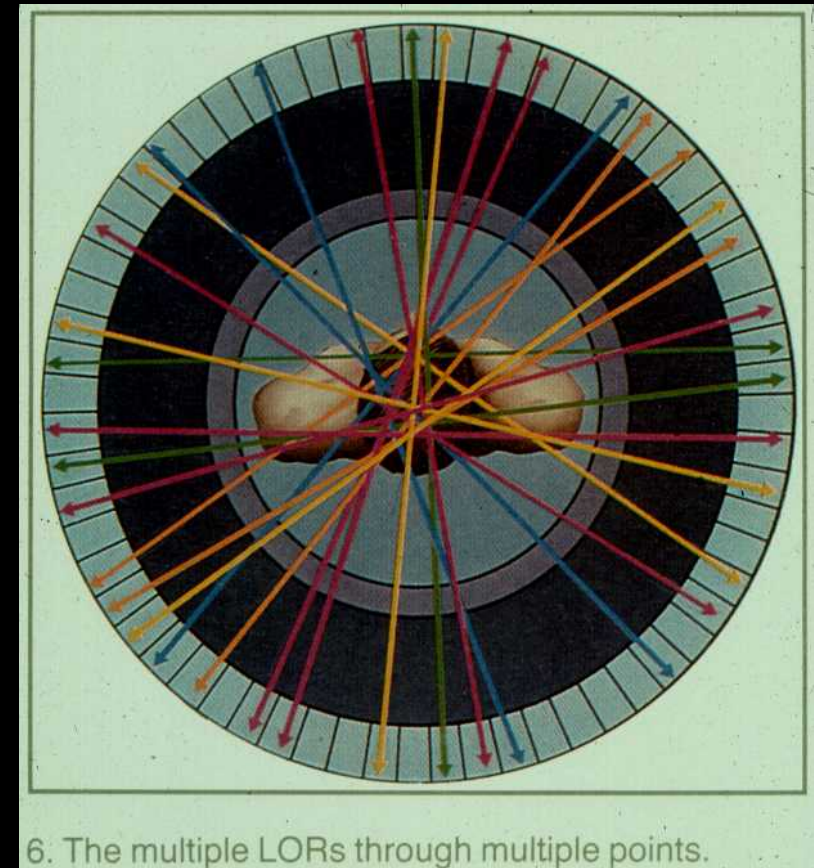
コリメータ



検出器から離れると分解能が悪くなる

SPECTは中心部の分解能が悪い

PET



中心部はLORが多く通る

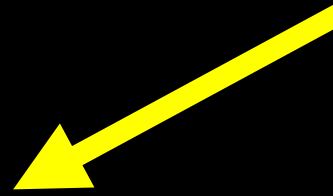
PETは中心部の分解能がよい

Positron Emission Tomography

院内サイクロトロンによる
ポジトロン(β^+)放出核種
の製造



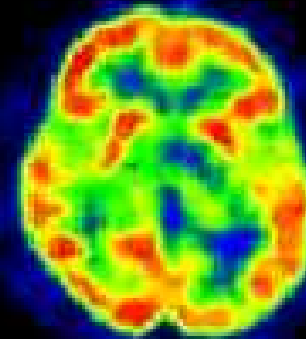
ポジトロン標識
放射性薬剤の合成



薬剤の体内投与、
PETカメラによる撮像



データ収集、
生体機能の画像化



脳血流シンチ用製剤

4 tracers are now available in Japan.

^{133}Xe

^{123}I -IMP



$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO



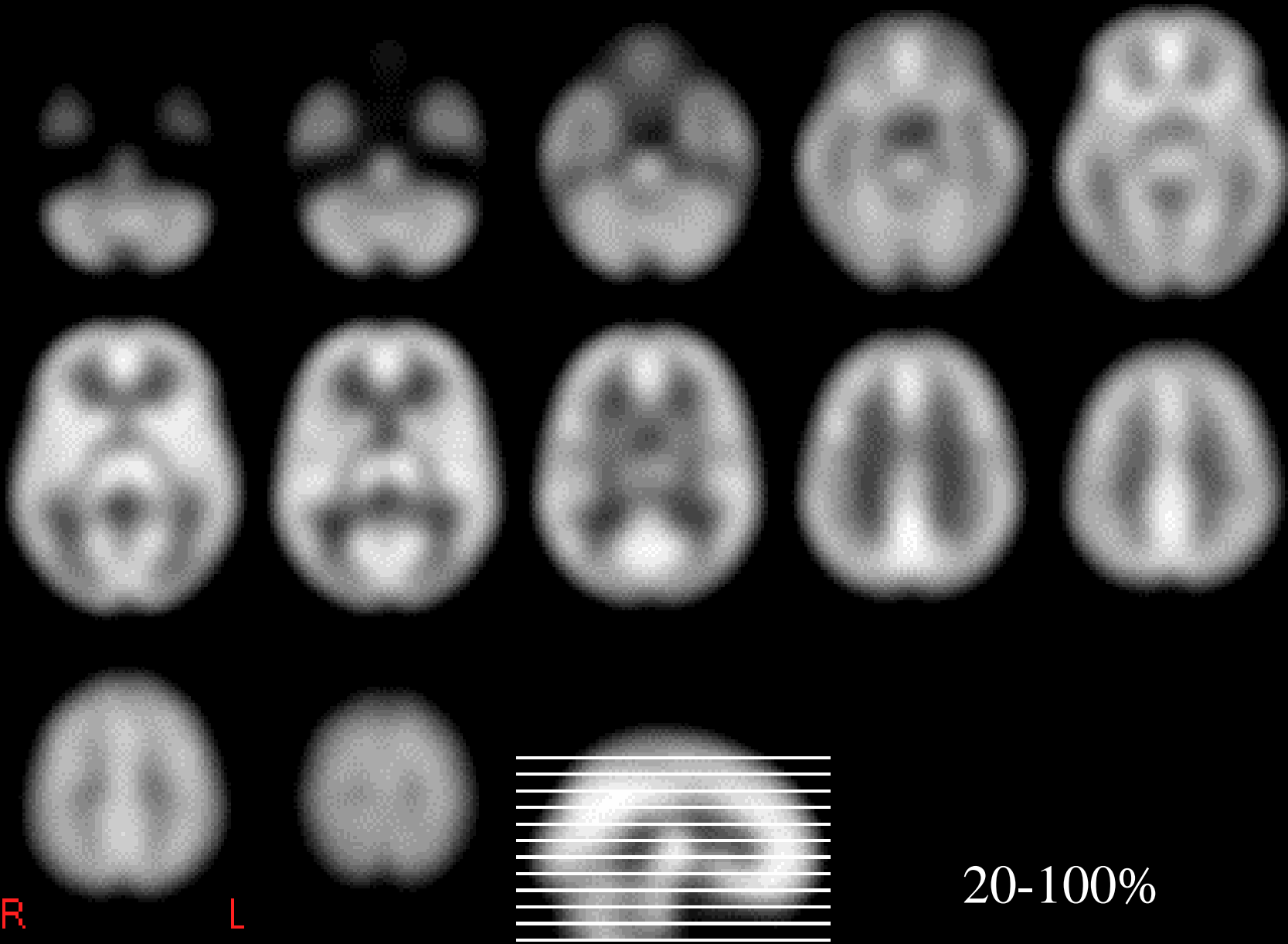
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD



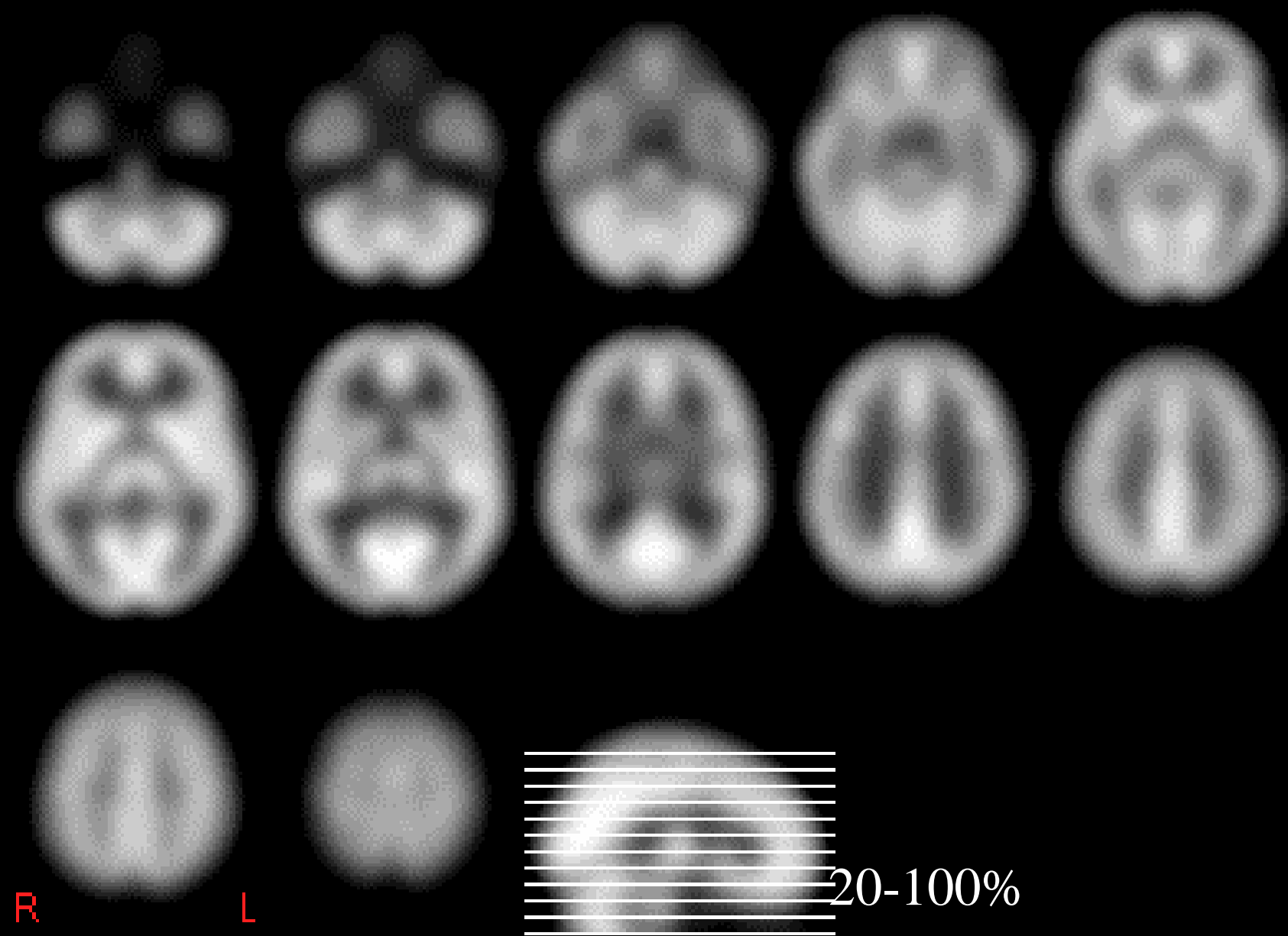
	Advantage	Disadvantage
<i>133Xe</i>	定量法が確立	低分解能
<i>123I-IMP</i>	コントラストがよい 定量法が確立	分解能がやや悪い 緊急検査×
<i>99mTc- HMPAO</i>	高分解能 緊急検査に対応 脳炎によい	バックグラウンドが 高い
<i>99mTc- ECD</i>	高分解能 緊急検査に対応	コントラストがやや わるい

製剤により分布に若干の違いが存在する。

IMP SPECT 平均画像



ECD SPECT 平均画像



薬剤別の適応

適応 (脳血流SPECT)

- てんかん焦点の検索
- 痴呆の早期鑑別診断
- 脳血管障害の Stage 分類
- 脳炎の診断、経過観察
- うつ病などでのfollow upでの客観的指標
(局所脳代謝の変化)
– など

適応 (FDG-PET)

- 部分てんかん
- 脳腫瘍再発

- 検査がむずかしいもの
 - 痴呆
 - 安静が保てない患者
 - 検査協力が得られない患者

最低5時間の絶食。水分は水道水のみ可。

絶食は

高血糖を避ける

Insulinが出ると筋肉への集積が高くなり病変部に集積しにくくなるので筋肉への分布を抑えるため。

の2つの役割がある。



インシュリンの生理作用

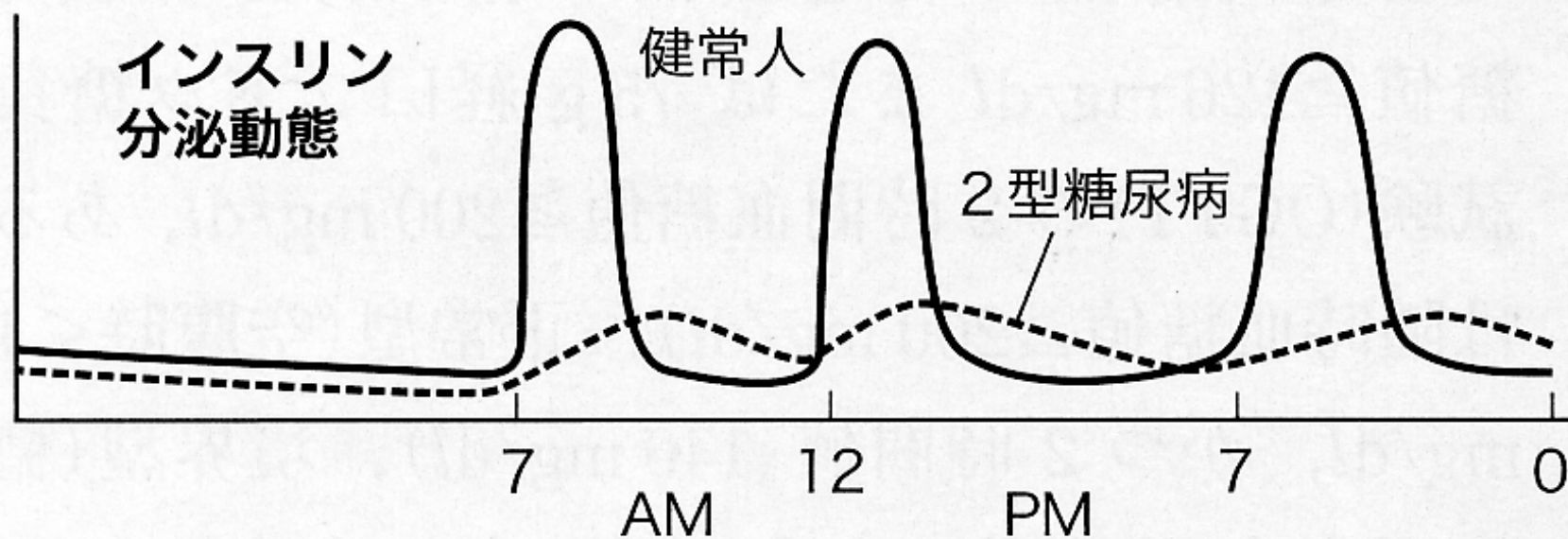
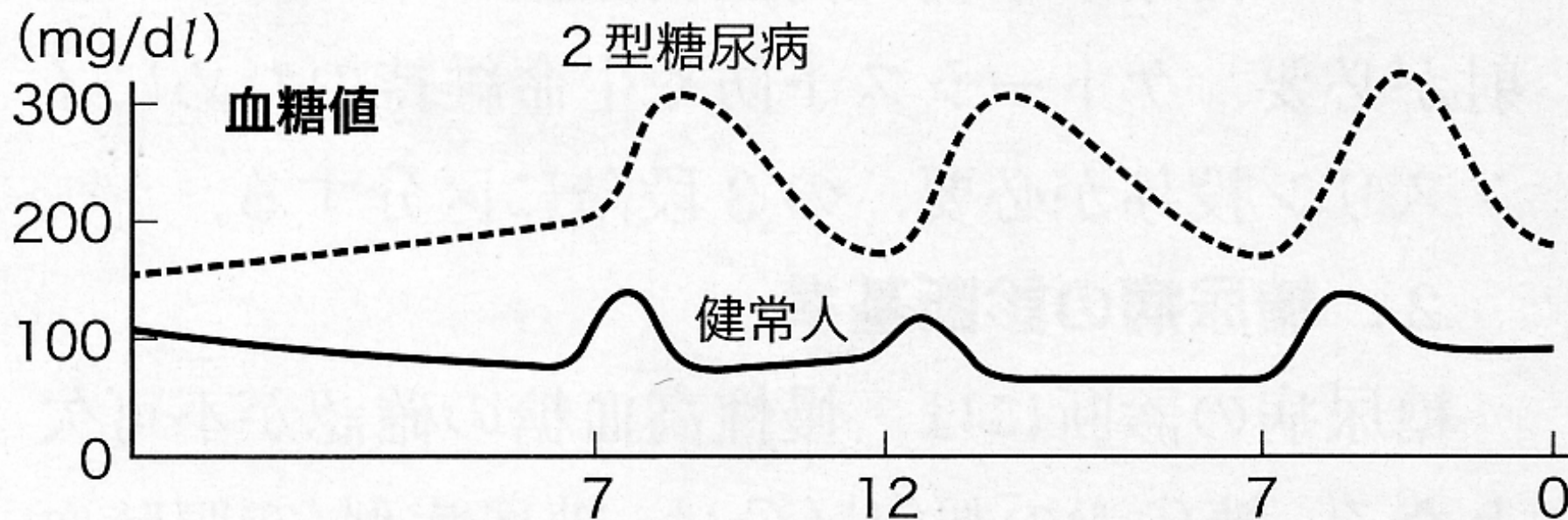
糖代謝に対するインシュリンの作用

総じてグルコースの組織への摂取と解糖系及びグリコーゲン産生を促進する。

肝臓において グルコース搬入を促進、グルコース産生を抑制、グリコーゲン産生を促進

筋肉において グルコース搬入、筋肉での解糖系を促進する。

など



糖尿病の人でも約5時間絶食するとインスリン、血糖値とも低値となることが多い。よってFDG投与前に最低5時間は絶食させる。

正常男性の画像



FDGは尿排泄
の薬です。

食べてしまうと



FDGが筋肉に集まっ
てしまい病気の部分
に薬が集まりにくくな
ります。

適応 (O-15 PET)

- 脳疾患
- なんでもよい
- 特に脳血管性障害に有用
 - OEF (酸素摂取率はPETでしかできない)

OEFの測定は脳血管患者の予後予測に有用

OEF高いーー > 脳梗塞のリスクが高い
OEF正常ーー > 脳梗塞のリスクは低い

The risks of all stroke and ipsilateral ischemic stroke in patients with increased OEF were significantly higher than in those with normal OEF (log-rank test; $P < 0.0002$ and $P < 0.0018$, respectively). J Nucl Med. 1999 Dec;40(12):1992-8. Yamauchi H et al.

O-15 ガスPET

- OEFはPETでしか測定できない。
- OEFの測定は脳血管障害患者の予後予測に有用。
- 様々な測定方法があり、正常値も若干違う。
自施設の正常値は必要

適応 (C-11 メチオニンPET)

脳腫瘍 (放射線治療後の壊死と再発の鑑別)

脳腫瘍の性状評価

FDGが皮質に強い集積を示すのに対しメチオニンは皮質への集積が弱いいため病変を明瞭に描出できる

適応 (C-11 FMZ, I-123 IMZ)

- 部分てんかんの焦点検索
- 神経細胞密度分布の推定

疾患別まとめ

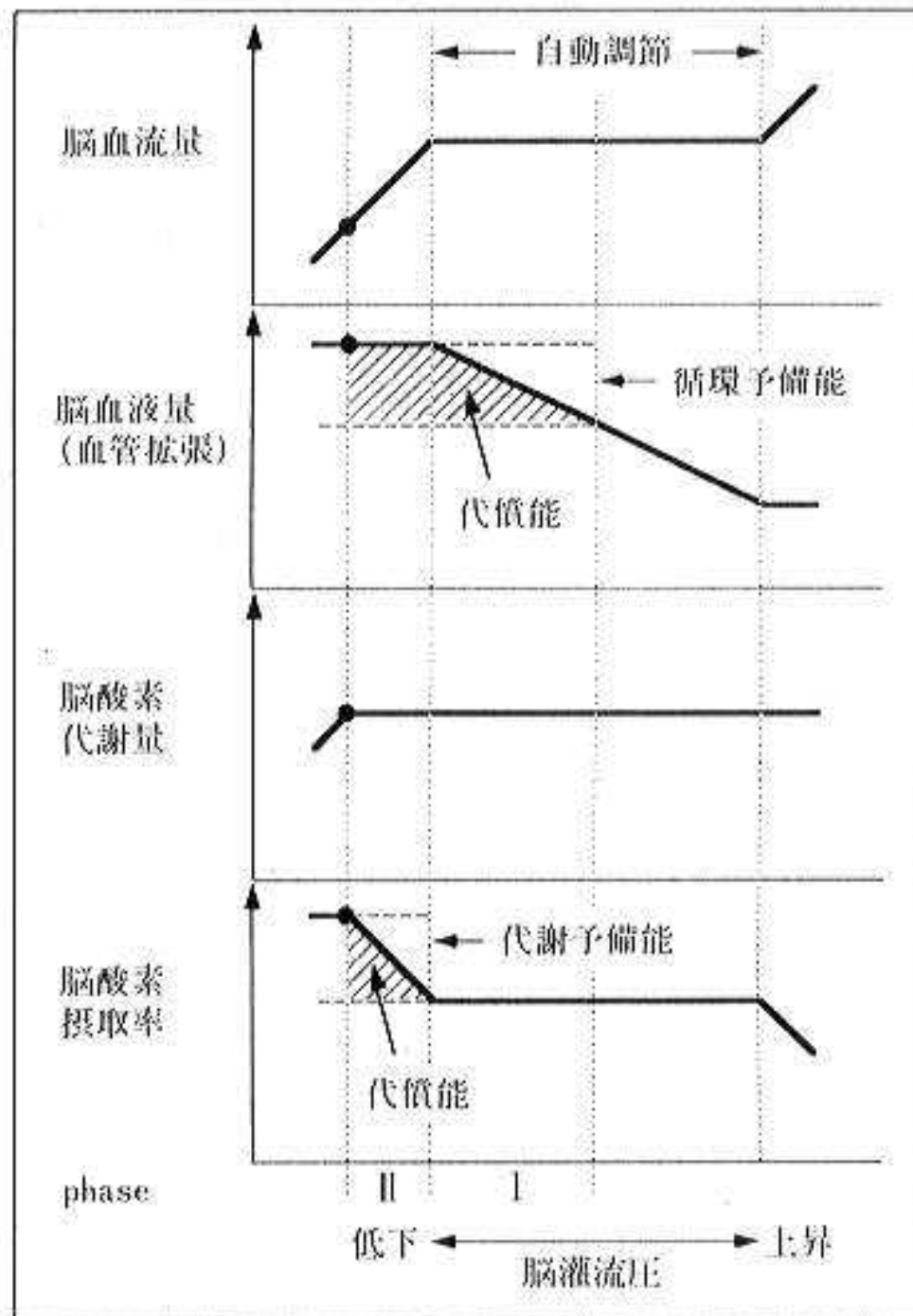
脳血管障害

急性期

脳血流低下の程度の把握 → MRI DWI

慢性期

脳血流と代謝のミスマッチ (mismatch) を
検出すること



血行力学的脳虚血に対する代償能と予備能

OEFの測定は脳血管患者の予後予測に有用

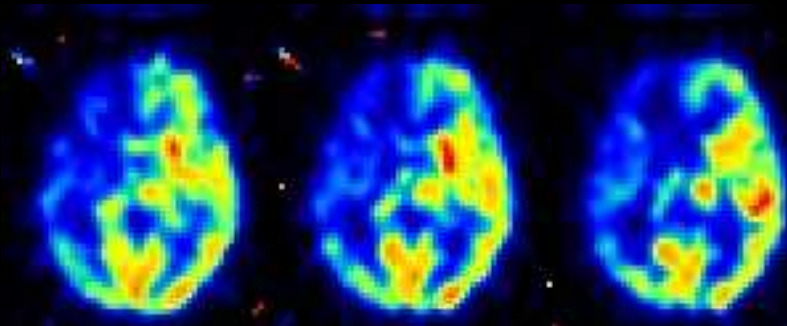
OEF高いーー > 脳梗塞のリスクが高い
OEF正常ーー > 脳梗塞のリスクは低い

The risks of all stroke and ipsilateral ischemic stroke in patients with increased OEF were significantly higher than in those with normal OEF (log-rank test; $P < 0.0002$ and $P < 0.0018$, respectively). J Nucl Med. 1999 Dec;40(12):1992-8. Yamauchi H et al.

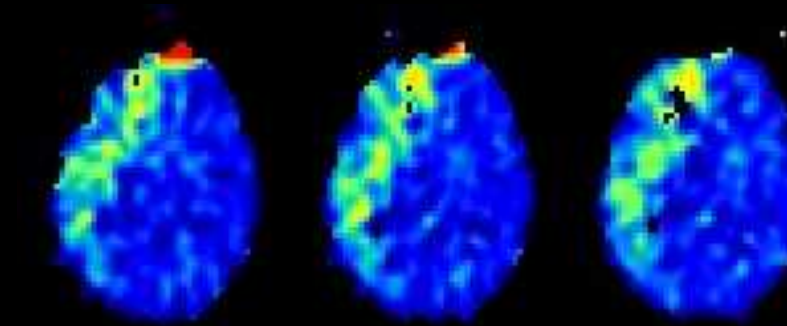
症例1. 右内頸動脈閉塞 50歳代



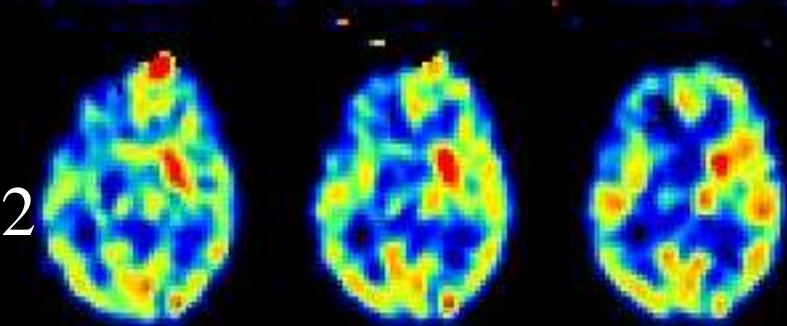
CBF



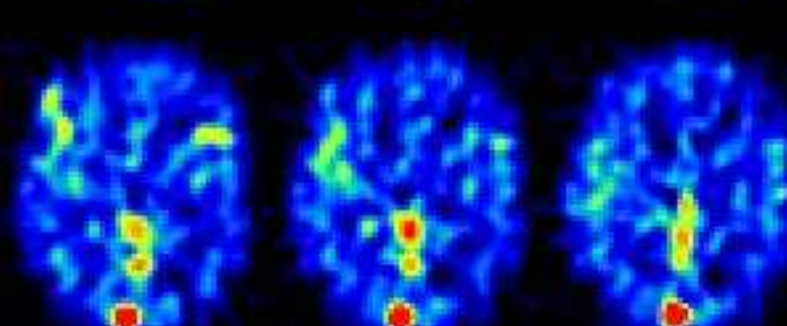
OEF



CMRO2



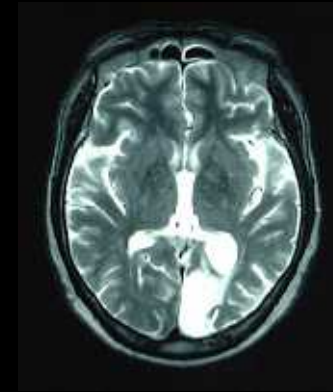
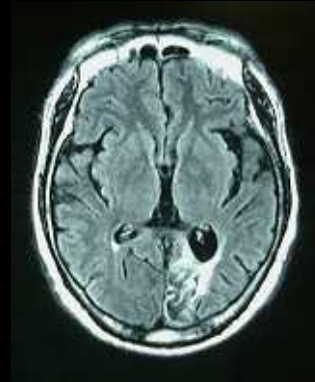
CBV



MRI(T2WI)では右前頭葉深部白質に高信号を認めますが、皮質には異常信号を認めません。脳血流(CBF)画像では右大脳半球の内頸動脈支配域に一致して著明な血流低下を認めます。酸素代謝(CMRO2)画像では右大脳半球の代謝は比較的保たれています。脳血液量(CBV)、酸素摂取率(OEF)は右大脳半球で著明に上昇しておりStage Ⅱの虚血と考えます。

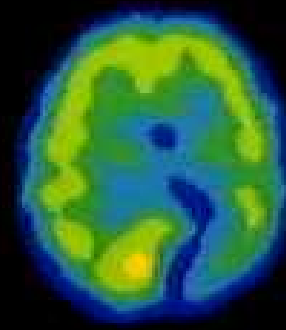
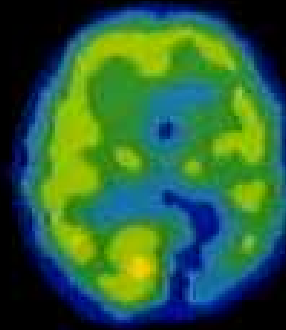
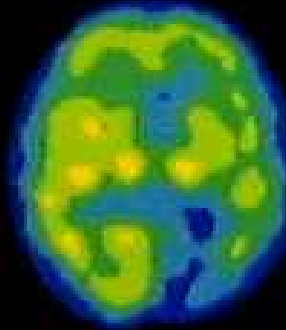
症例2 . 60歳代 . Lt IC Occlusion + Lt Occipital infarction

60 (ml/min/100g)

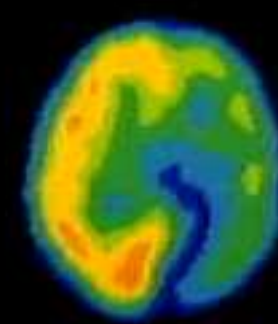
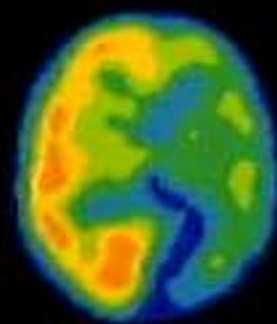
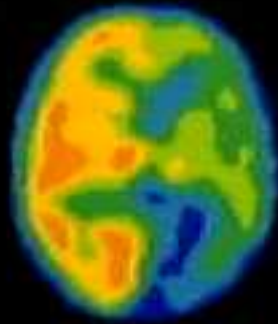


I-123 IMP 脳血流SPECT
(定量)

REST



Diamox



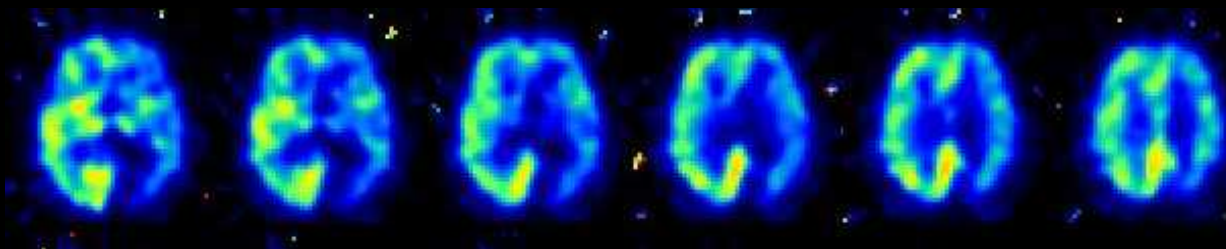
Diamox(脳血管拡張剤)を使用すると健常側である右大脳半球の血流は上昇するが、左大脳半球の内頸動脈支配域の血流は上昇しない。血管拡張予備能の低下が左内頸動脈支配域にある。定量検査を施行することにより血管拡張予備能を評価できる



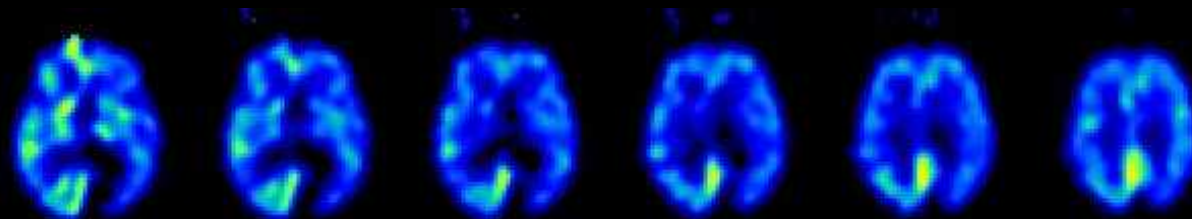
症例2 . 60歳代 . Lt IC Occlusion + Lt Occipital infarction

O-15 gas PET

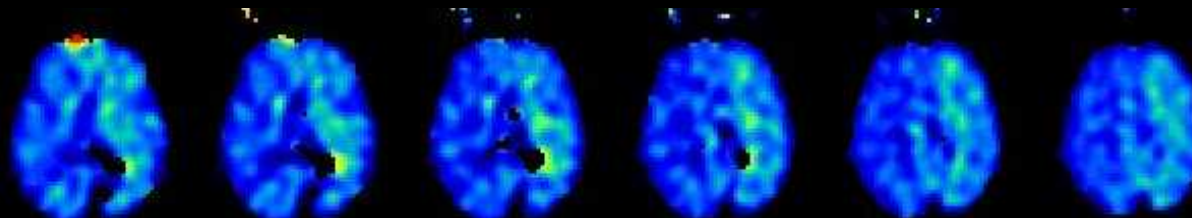
CBF



CMRO2

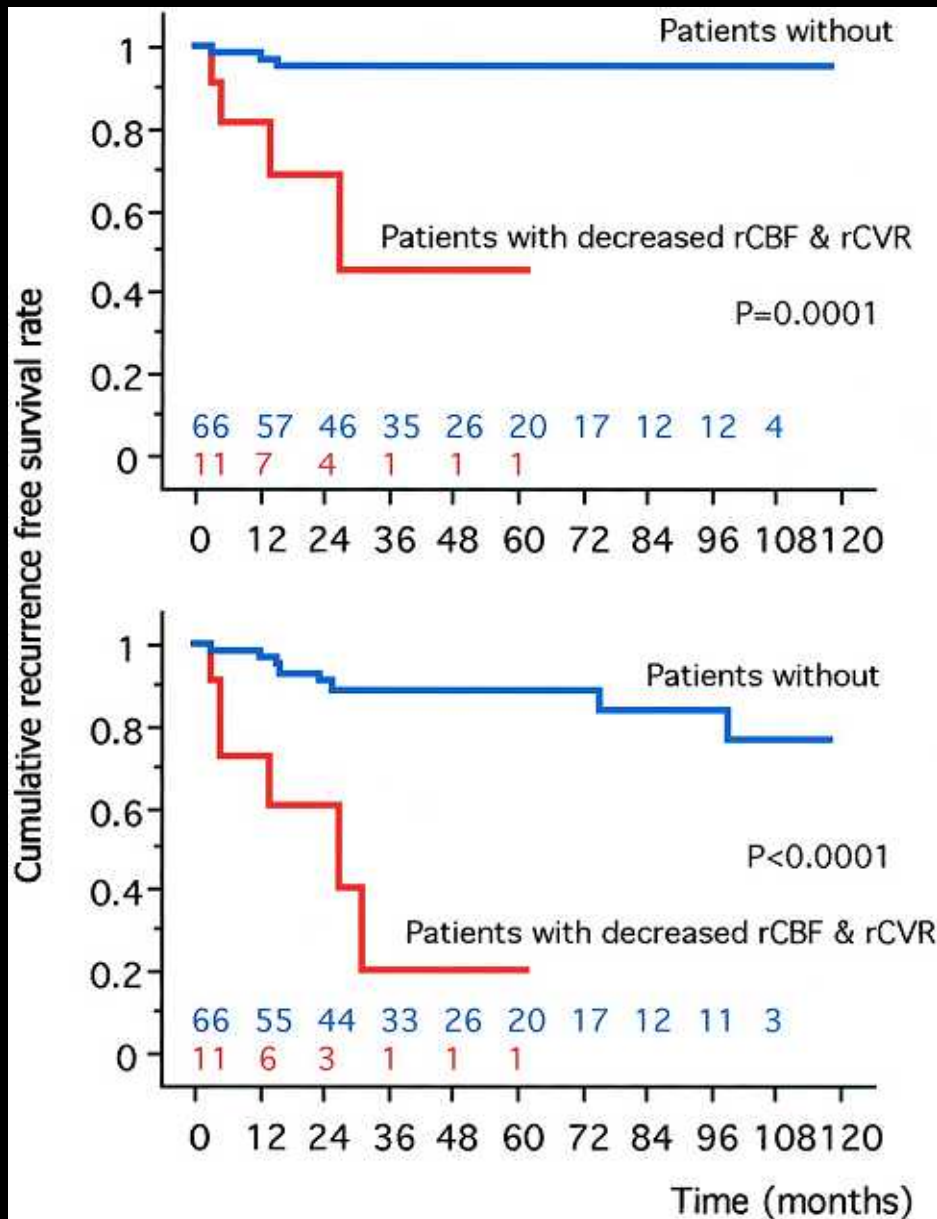


OEF



前のスライドのような症例は酸素摂取率(OEF)がほとんどであり、SPECTでもOEFの上昇をある程度推定できる。

Acetazolamide Test and Long-Term Prognosis of Medically Treated Patients With Internal Carotid or Middle Cerebral Artery Occlusion



Reduced blood flow and reactivity to acetazolamide is predictive of subsequent ischemic stroke in patients with ICA or MCA occlusion.

Quantitative measurements of blood flow and acetazolamide reactivity are very simple and useful for predicting patient outcome.

Kuroda Stroke. 2001;32:2110

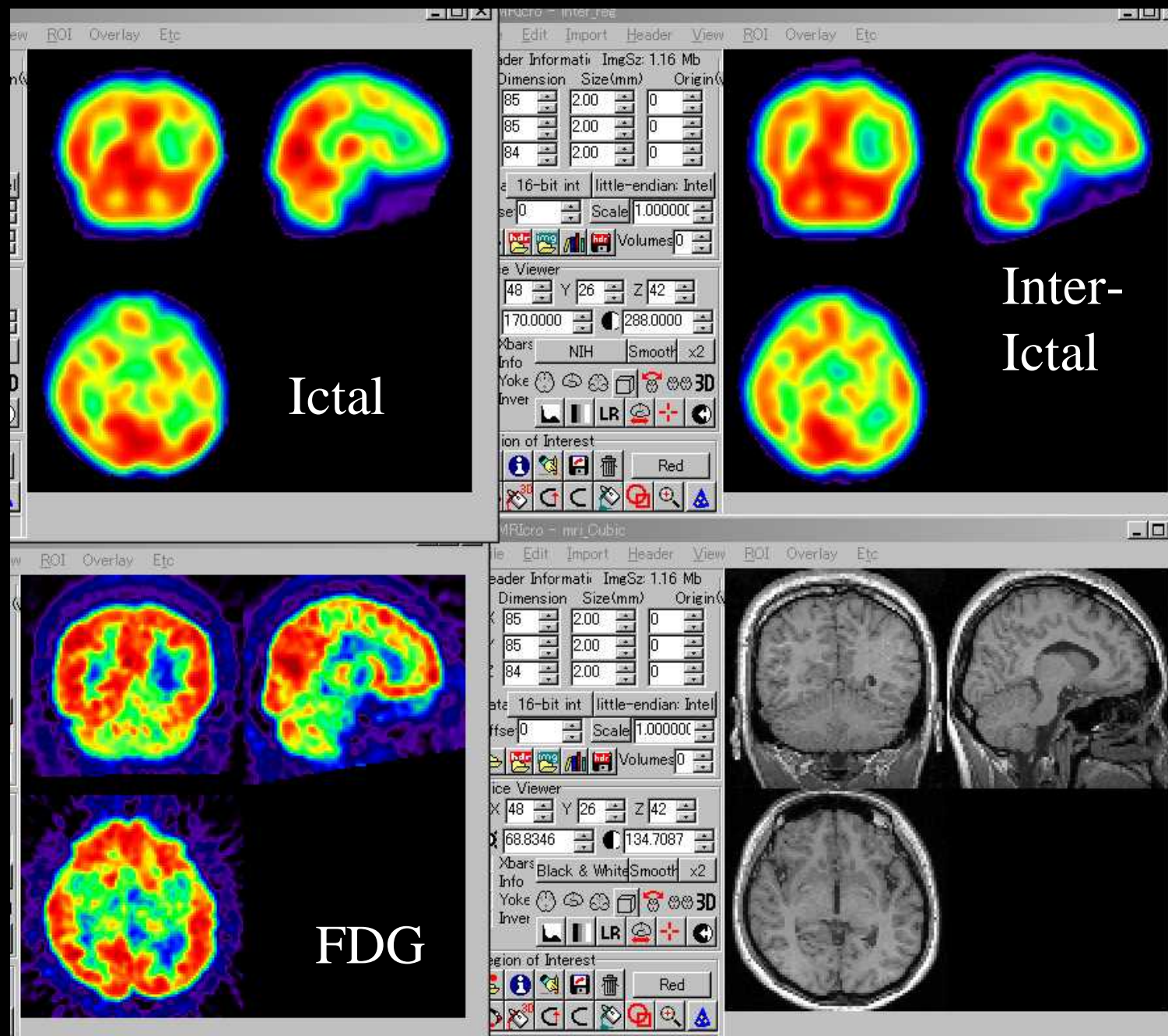
部分てんかん

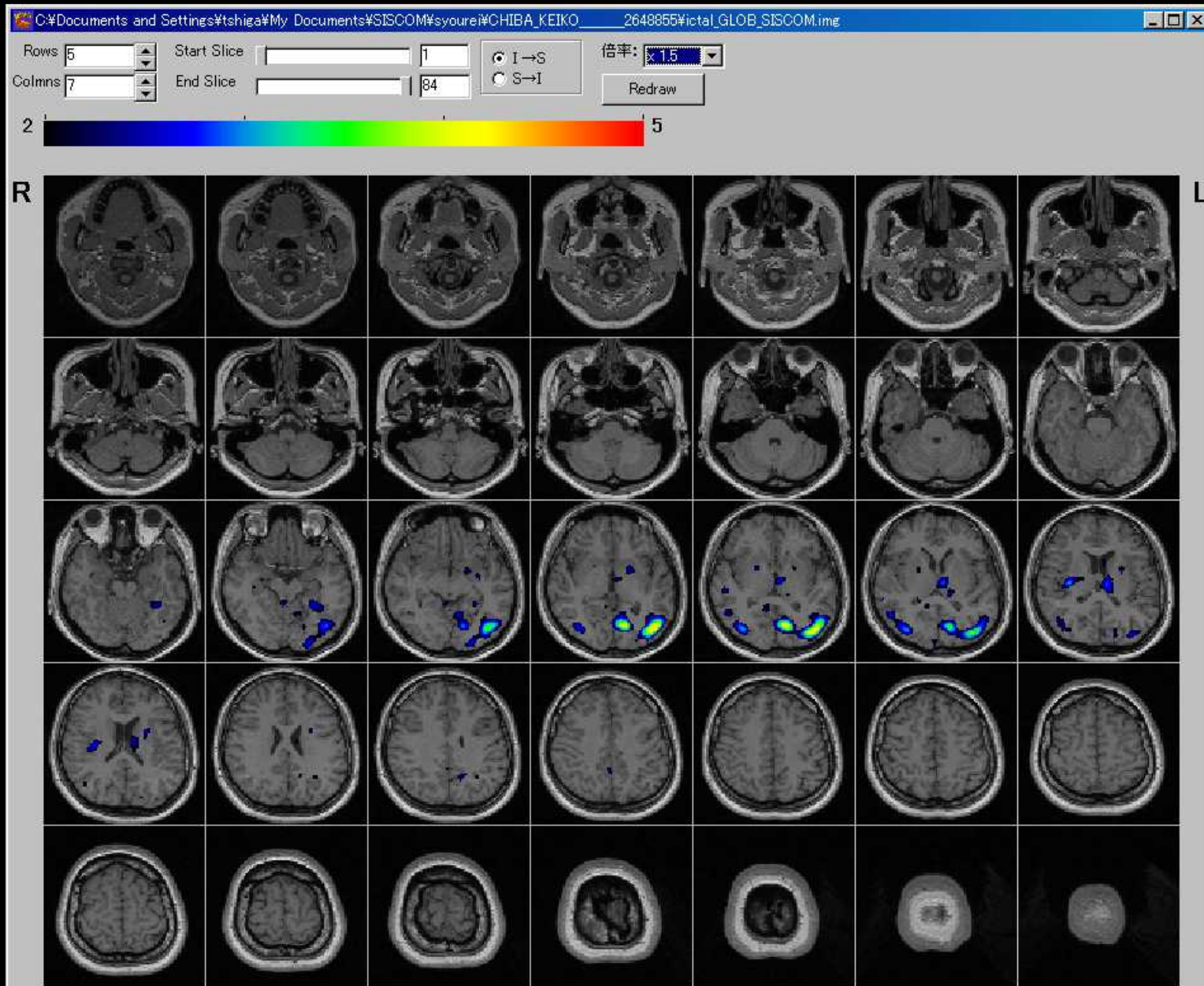
- 難治性部分てんかんの焦点検索に有用
- Sensitivity, Specificity
 - 発作時SPECT > F-18 FDG-PET > 発作間欠期SPECT
- FDG-PET、発作間欠期脳血流シンチではてんかん焦点周囲の皮質も代謝が抑制され焦点より広い範囲にて低下します。
- 発作時脳血流SPECTでは発作焦点の神経活動が亢進するため高血流になります。
- C-11 FMZ, I-123 IMZでは発作焦点が分布低下域になります。

後頭葉てんかん

Inter-ictal SPECT,
FDG - PETでは左後頭
葉内側に集積低下を認
めた。

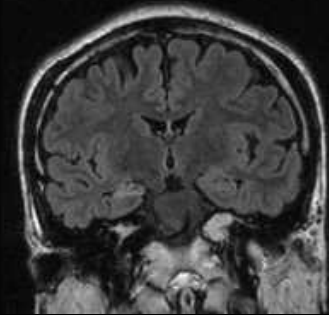
Ictal SPECTでは同部
と左後頭葉外側皮質に
集積亢進を認める。



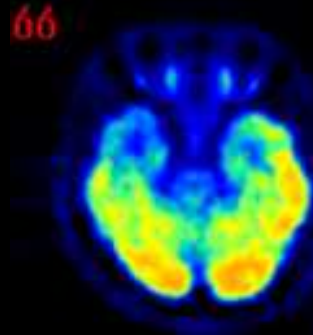


発作時のSPECT画像から発作間欠期のSPECT画像を引き算した画像をMRIに重ねました。左後頭葉内側と外側に画像が相違する部位があり、てんかんの焦点が疑われます。

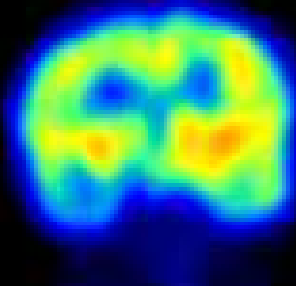
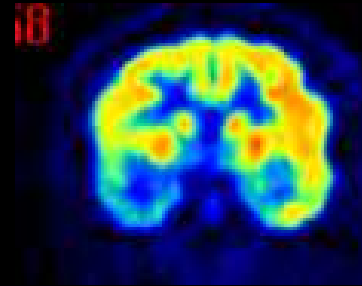
- 小児期発症の側頭葉てんかん



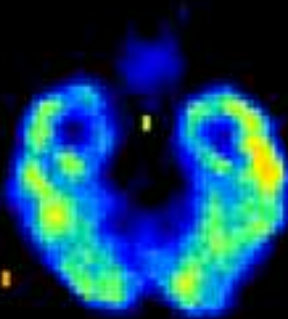
FLAIR



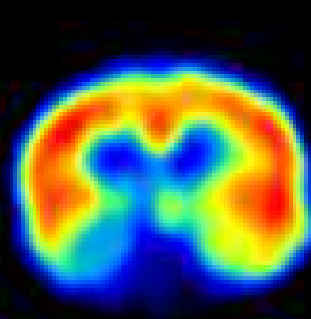
F-18 FDG



I-123 IMP

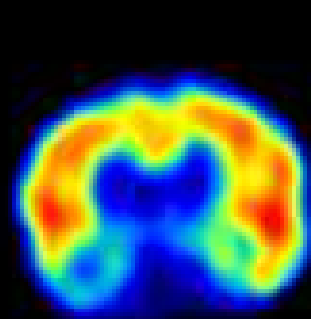


C-11 FMZ



I-123 IMZ

(早期像)



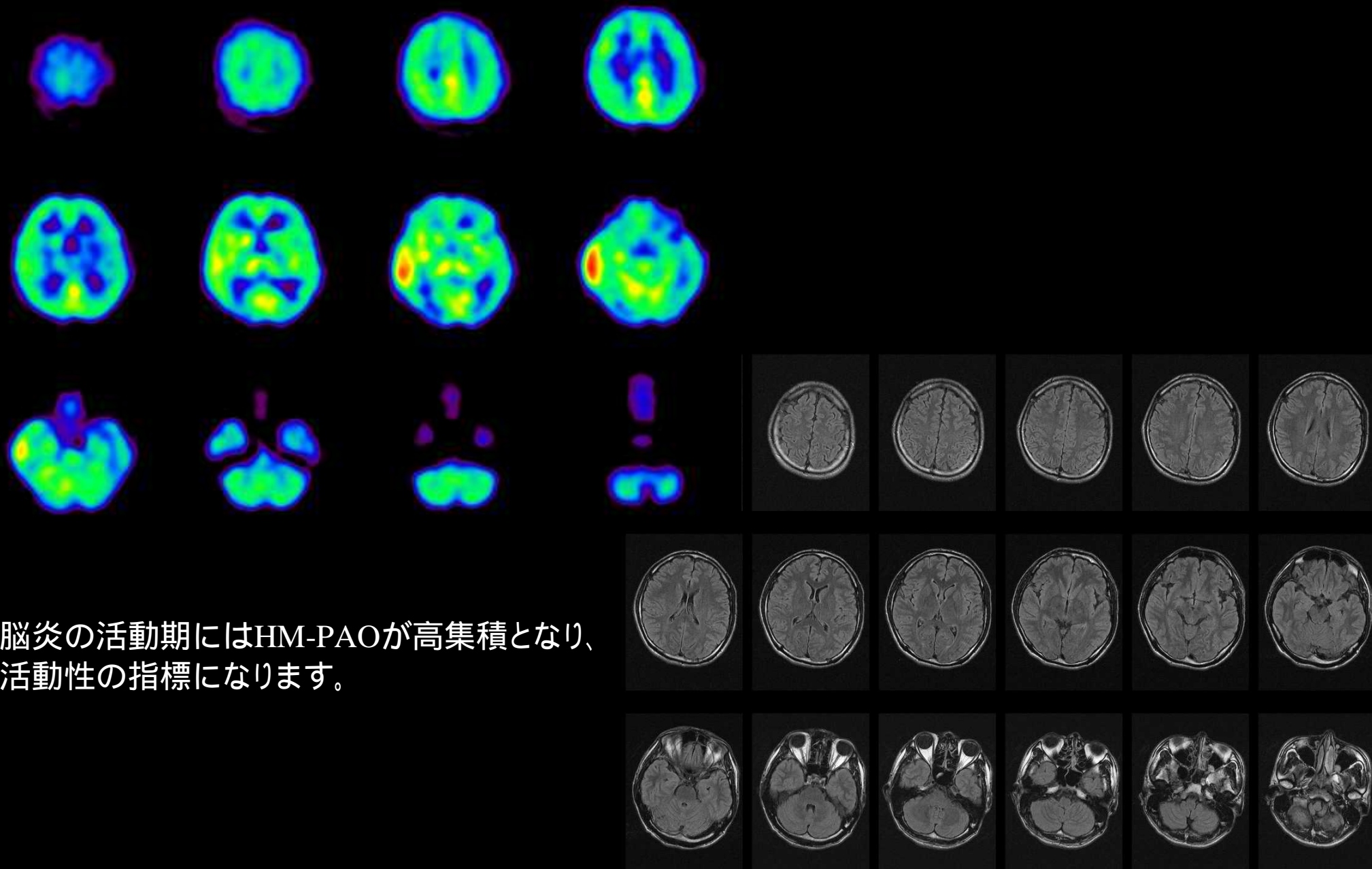
I-123 IMZ

(後期像)

MRI FLAIR画像にて右側頭葉内側に高信号を認め、海馬硬化を考慮する所見。
 FDG-PET、I-123 IMP脳血流SPECTでは右側頭葉内側～底部～外側に低下を認める。
 C-11 FMZ、I-123 IMZの中枢性ベンゾジアゼピンレセプター分布では右側頭葉に分布低下を認め
 てんかんの焦点を考慮する所見です。

脳炎などの経過観察

48歳男性ヘルペス脳炎 (Tc-99m HMPAO)



脳炎の活動期にはHM-PAOが高集積となり、活動性の指標になります。

認知症

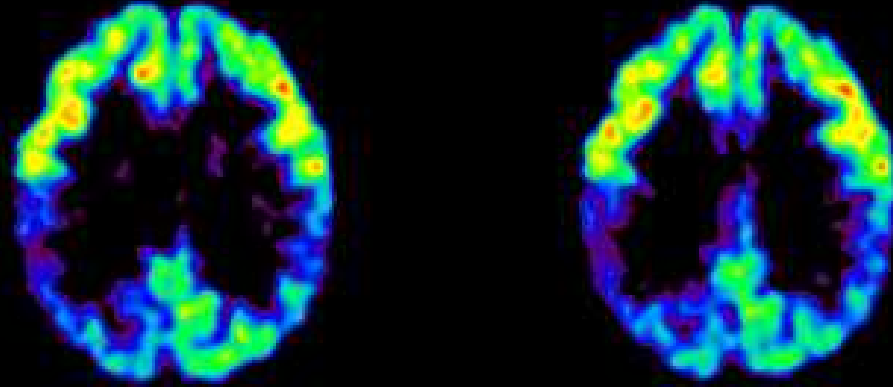
- 早期鑑別診断

現在、アルツハイマー型痴呆に対してはアセチルコリンエステラーゼ阻害薬等の治療薬があり早期鑑別診断が必要となっています。

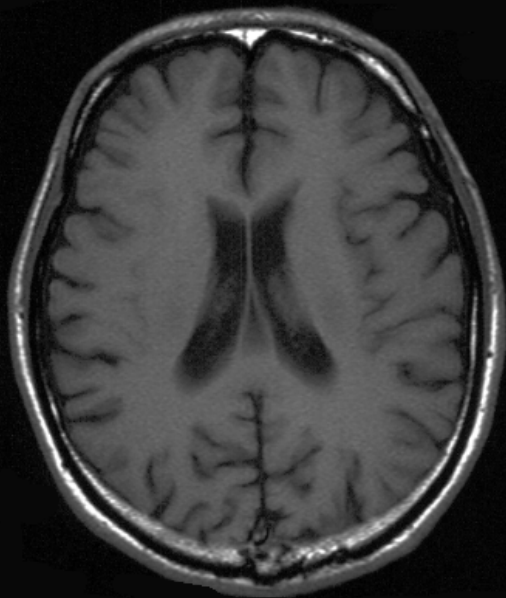
核医学検査ではMRIにて異常を認めない時期から異常を認め早期診断に有用です。

アルツハイマー病 (早期) 50歳代男性

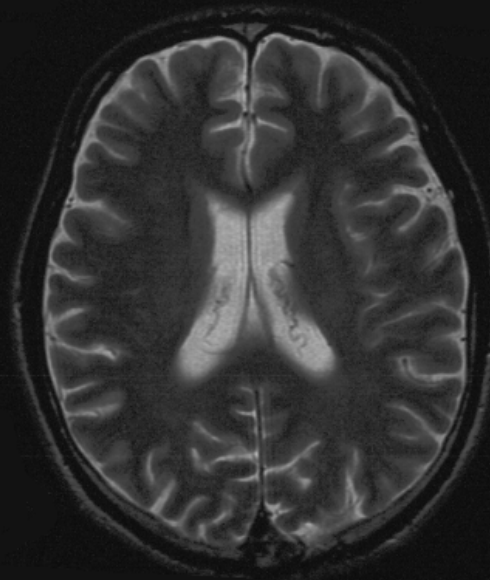
FDG PET



MRIで異常を認めない時期より両側頭頂葉～側頭葉にかけ代謝・血流の低下を認めるのが典型例です。



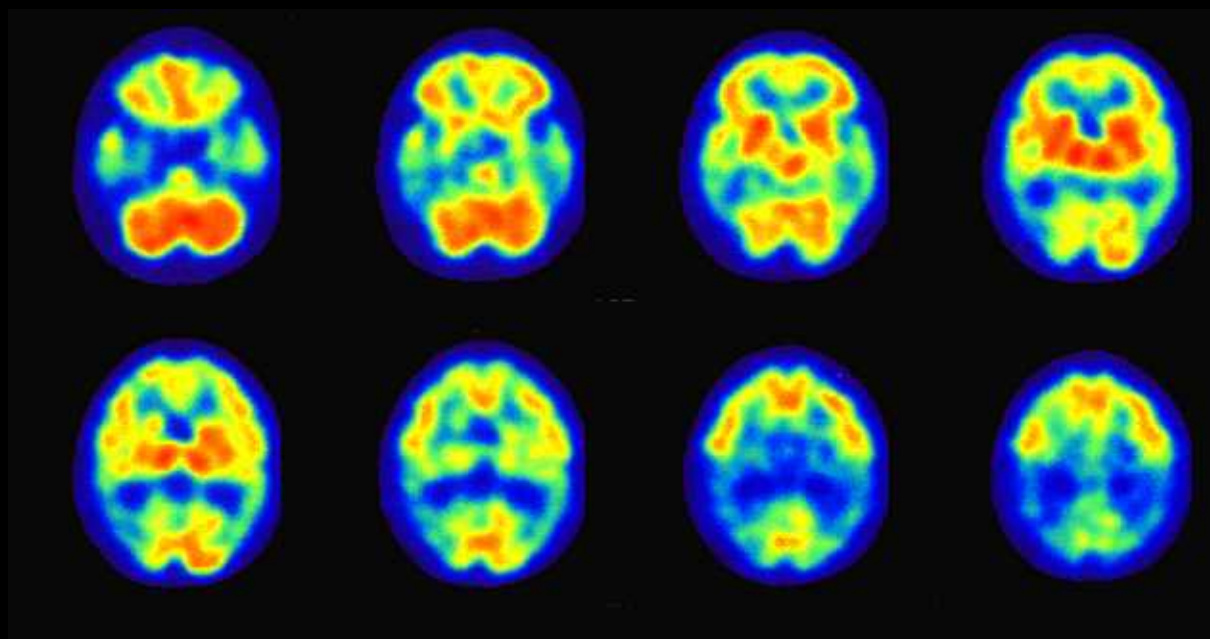
T1WI



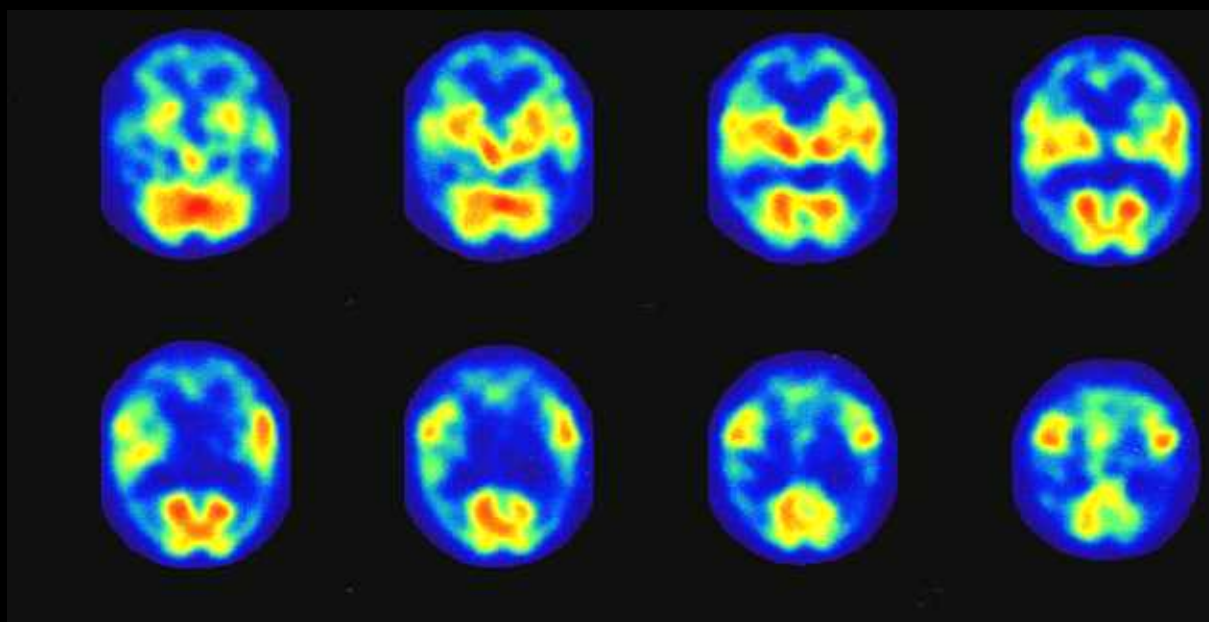
T2WI

アルツハイマー病 (脳血流SPECT)

早期



中期～後期



病状が進行すると前頭葉にも代謝・血流の低下が広がってきます。

脳腫瘍

- 放射線治療後の壊死と再発の鑑別
 - MRIにて放射線壊死と再発の鑑別が難しい症例が存在します。そのような症例に有用です。
- 腫瘍の性状診断

まとめ

- 脳核医学検査は脳血管障害、痴呆、部分てんかん、脳炎などの診断・経過観察などに優れている。
- 代謝・レセプター分布をみることにより脳の研究にも有用である。