

生体計測学概論試験 受験しない人は不可

令和6年11月20日(水)13:00—14:00

(多目的室)マスクを着用して受験して下さい。

都合のつかない人は11/27に追試を行います。
11月20日までに追試希望メールを下さい。

病欠等で、受験できなかった人は、
11月20日までに追試希望メールを下さい。

hokudaikatoh@gmail.com

下記30テーマから50問の穴埋め問題出題。

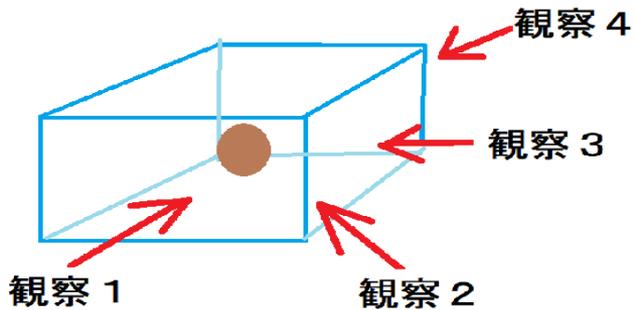
1. 誤差を含む測定値の計算問題。
2. 正確さと精密さの説明。
3. SI単位系とSI単位系の接頭辞の説明。
4. 血圧測定の原因、コトコフ音の説明。
5. 正常血圧、高血圧の数値。
6. 血圧測定頻度が高いと誤差を生じる理由
7. 直流、交流、脈流の説明。
8. 電磁波と空間についての説明。
9. 心臓の電気刺激伝導路の説明。
10. 心電図のP波、QRS波、T波の説明。

11. 心臓の右心系と左心系の役割の説明。
12. 心室細動の説明。AEDの役割。
13. 第Ⅰ度、Ⅱ度、Ⅲ度房室ブロックの説明
14. 脳波の δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波の説明。
15. 測定装置のインピーダンスを高くする理由
16. デシベルに関する計算問題。
17. S/N比に関する計算問題。
18. エコープローブの周波数と特性の関係。
19. 甲状腺癌のエコー所見の説明。
20. 乳癌のエコー所見、存在位置の説明。

21. 音波の速度と周波数と波長の関係。
22. 音波の速度と周波数と媒質の関係。
23. 光の物質中速度と周波数の関係。
24. 緑内障と白内障の説明。
25. CTのフィルタ重畳法の計算問題。
26. CTの逐次近似法の計算問題。
27. MRIの撮影原理の説明。
28. 脳出血の種類とCT所見。
29. 肺癌の種類、肺炎の種類とCT所見。
30. FDG PETで癌を検出できる原理。

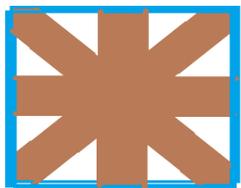
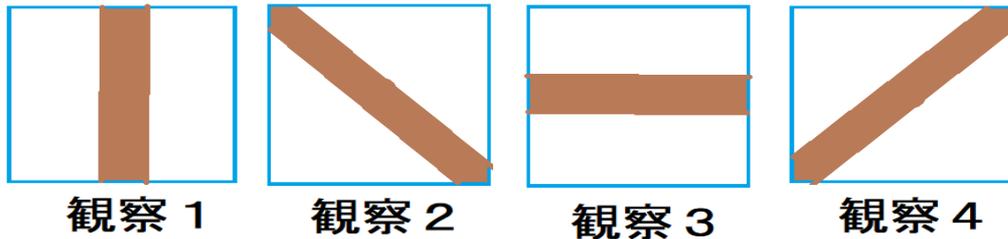
講義5のCTの話は、難解すぎると不評が多く来ましたので、簡単な解説を補足します。

透明な寒天の中に小豆が1粒入ったお菓子があるとする。
ただしお菓子の上面と下面には包装紙が貼ってあり上下からはお菓子の中身は見えない。側面からは見ることができるとする。



側面からの透視、投影、観察を
プロジェクション(projection)という。
(プロジェクター装置を連想して下さい)

それぞれの観察者が推定したお菓子の中身のプロジェクション



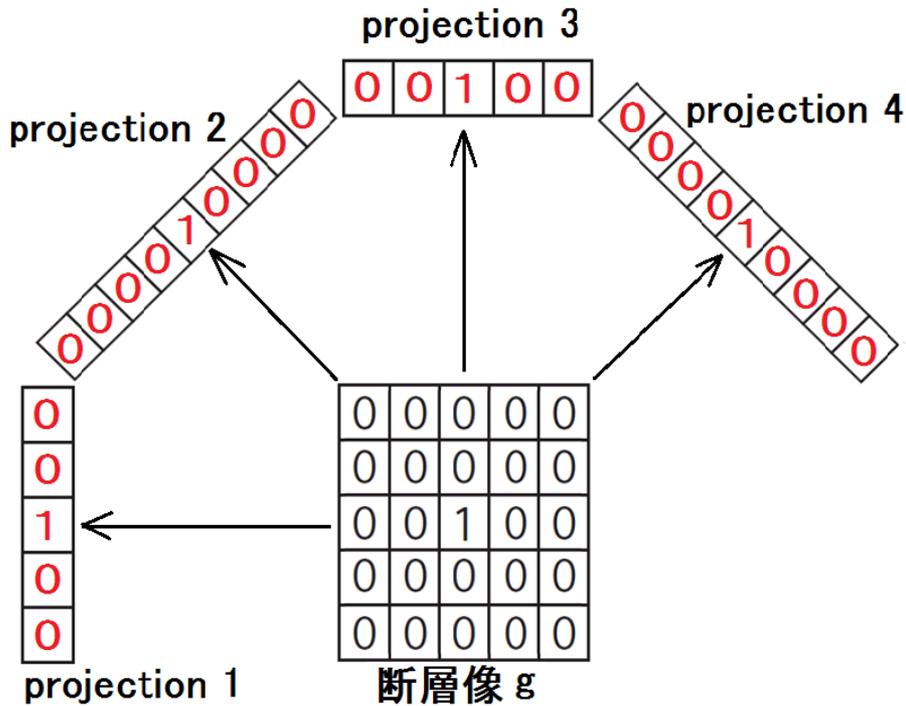
4つの観察を合わせると(back projectionという)
小豆の位置はぼやけてよくわからない。

(断層像がぼけている。点像が、点に戻らない。)

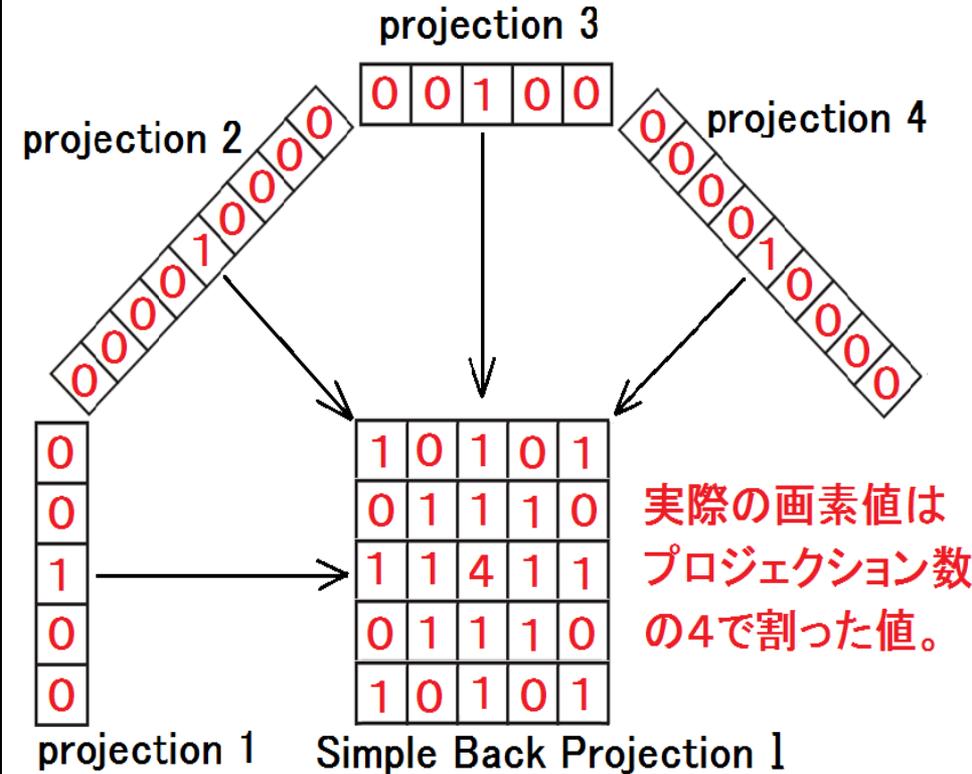
この単純な断層画像推定法を単純重ね合わせ法という。
(Simple back projection)

単純重ね合わせ法では、正確な断層画像を得られない。(点像が点像にもどらない。)

① 断層像 g の 4 方向からの
投影データ (projection) を求める。



② 単純重ね合わせ Simple Back Projection



そこで、ハンスフィールドという人が
単純重ね合わせ法を改良して、
明瞭な断層画像を得る重ね合わせ法を開発した。

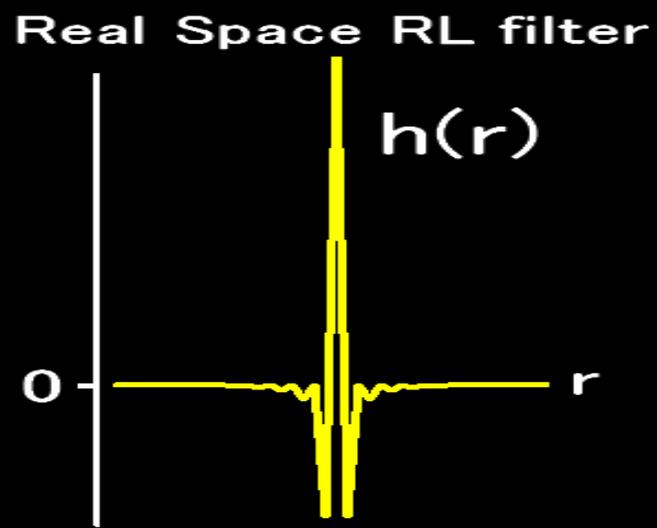
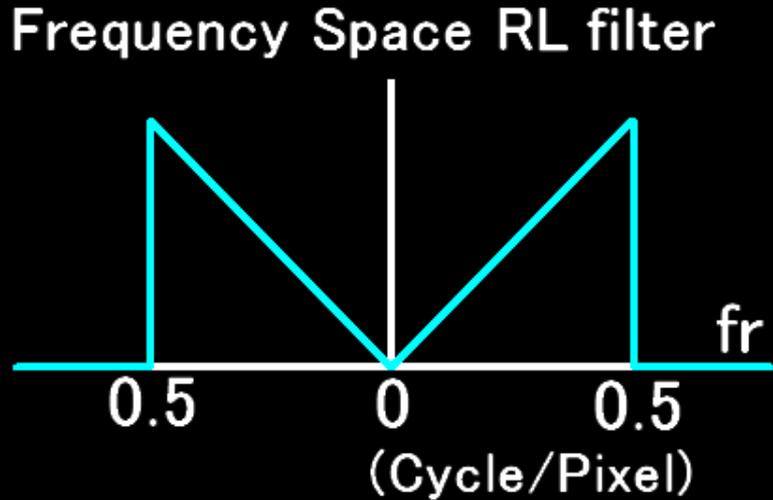
ハンスフィールドは、イギリスの EMI という電気製品、
レコードを製造する会社の電気技師であった。

1960年代に、EMI に莫大な研究資金が入った。
ビートルズが、EMI からレコードを出していたから。

つまり、間接的に、1960年代のビートルズの大ヒット
によって、CTが開発できたともいえる。

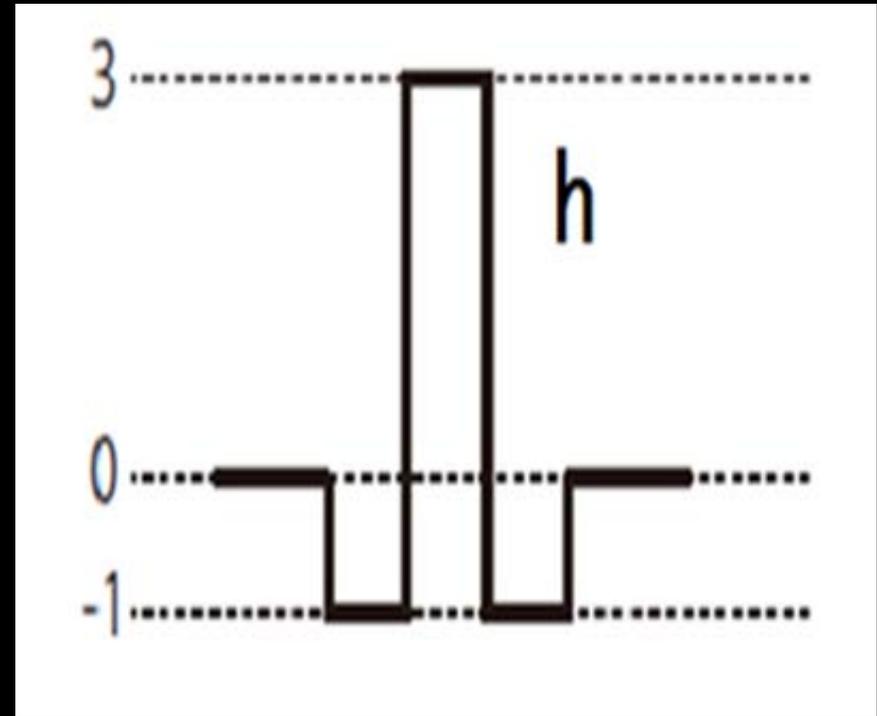
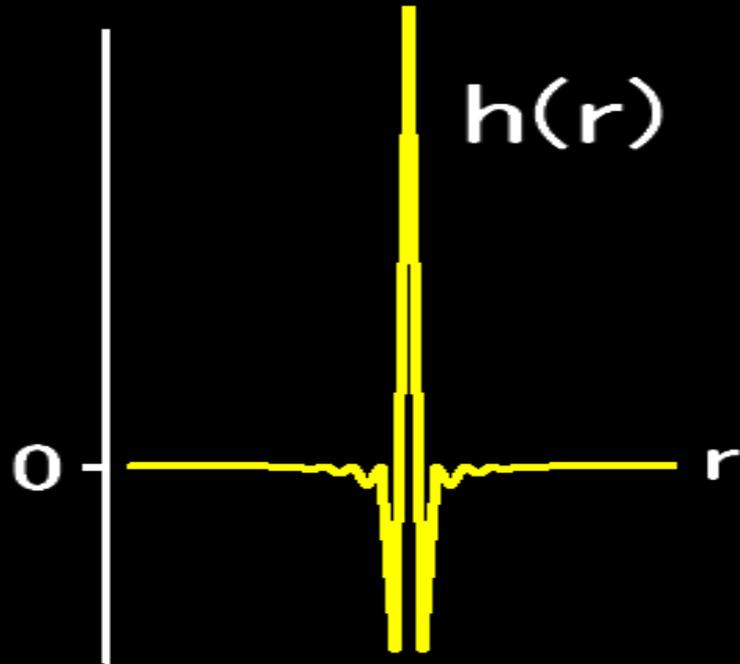
そう思って The Beatles を聞くと、大変感慨深い。

ハンスフィールドは、単純重ね合わせ法を改良して、明瞭な断層画像を得る重ね合わせ法を開発した。周波数空間 RL フィルタ f_r を1次元逆フーリエ変換して実空間 RL フィルタ h を作成。(ここは難解なので、理解できなくてよいです。難解な数式のところは試験には出ません)このフィルタ h を使うと、(畳み込むと)、ぼやけた点像が、もとの はっきりした点にもどることだけは知っておいてください。



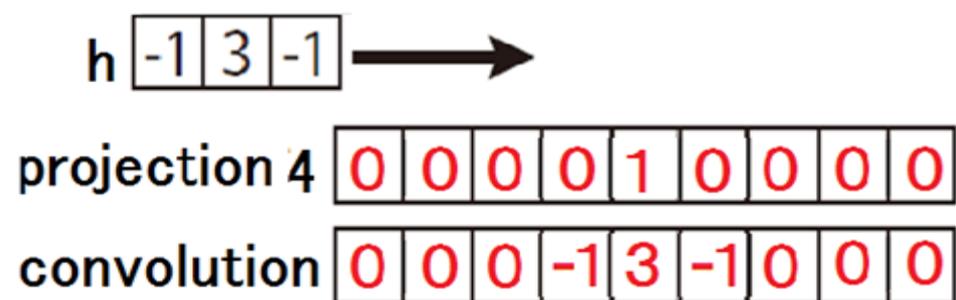
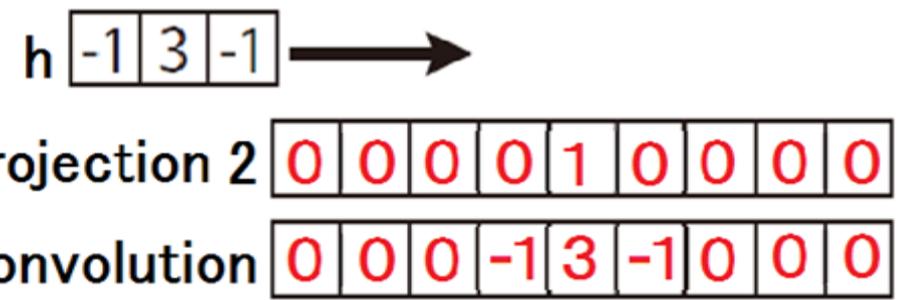
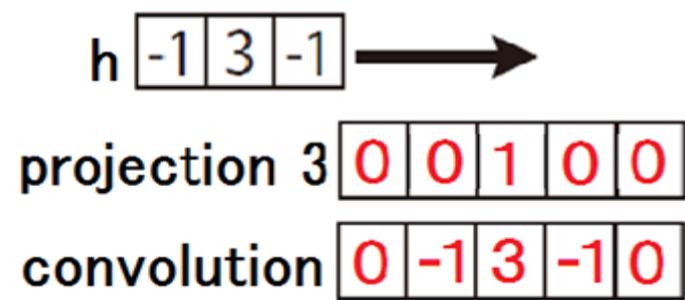
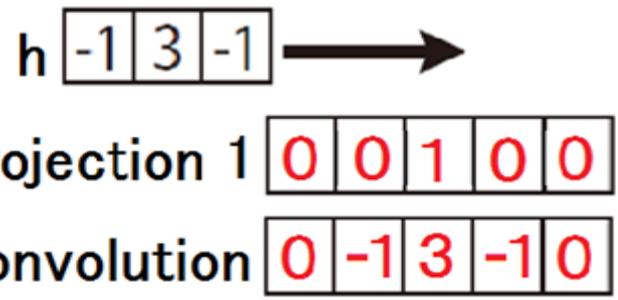
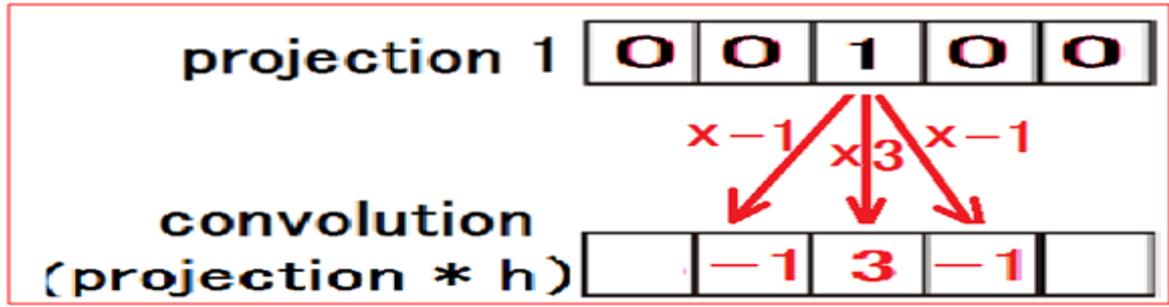
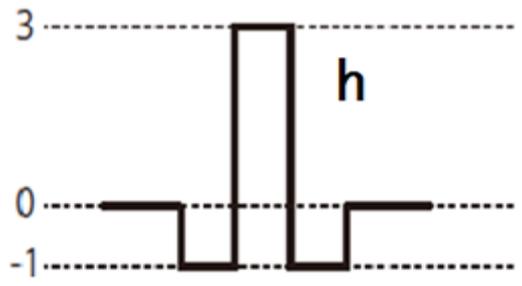
実空間RLフィルタは、複雑なので、簡略化して、 $(-1, 3, -1)$ の類似フィルタ h で効果を試みましょう。ぼやけた点像が、もとの はっきりした点にもどることを、確認しましょう。

Real Space RL filter



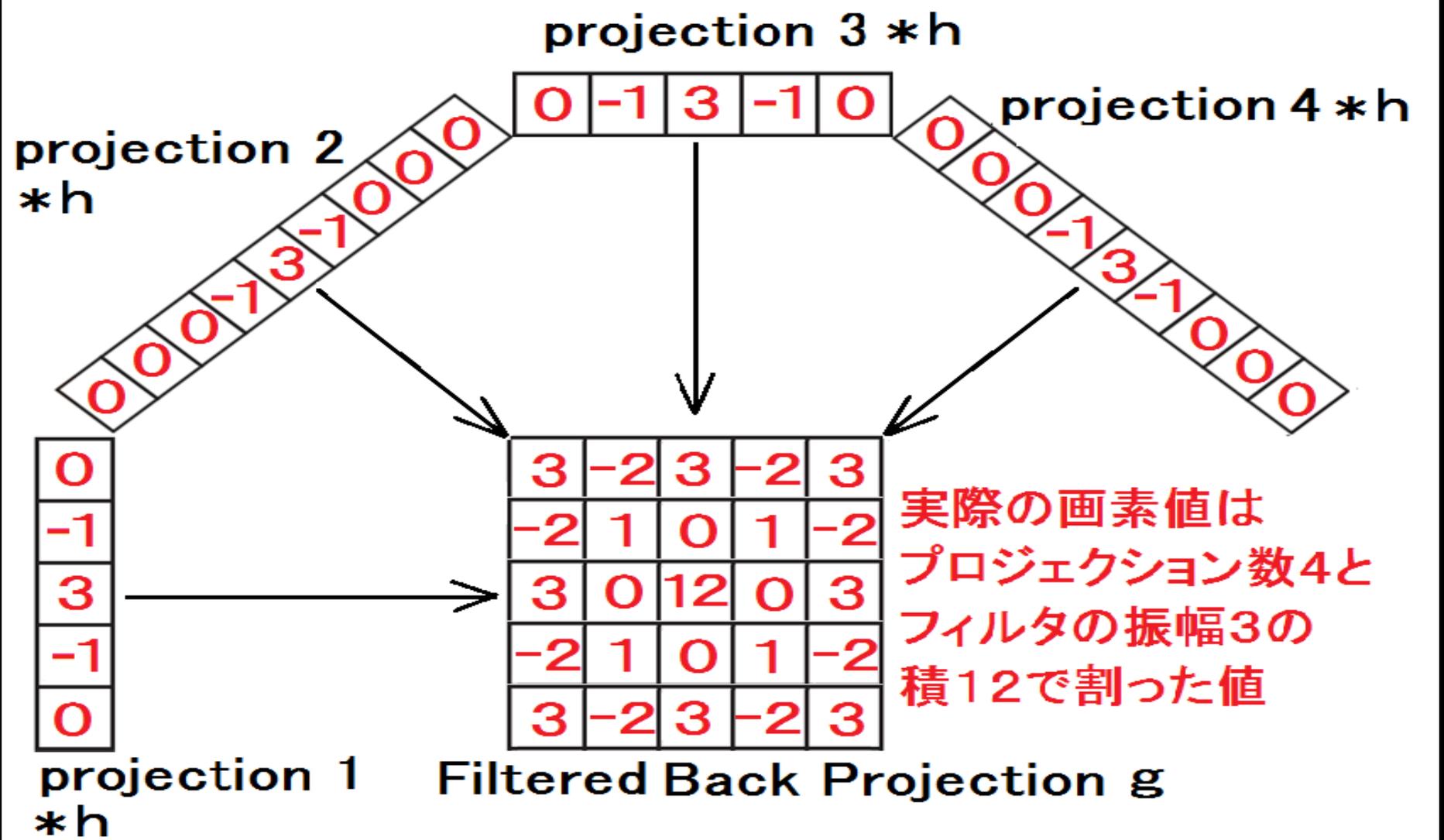
畳み込み(重畳)(Convolution)とは、プロジェクションデータの各画素に対して、実空間フィルタをかけて、隣の画素値にも影響をおよぼす(畳を縫い込むような)画像処理。

③ 実空間フィルタ畳み込み処理 $\text{projection} * h$



単純重ね合わせの場合よりも、中心の点の画素が明瞭になっていることを理解して下さい。

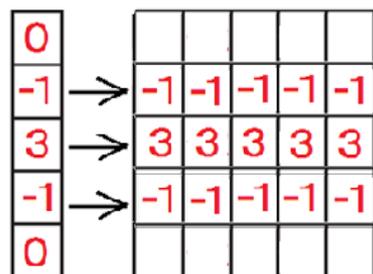
④ フィルタ重畳重ね合わせ Filtered Back Projection



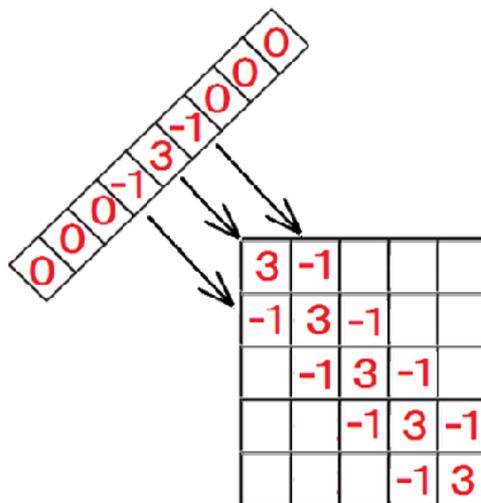
フィルタ重畳逆投影法 (FBP : Filtered Back Projection)

Backprojection像の算出法

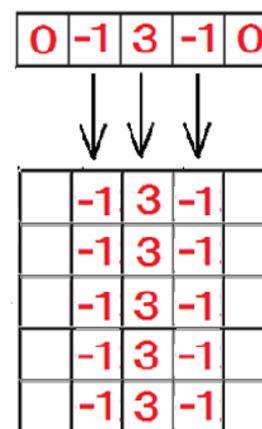
projection 1 * h の back projection



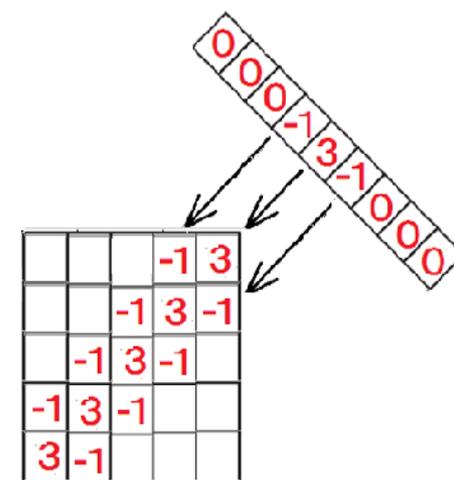
projection 2 * h の back projection



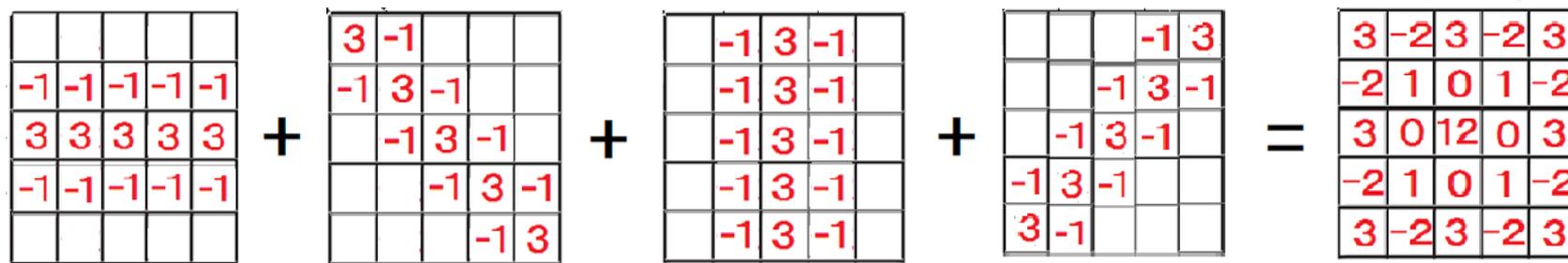
projection 3 * h の back projection



projection 4 * h の back projection



projection 1~4 * h の back projection の行列加算を行う。



求めたい断層画像 g は、画素値の行列。
(臨床のCT画像1枚は、 1024×1024 画素の行列。)

画像 g の、すべての画素に、実空間RLフィルタを
畳み込む演算をすると、各画素が、ぼやけずに
明瞭な断層画像が得られる。

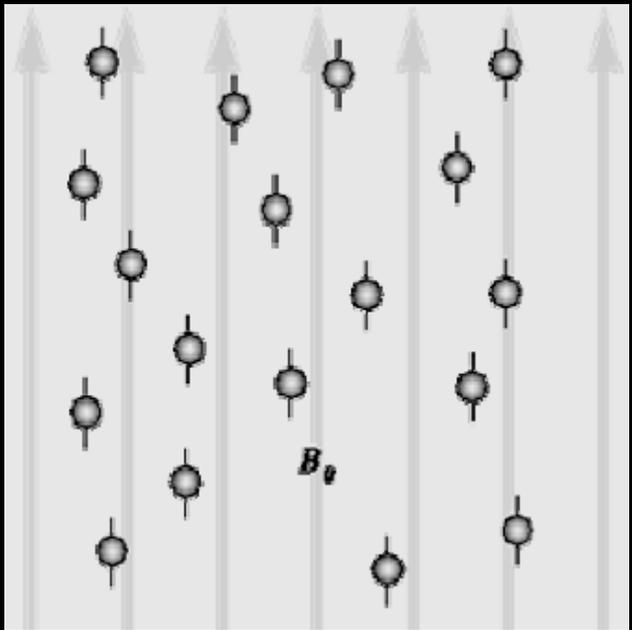
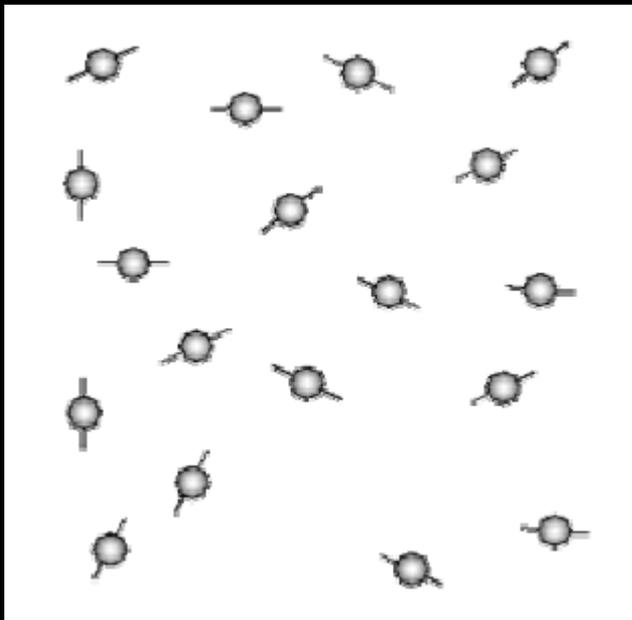
これを、フィルタ重畳逆投影法
(FBP : Filtered Back Projection) という。

問題 24 MRI 検査で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 放射線の被曝がない。
2. 核種は水素の原子核である。
3. 骨の内部構造は描出できない。
4. 10 テスラ程度の磁場が用いられる。
5. 心臓ペースメーカーは検査に支障ない。

19年国家試験

解答 1, 2



水素原子核は回転している。

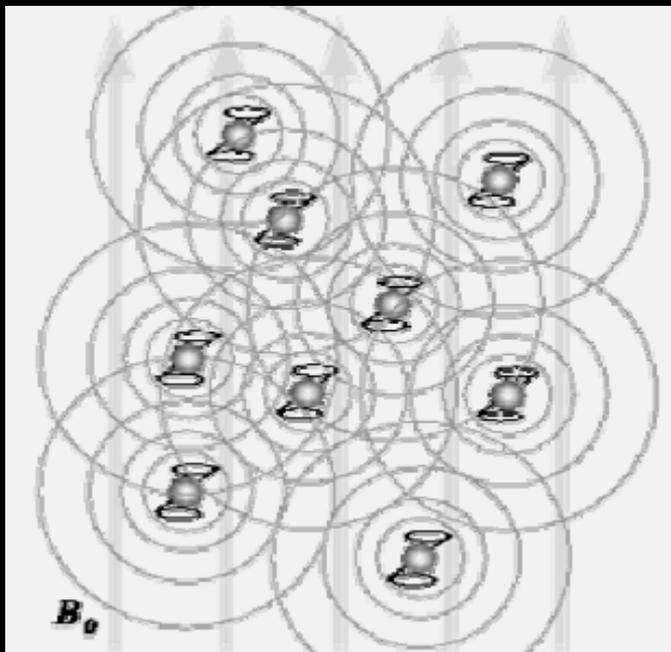
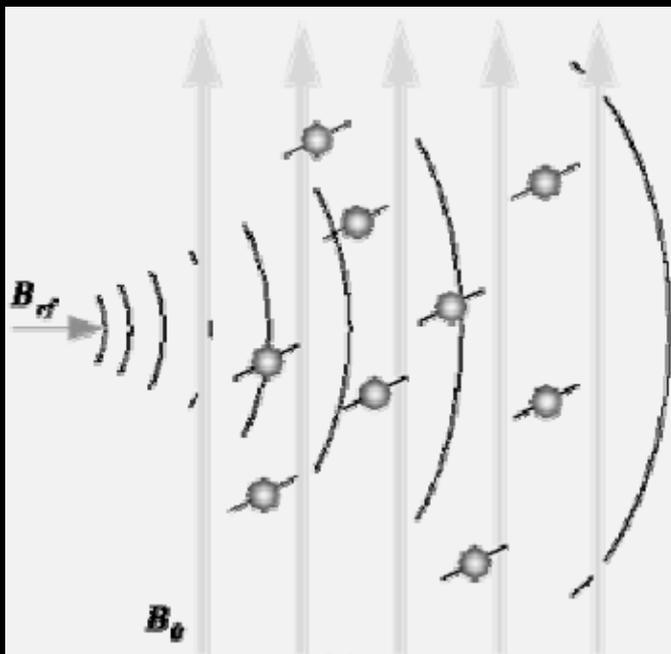
(力学的に回転しているわけではない。
正確には量子力学でスピンとよばれる
空間内の虚数軸上での回転運動)

水素原子核 = 陽子1個

通常は、回転軸は揃っていないが、

水素原子核は磁石のような性質が
あるので強い磁場(静磁場)をかけると、
回転軸が揃う。

このためにMRI装置には
強い静磁場が必要。



横から 40~60MHz程度

の電波を当てると、水素原子核の回転軸が傾く（**核磁気共鳴**）。

電波を止めると傾きが元に戻る。

倒れかけたコマのような回転

（才差運動）をして軸が戻る。

水素原子核は磁石のような

性質があるので、その運動で

電波が生じる（**電磁誘導**）。

それを測定してMRI画像を作る。

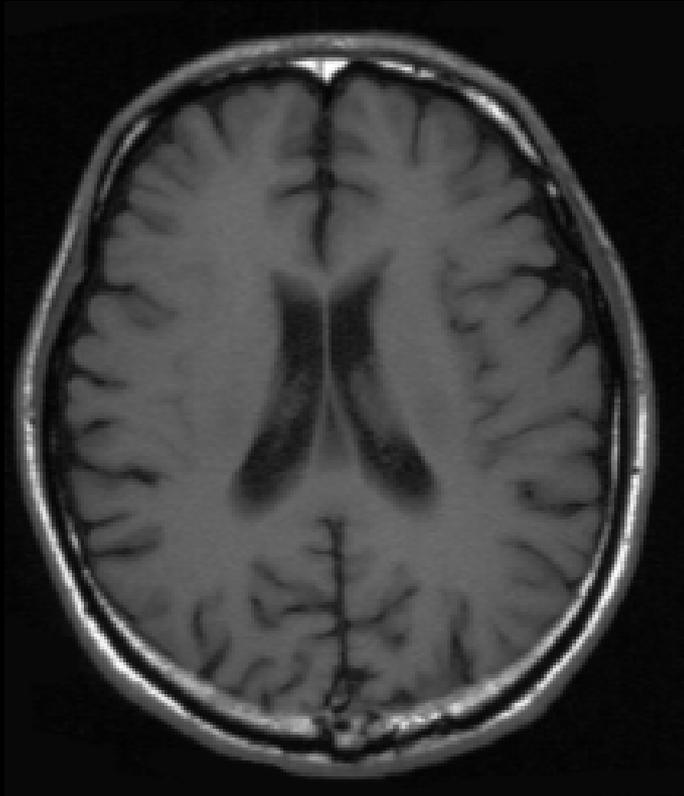
スピンとは何か。原子核や電子は回転しているとされるが、電子には大きさが無い。大きさが無いものが回転するか？ 始まりは、ボーアのアイデアで、元素の周期律表で、各元素の物理学的な変数(自由度)を、従来の3個(主量子数 n 、角運動量 l 、角運動量 z 成分 l_z)だけでは元素が各段で2個、8個、18個と、不規則な並びをすることが説明できず、それを何とかするために角運動量 l にスピン量子数 $\pm 1/2$ を加えた $j = l \pm 1/2$ で周期律表の説明が可能となった。

従来の力学とは対応のない二価性のスピンの実体論的な理解は、あえて追求せず、シュレーディンガーは、数学的な量子力学の記述にはスピン量子数は不可欠な変数であると結論付けた。スピンとは、本当に回転しているか否かは別として、質量とか電荷と同じように電子や陽子などが持つ固有の物理量、角運動量であるという考え方が支持されている。

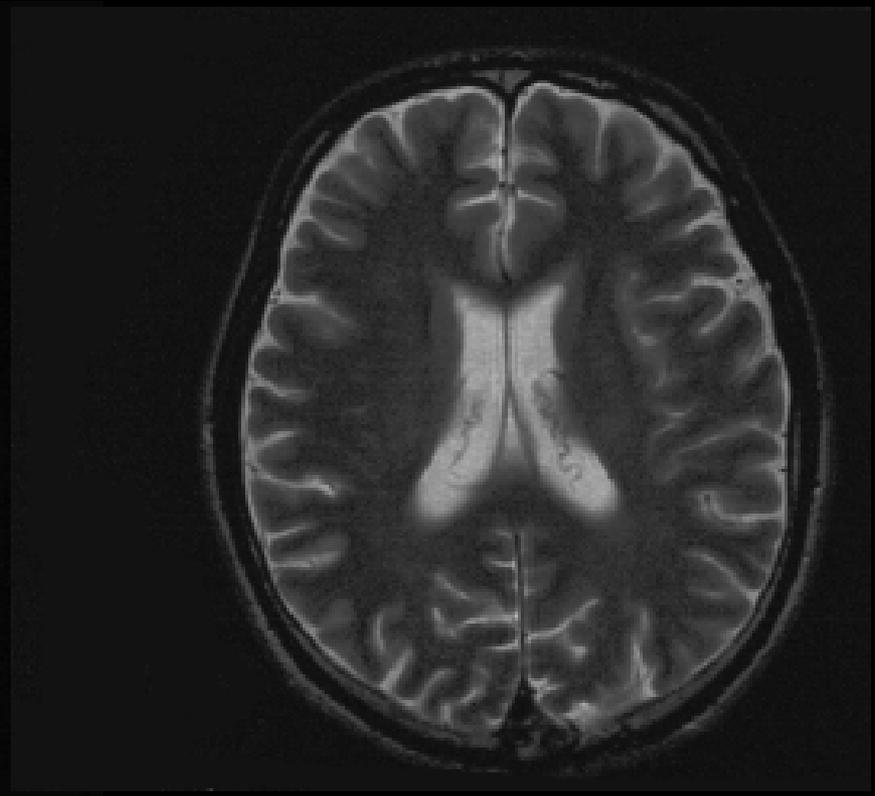
脳のMRI画像 水素元素(H)の分布図

T1強調像 CH の分布図 (主に脂肪分布)

T2強調像 OH の分布図 (主に水の分布)



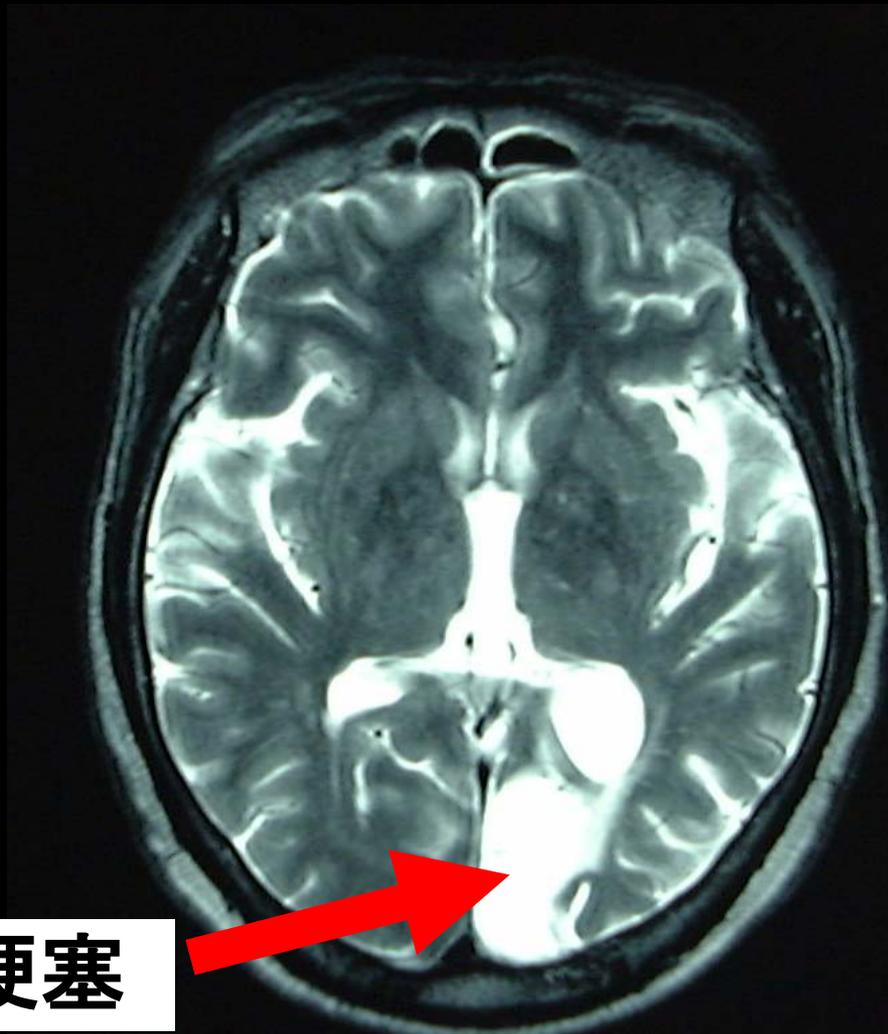
T1 脂肪



T2 水

T1強調像 CH 分布
主に**脂肪**の分布図。

T2強調像 OH 分布
主に**H₂O**の分布図。



脳梗塞

細胞膜が破綻し細胞外液と細胞内液が混在して液状化

MRIは強い静磁場(0.5から3 テスラ(T)程度)と
40~60MHz程度のラジオ波を利用する装置。
放射線は使用していない。

強い静磁場(普通のMRIでは1テスラ(T)程度)
の中にペースメーカーや時計などを入れると
電子回路が磁化して故障する危険がある。

強い静磁場の中に金属を持ち込むと、
強力な磁石になって動くので危険
(ハサミ、針、ステンレス製の動脈瘤クリップなど)。

MRIがCTよりも検出感度が高いのはどれか。
2つ選べ。

1. 肺腺癌

4. くも膜下出血

2. 尿路結石

5. 前十字靭帯損傷

3. 子宮頸癌

脳出血（脳溢血） 頭蓋内の出血の総称

1. 脳内出血（狭義の脳出血）
2. クモ膜下出血
3. 慢性硬膜下血腫
4. 急性硬膜下血腫
5. 急性硬膜外血腫
6. 出血性脳梗塞

脳内出血 Cerebral hemorrhage

主に高血圧と動脈硬化による脳動脈血管損傷。

ときに脳動静脈奇形、もやもや病、脳動脈瘤による。



被殻出血
putamen

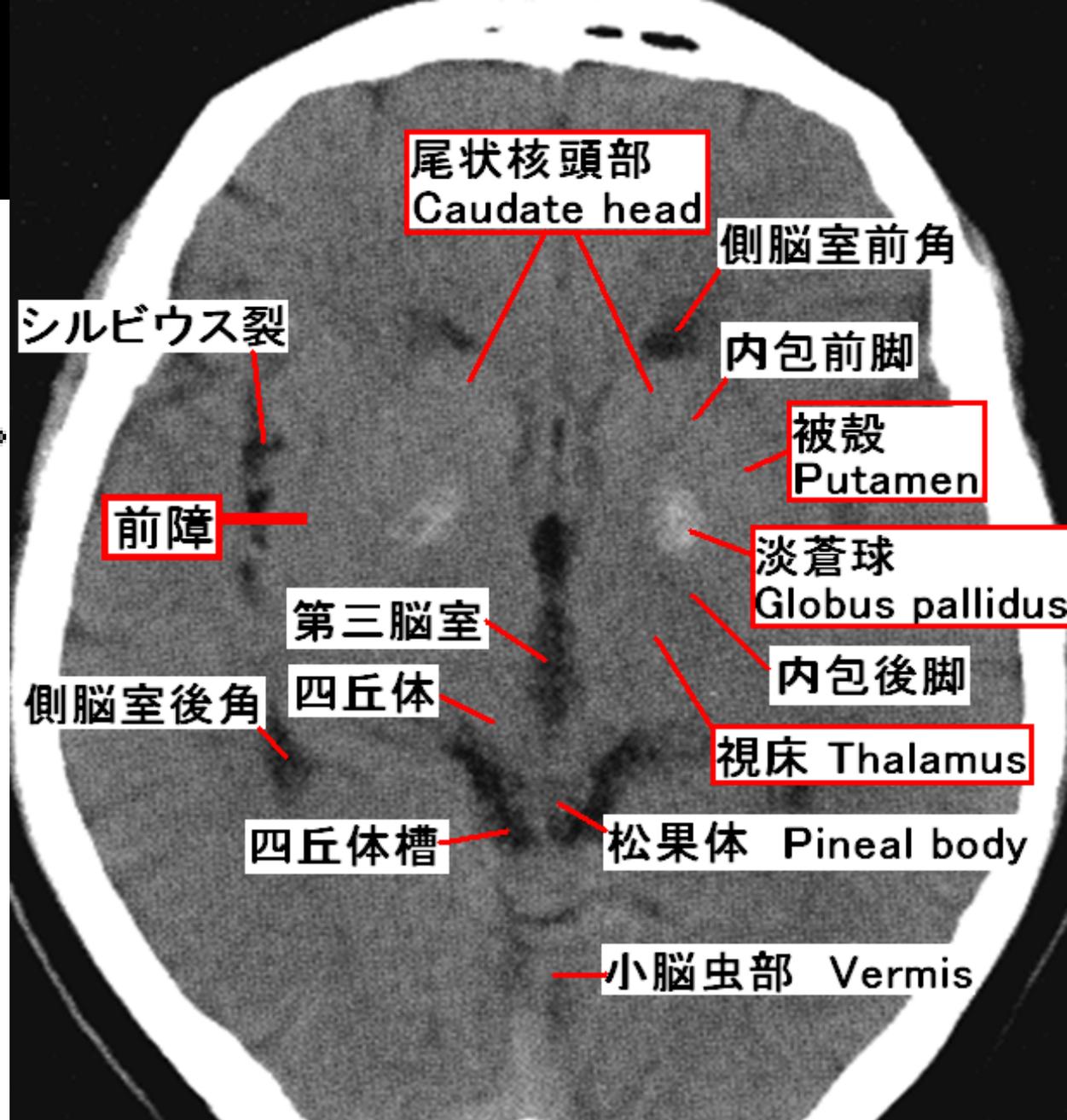


視床出血
thalamus

20年國家試験 解答 3

68歳の女性。
基底核レベルの
頭部単純CTを示す。
石灰化があるのは
どれか。

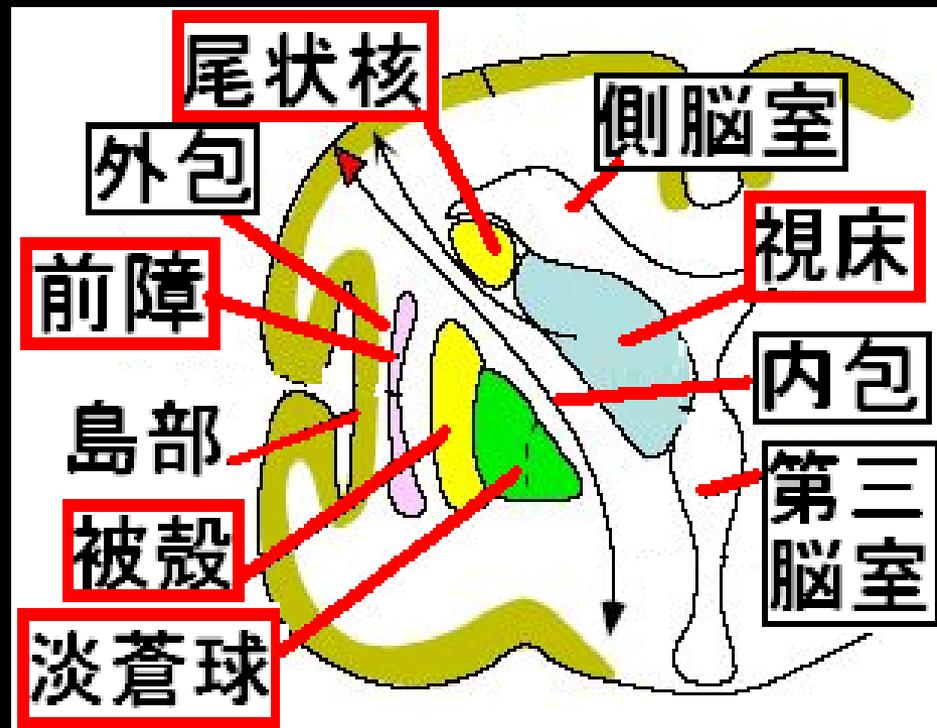
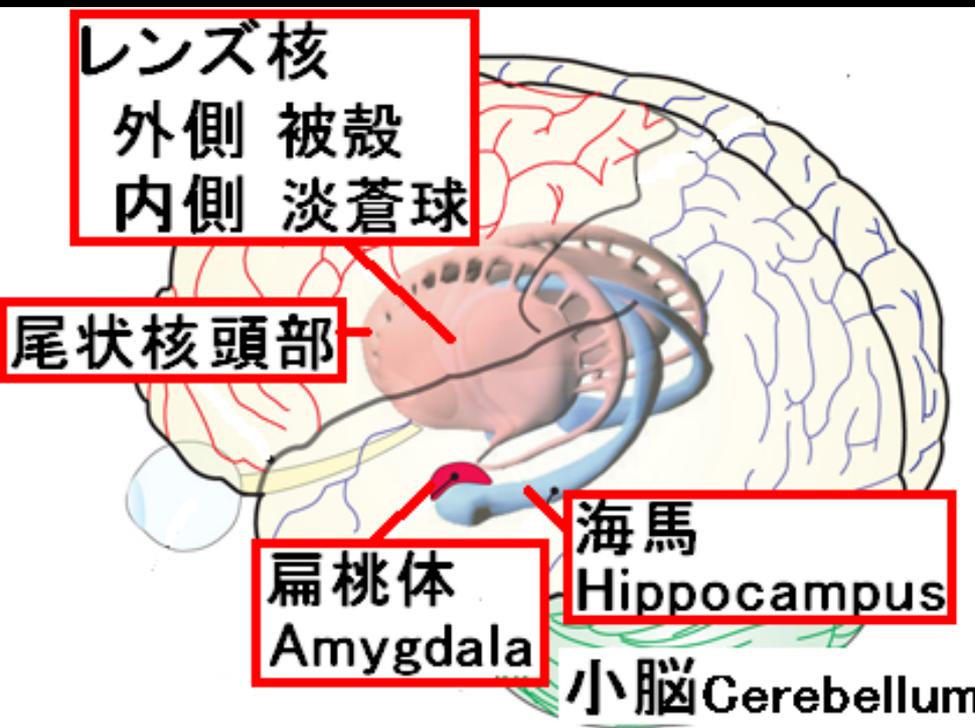
1. 尾状核
2. 被殻
3. 淡蒼球
4. 前障
5. 視床



淡蒼球や松果体は、高齢者で石灰化

大脳基底核 Basal ganglia

皮質(脳神経細胞)下に白質があり、その奥の細胞核集団。
線条体(被殻と尾状核)、淡蒼球、黒質、視床下核の総称。
視床や大脳皮質、小脳へ情報を送り、円滑な運動を調整。
基底核の障害: パーキンソン病、チック(突発的な瞬動や発声)。
周囲の大脳辺縁系(海馬、扁桃体)は、記憶や自律神経を調整。

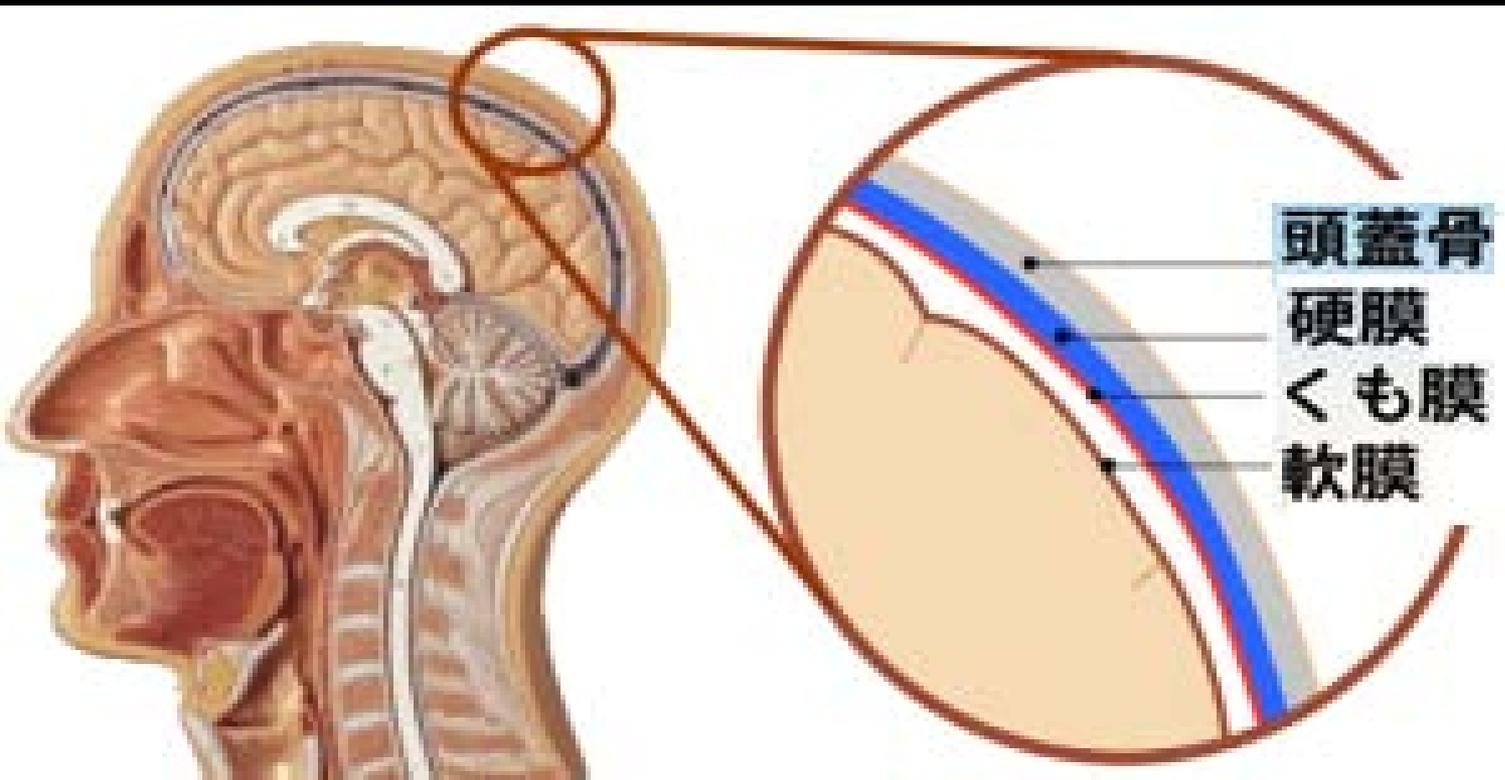


クモ膜下出血 Subarachnoid hemorrhage SAH

大脳動脈、脳脊髄液は、クモ膜と軟膜の間に存在。

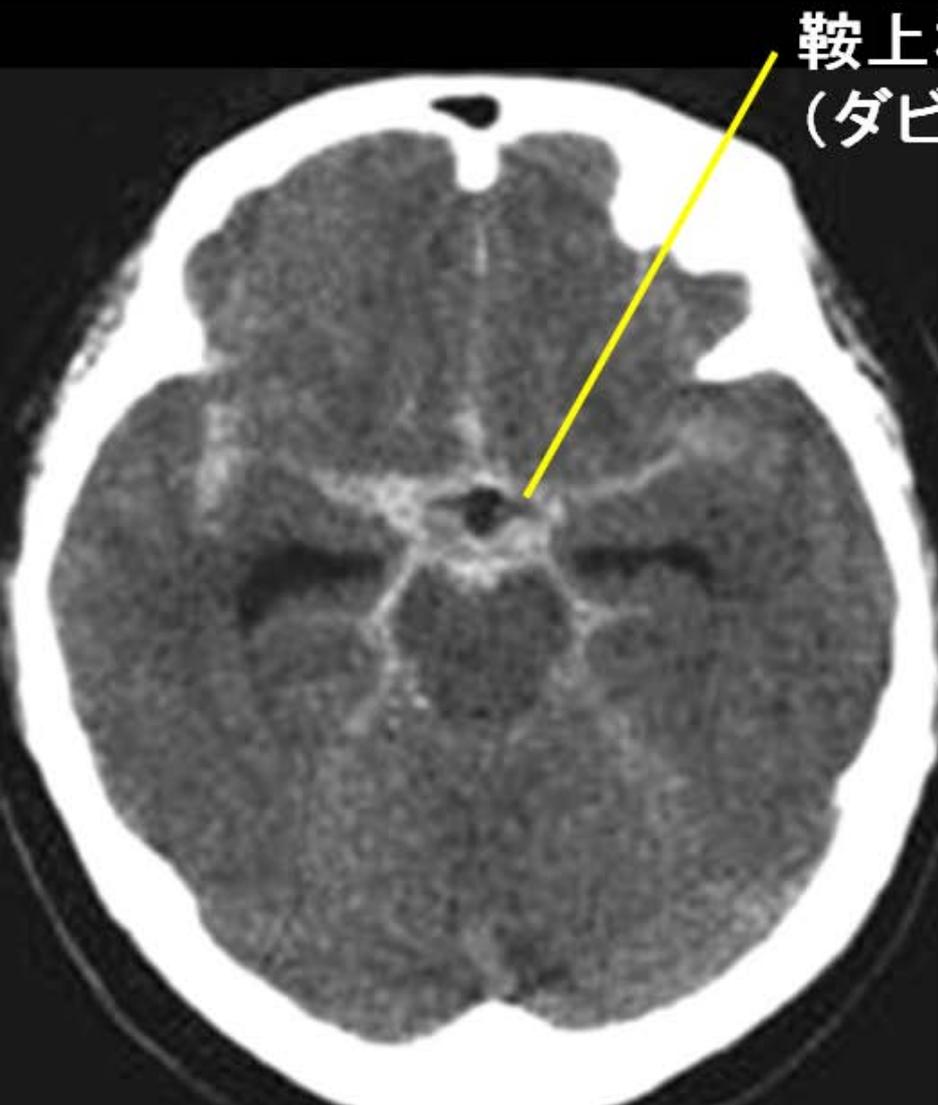
多くは脳動脈瘤の破裂(約80%)、その他に頭部外傷、脳腫瘍、脳動静脈奇形や脳動脈解離の破裂。

喫煙、高血圧、飲酒、隔世遺伝



クモ膜下出血のCT像

脳脊髄液のCT値が血液の値に上昇。



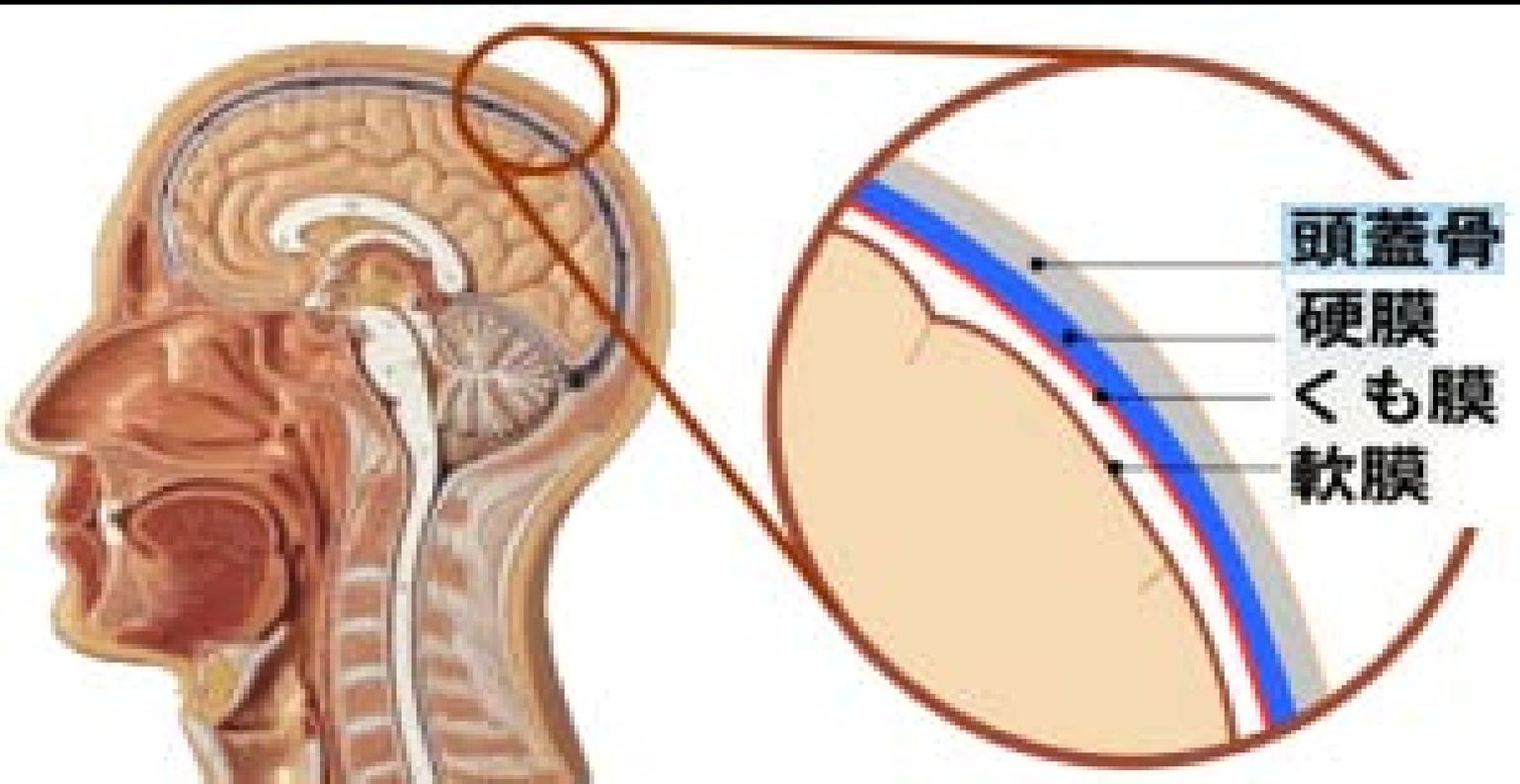
鞍上槽
(ダビデの星)



シルビウス裂

硬膜下血腫 Subdural hematoma

頭部外傷、虐待などで硬膜とクモ膜の間の板間静脈、架橋静脈、静脈洞、中硬膜動脈などが損傷し出血。多量な出血であれば、**急性硬膜下血腫**。症状が強い。少量の出血が続くと急激な症状は無く、数か月後に頭痛やマヒ、認知症が出現。**慢性硬膜下血腫**。



硬膜下血腫のCT像

被膜に覆われた境界明瞭な三日月状の血腫。
急性期は血液～血腫のCT値、慢性期は脳脊髄液
CSFに洗い流され、脊髄液のCT値に下がる。

急性硬膜下血腫



慢性硬膜下血腫



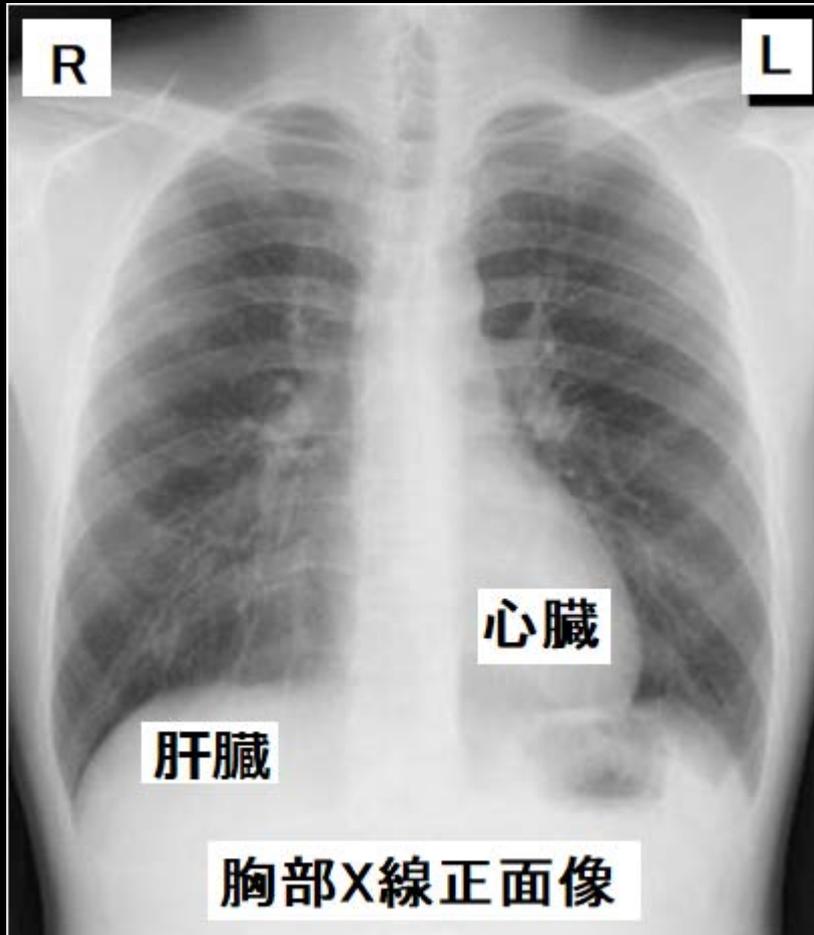
急性硬膜外血腫のCT像

外傷で中硬膜動脈や静脈洞が損傷し硬膜と頭蓋骨の間に生じるレンズ状の血腫。血液～血腫のCT値。



[重要] 医用画像の右側は、患者の左側

医用画像は、患者が向かい合って診察を受ける、
という考え方で、**患者の左右と画像の左右は逆**に
なっていることに注意すること。



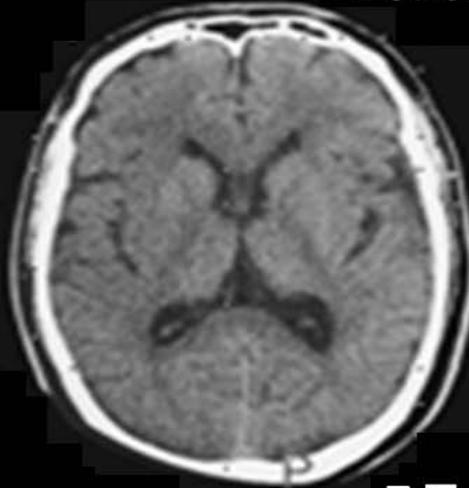
このCT画像は、
左側頭部の硬膜外血腫。

脳梗塞のCT像。細胞性浮腫は所見が判りにくい。
24時間以内(超急性期)は虚血による細胞性浮腫。
それ以降は、細胞間液の充満による腫脹。Mass effectあり。
数週間後は、細胞間液の吸収、出血性梗塞による高CT値。

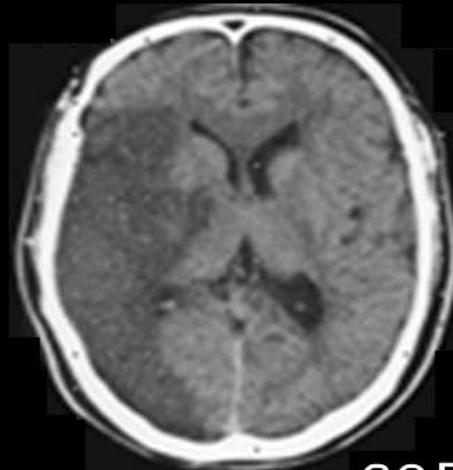
発症直後



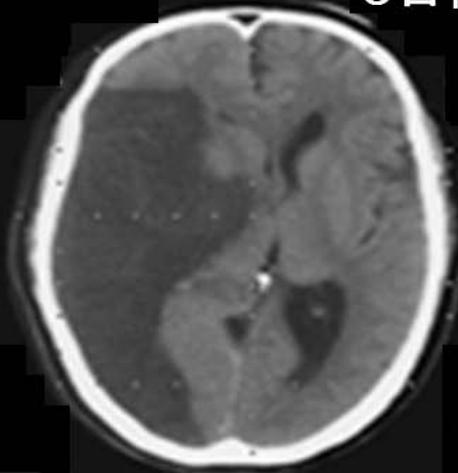
2時間後



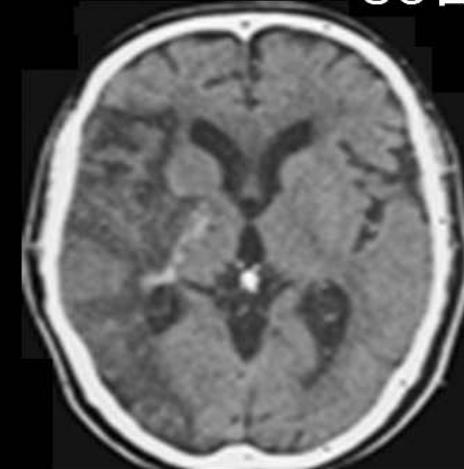
2日後



5日後



30日後

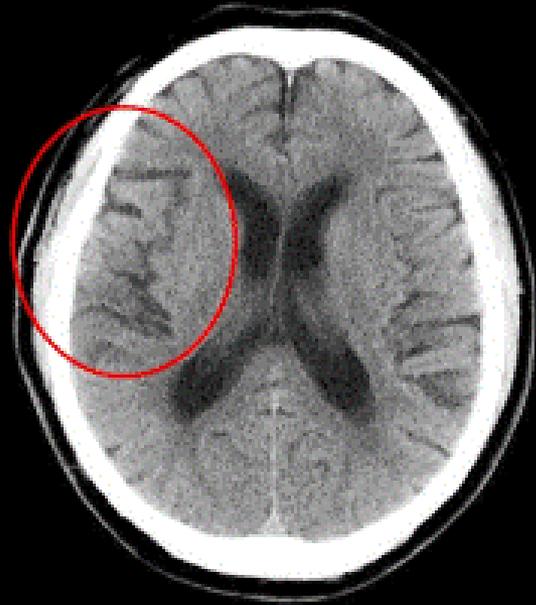


右中大脳動脈
(MCA)領域の
脳梗塞

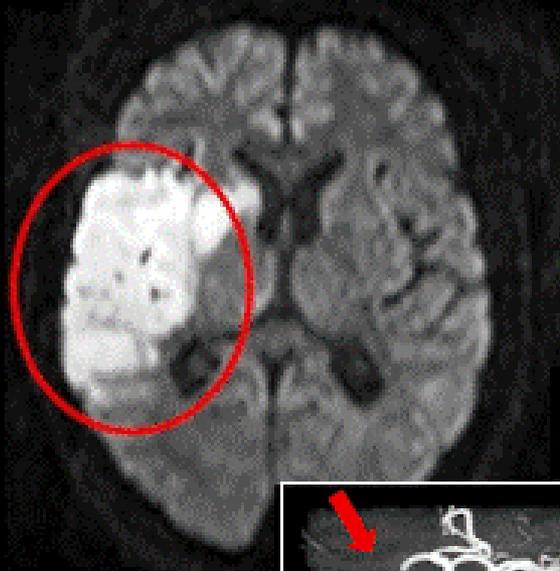
超急性期脳梗塞には、MRI の拡散強調画像 DWI (Diffusion weighted imaging) が有効。

超急性期脳梗塞は、細胞性浮腫が起こり、細胞間隙が狭くなり、細胞間隙を移動する水分子の拡散運動が抑制される。

拡散強調画像は水分子の拡散が大きい箇所では信号低下。高信号は水分子の拡散が抑制されている部位。

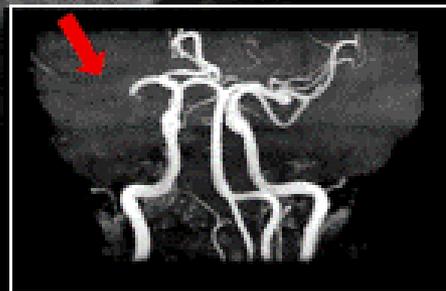


CT



DWI

MRA



正常脳組織は、神経線維に沿った水の拡散が大きく DWI の信号は低い。

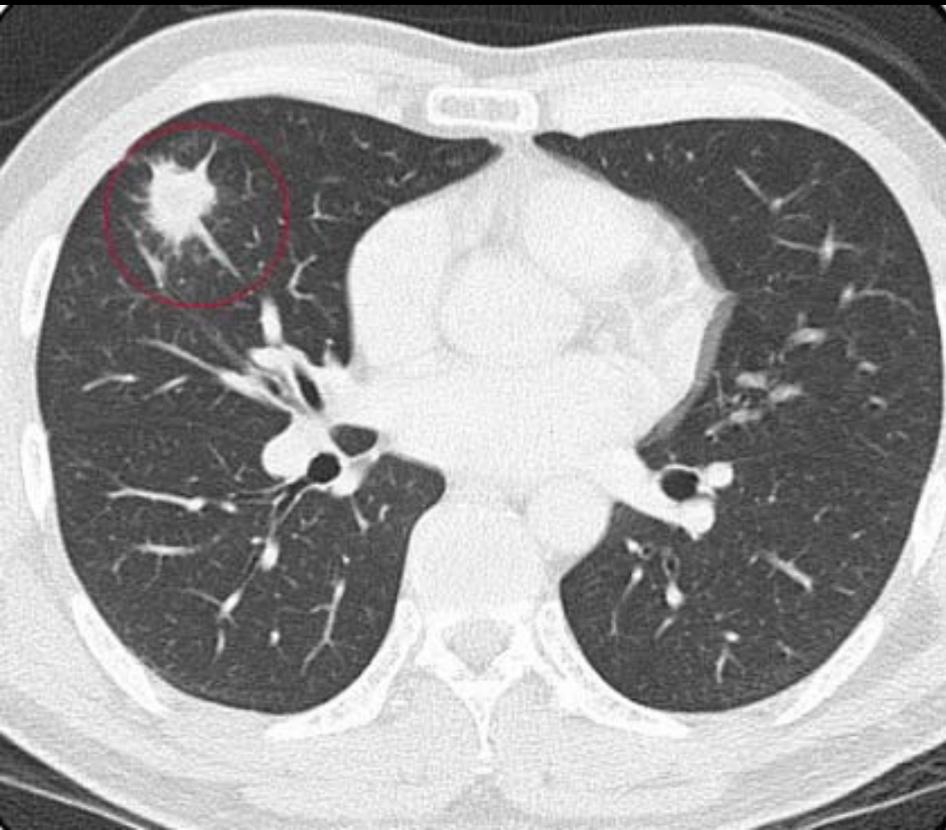
肺癌 Lung cancer

- 1. 肺腺癌 60% adenocarcinoma**
気管支や肺胞壁の腺細胞から発生。
肺野末梢部に生じやすい。喫煙と関係ない。
- 2. 肺扁平上皮癌 25% squamous cell carcinoma**
気管支壁の扁平上皮細胞から発生。
肺門部近くに生じやすい。喫煙と関係性大。
- 3. 小細胞肺癌 15% small cell carcinoma**
気管支壁の神経内分泌細胞から発生。
肺門部近くに生じやすい。喫煙と関係あり。
極めて悪性。急速に増大、進展する。

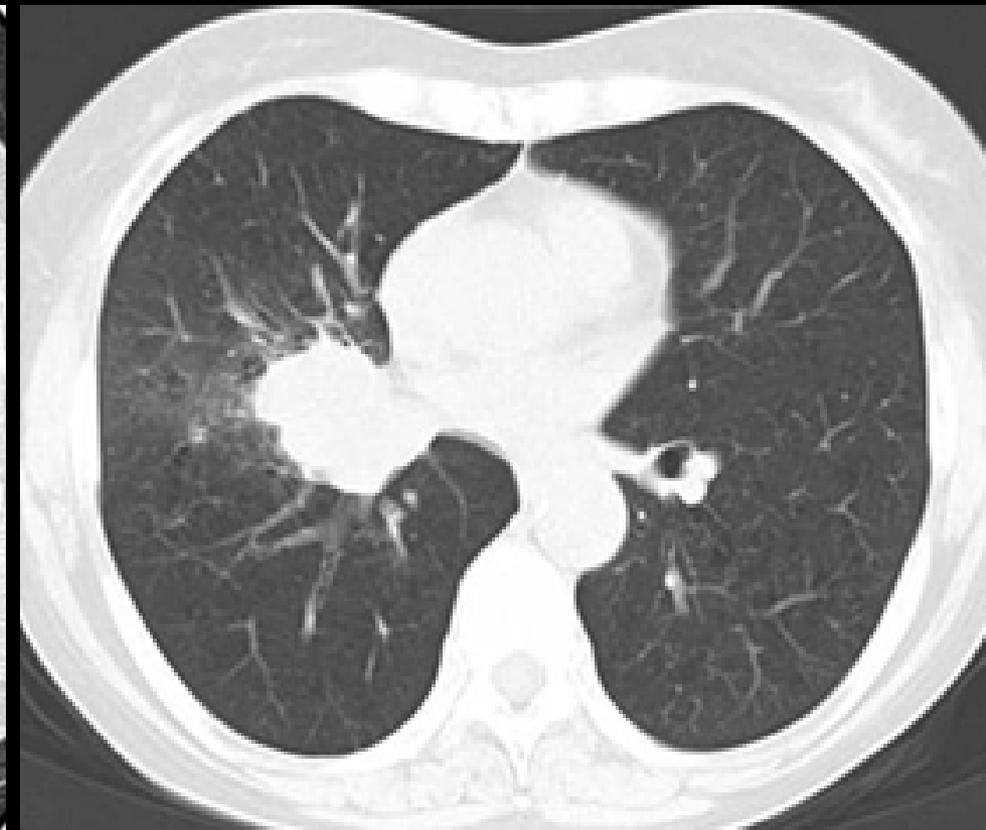
**CTでは数秒で肺の撮影が可能。
呼吸に伴う肺の動きは影響しにくい。**

**MRIでは数十秒以上の撮像時間を要し、縦隔内の
心臓や大血管内の血流も肺野の画質劣化を起こす。**

肺腺癌

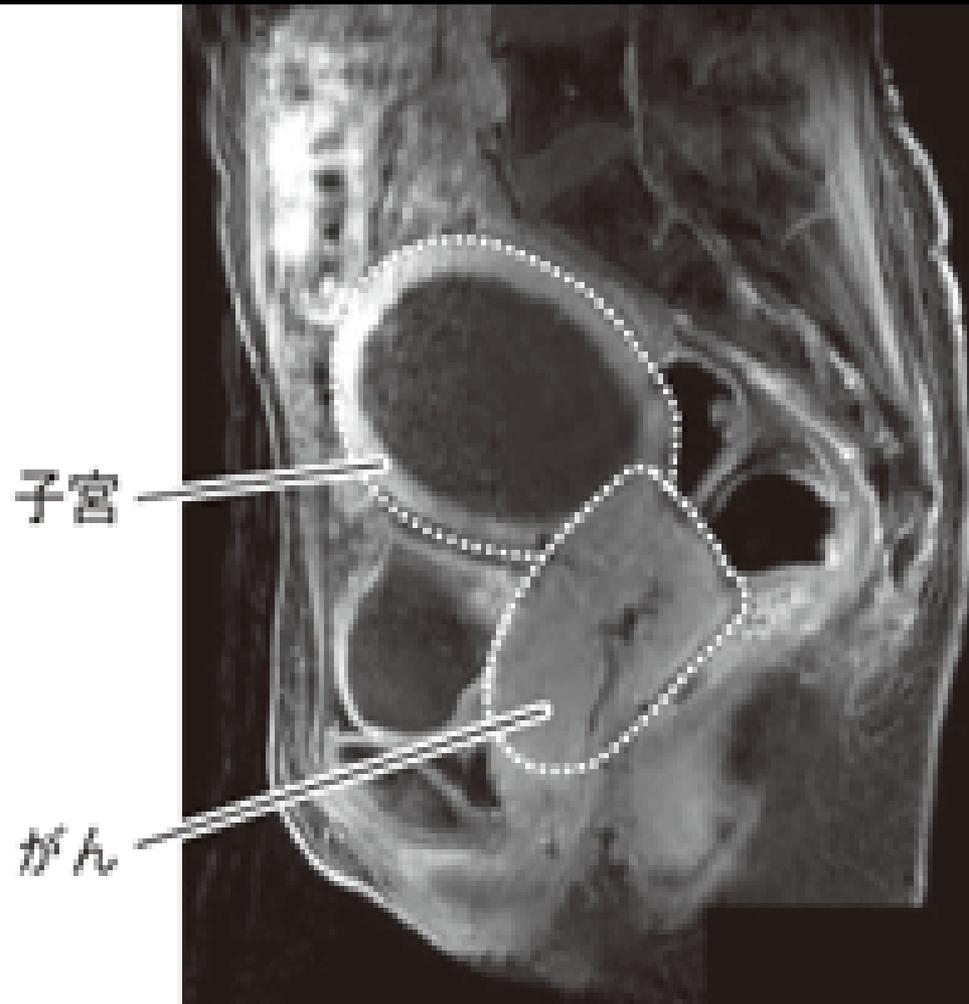


肺扁平上皮癌



子宮頸癌 Uterine cervical cancer

子宮病変は MRI の方が診断しやすい。



MRIがX線CTよりも有用性が高いのはどれか。2つ選べ。

1. 眼窩骨折

4. 間質性肺炎

2. 急性腹症

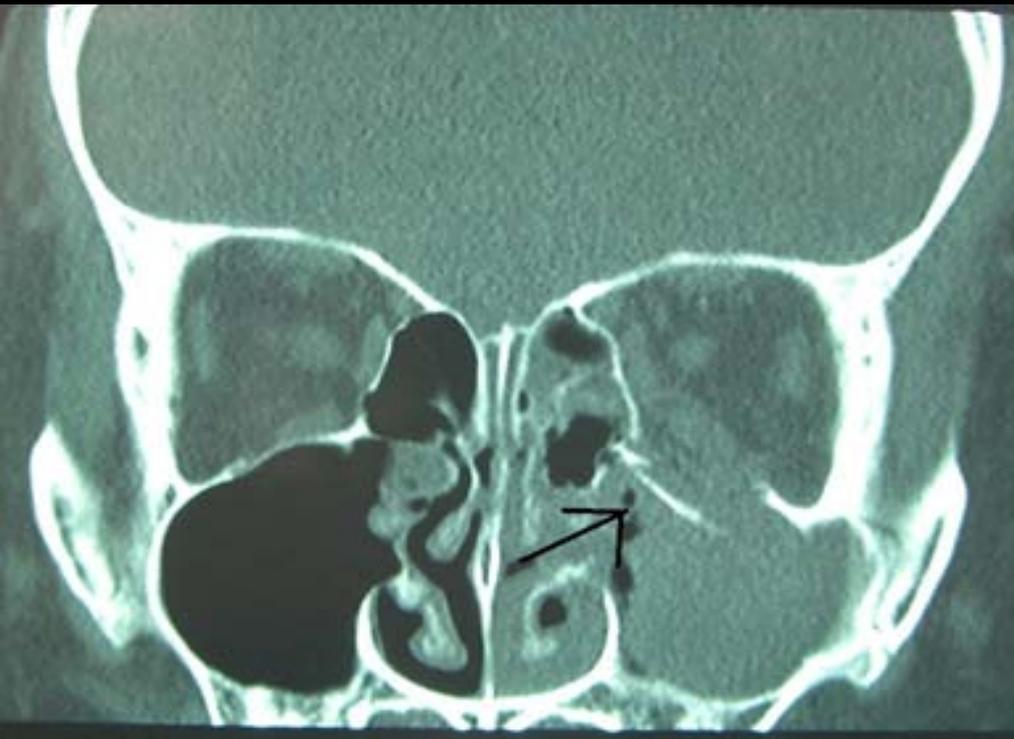
5. アルツハイマー病

3. 前立腺癌

眼窩(底)骨折 Orbital fracture

眼窩下壁は薄いので眼球打撲で破裂骨折する。
ヘリカルCTによる冠状断像および矢状断像が
診断に有効。

冠状断像 coronal



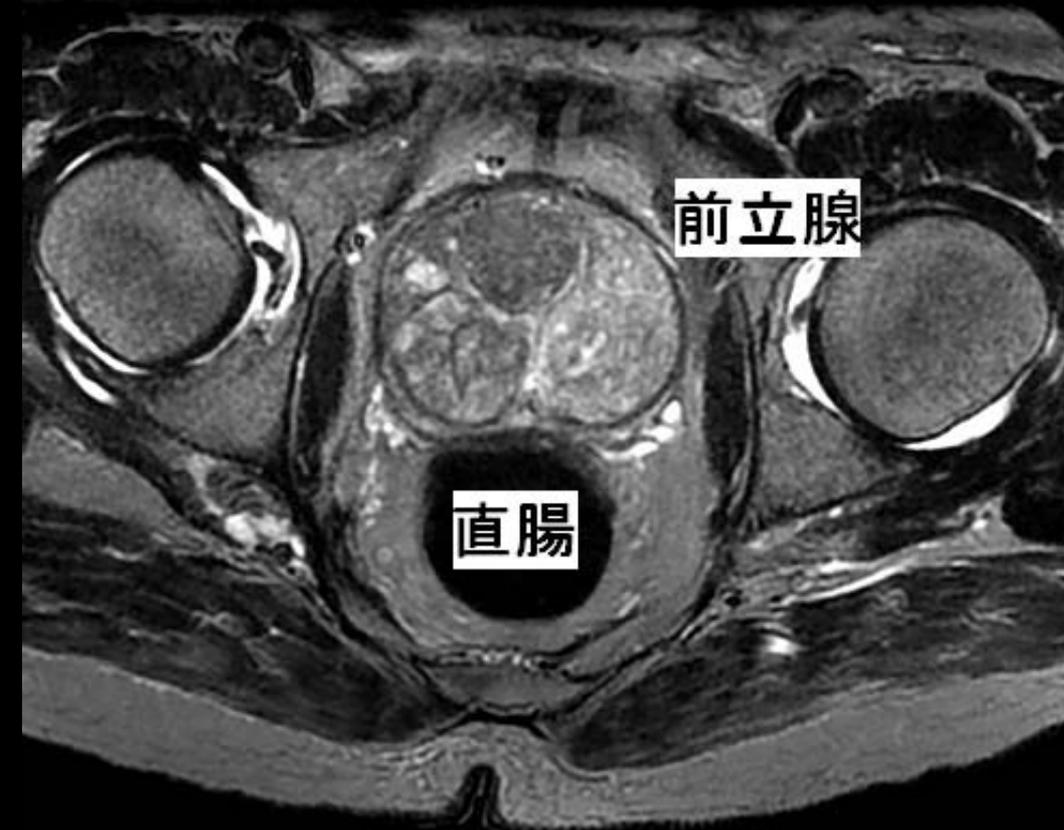
矢状断像 sagittal



前立腺癌 Prostatic cancer MRI で診断

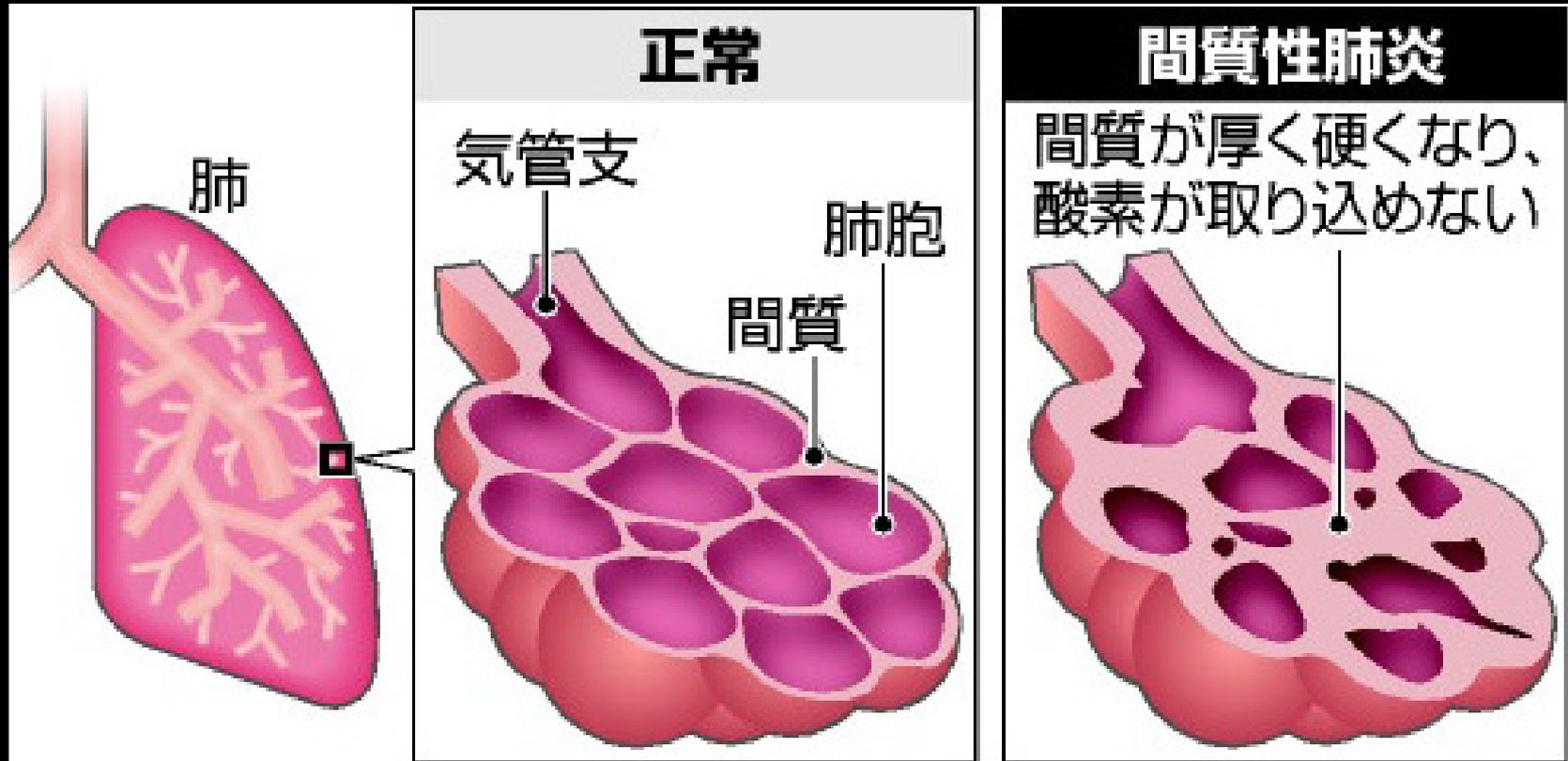
前立腺の腺組織から発生。進行性が遅く、生存率・治癒率は高い。予後も他の癌に較べると良い。

採血による診断法がある。PSA (prostate specific antigen 前立腺特異抗原: 前立腺細胞内にある蛋白質。前立腺組織が破壊されると血液中に増加する。)

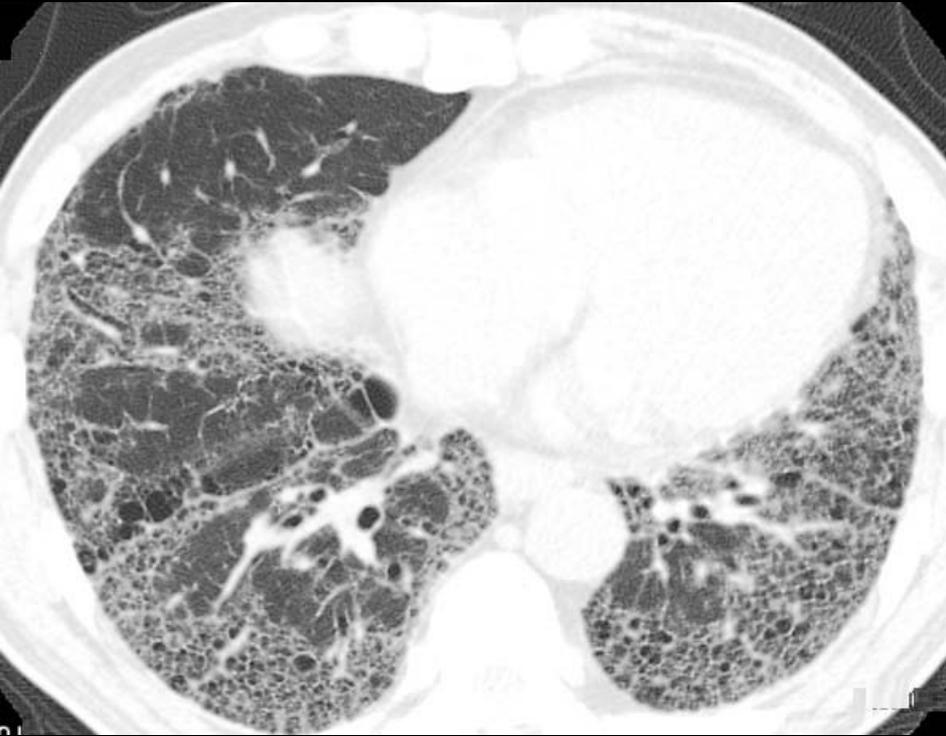


間質性肺炎 interstitial pneumonia IP

肺炎は、一般的な肺胞性肺炎 pneumonia（肺胞や気管支内の炎症）と、間質性肺炎がある。
間質性肺炎が進行し間質が線維化した状態が肺線維症。
原因が不明（特発性）な IP を間質性肺臓炎（interstitial pneumonitis）という。



間質性肺炎(肺線維症)
honey comb lung



肺炎(肺胞性肺炎)
細菌が肺胞内で繁殖



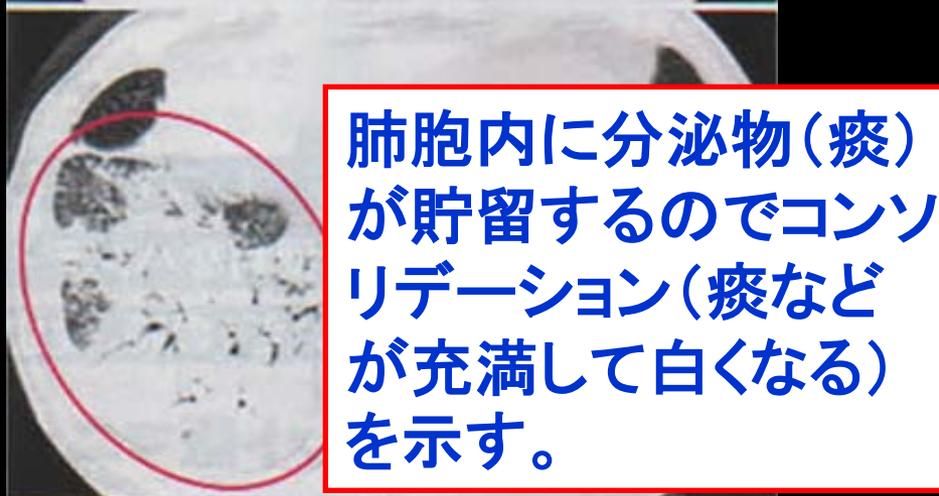
間質性肺炎は癌患者の化学療法でよく生じる。
(抗癌剤を静脈投与すると肺間質に高濃度の抗癌剤が入るため)
間質が硬化しないとCT所見が出現しない。
進行した状態でなければCTで間質性肺炎は診断不能。
早期発見には、 ^{67}Ga シンチグラフィが有効。

新型コロナウイルス(COVID-19)による肺炎

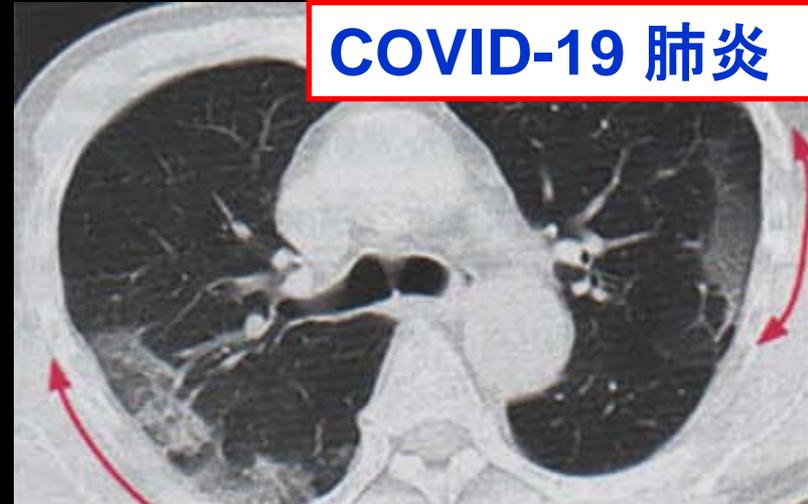
一般の肺炎は、片方の肺に気管支に沿って肺胞内の炎症の陰影が広がるが、COVID-19肺炎は両肺の辺縁、末梢胸膜下に淡いすりガラス陰影(GGO)が多発。これは、炎症が肺胞内ではなく、肺胞壁に局限しているからである。



細菌性肺炎

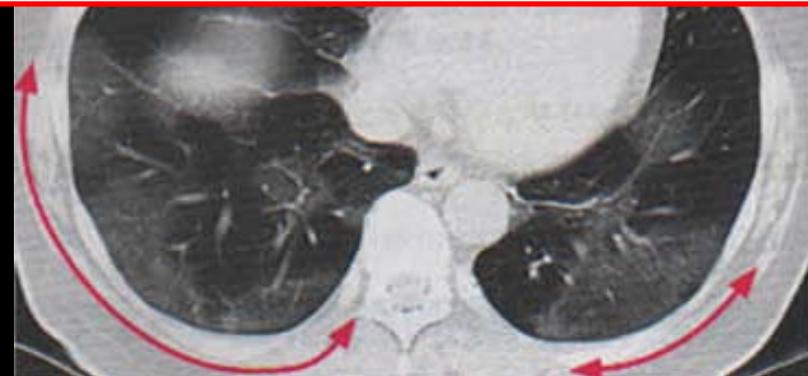


肺胞内に分泌物(痰)が貯留するのでコンソリデーション(痰などが充満して白くなる)を示す。



COVID-19 肺炎

肺胞壁に炎症が局限。痰が貯留せず淡いすりガラス陰影を示す。



アルツハイマー病 AD Alzheimer Disease

記憶障害を初発症状とし、次第に見当識障害、計算障害、失語・実行・実認などの巣症状を伴って知的機能の荒廃をきたし、最終的には寝たきりとなる。進行が速い。

病理学的には神経細胞脱落、大脳皮質に広範にみられる老人斑と神経原線維変化。

左右頭頂葉および側頭葉から変性する。

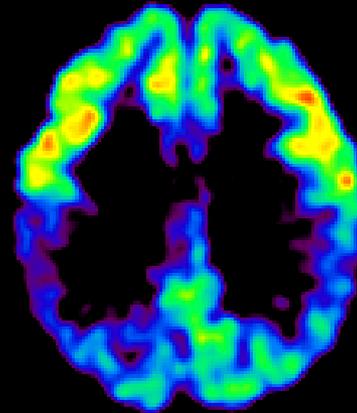
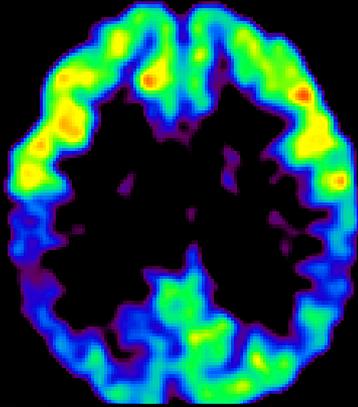
進行を遅らせる薬がある（アリセプト）。
早期アルツハイマー病で有効

早期アルツハイマー病はRI検査で診断。

脳組織の形状には異常を認めないが
血流や糖代謝の低下が出現している。

PETで
異常あり

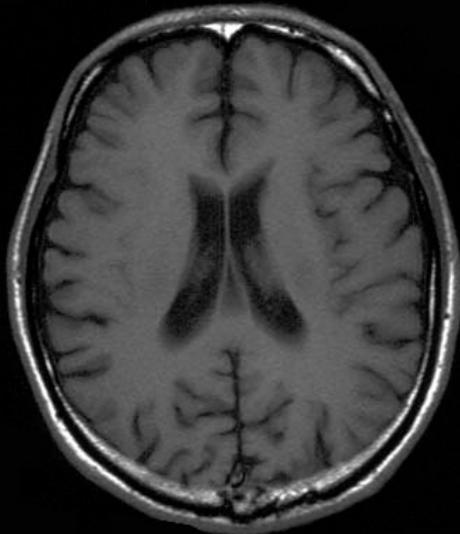
ブドウ糖
代謝分布
血流分布



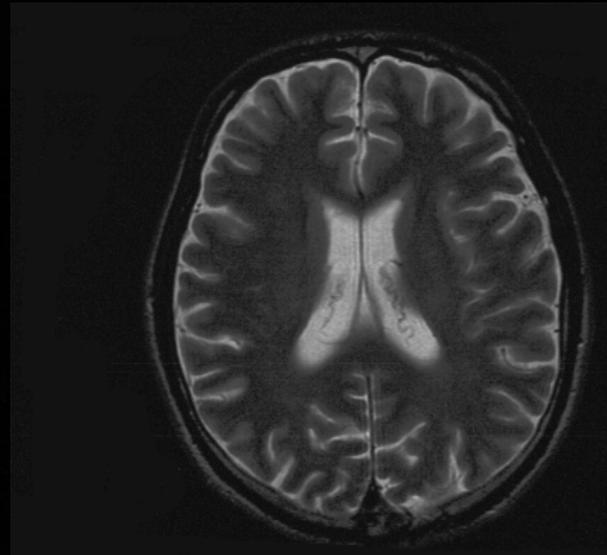
PETは
代謝、機能
の情報

MRIでは
異常なし

水、脂肪
の分布



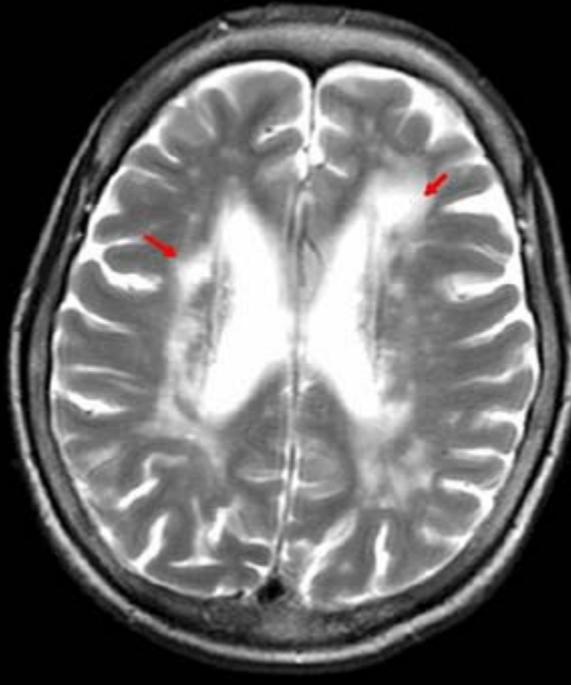
T1 脂肪



T2 水

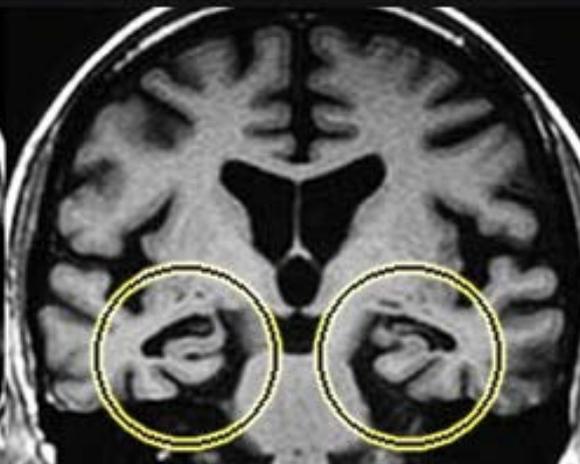
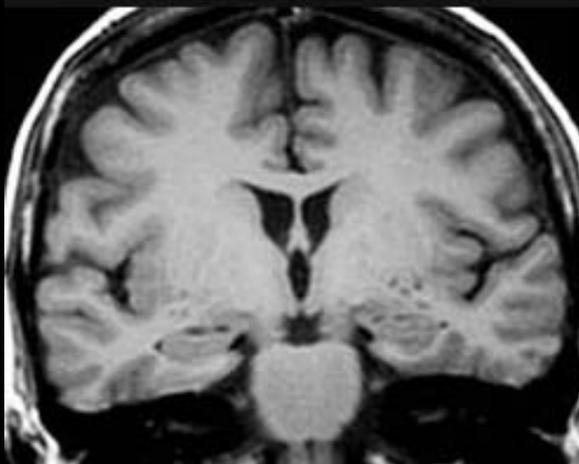
MRIは
解剖学的
な情報

認知症の鑑別診断(アルツハイマーか脳血管性か)に、MRIは有効。MRI 正常の認知症は早期アルツハイマー疑い。



脳血管性認知症

脳内に多発する梗塞病変の所見 (T2像で白くなる)

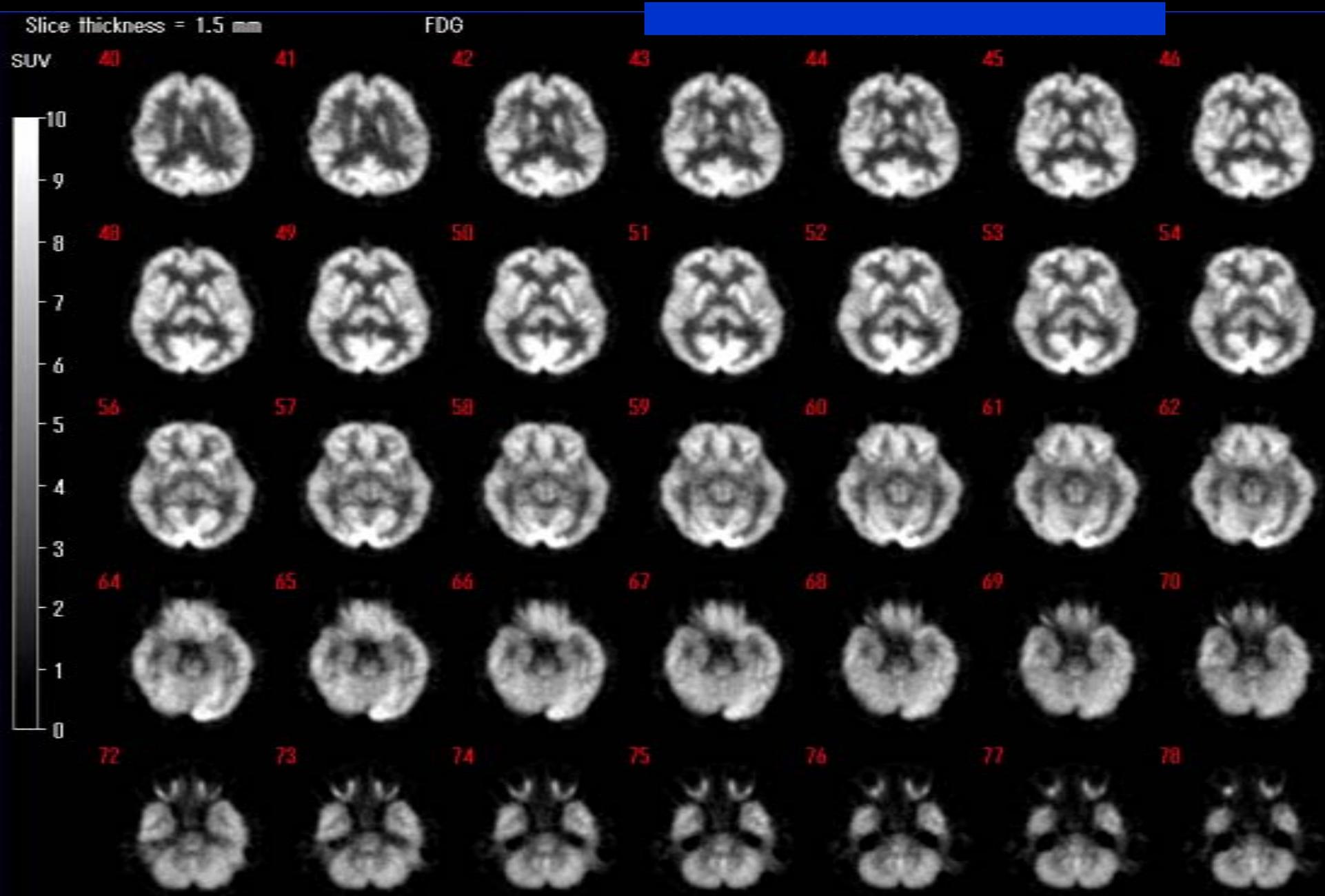


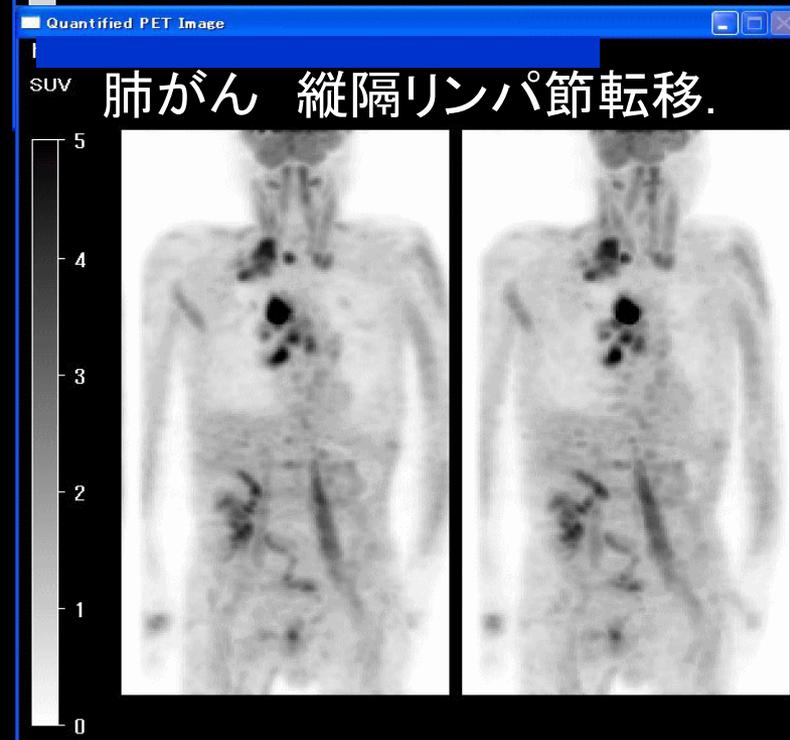
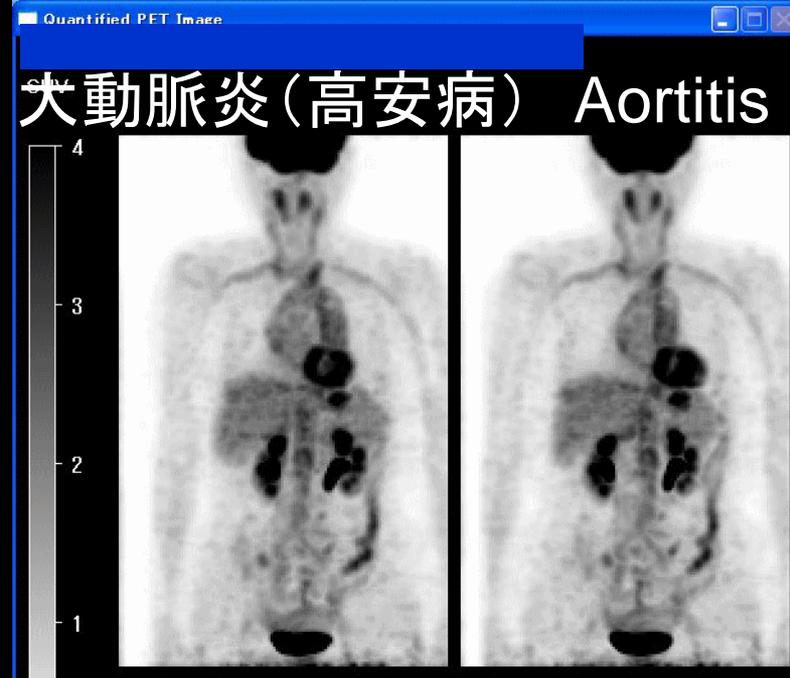
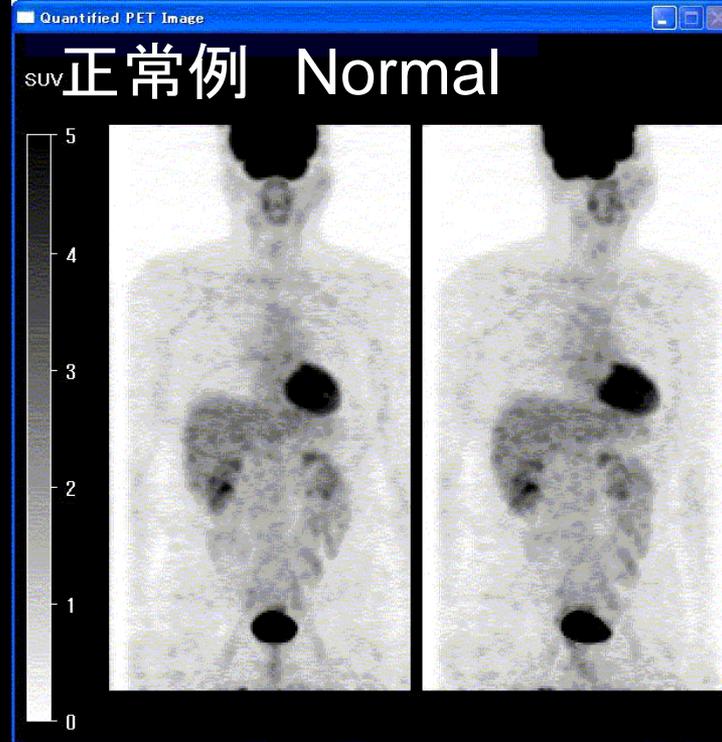
進行したアルツハイマー病

左右側頭葉内側 (海馬hippocampus)の萎縮。

^{18}F -FDG Brain PET

脳はブドウ糖で動いている。





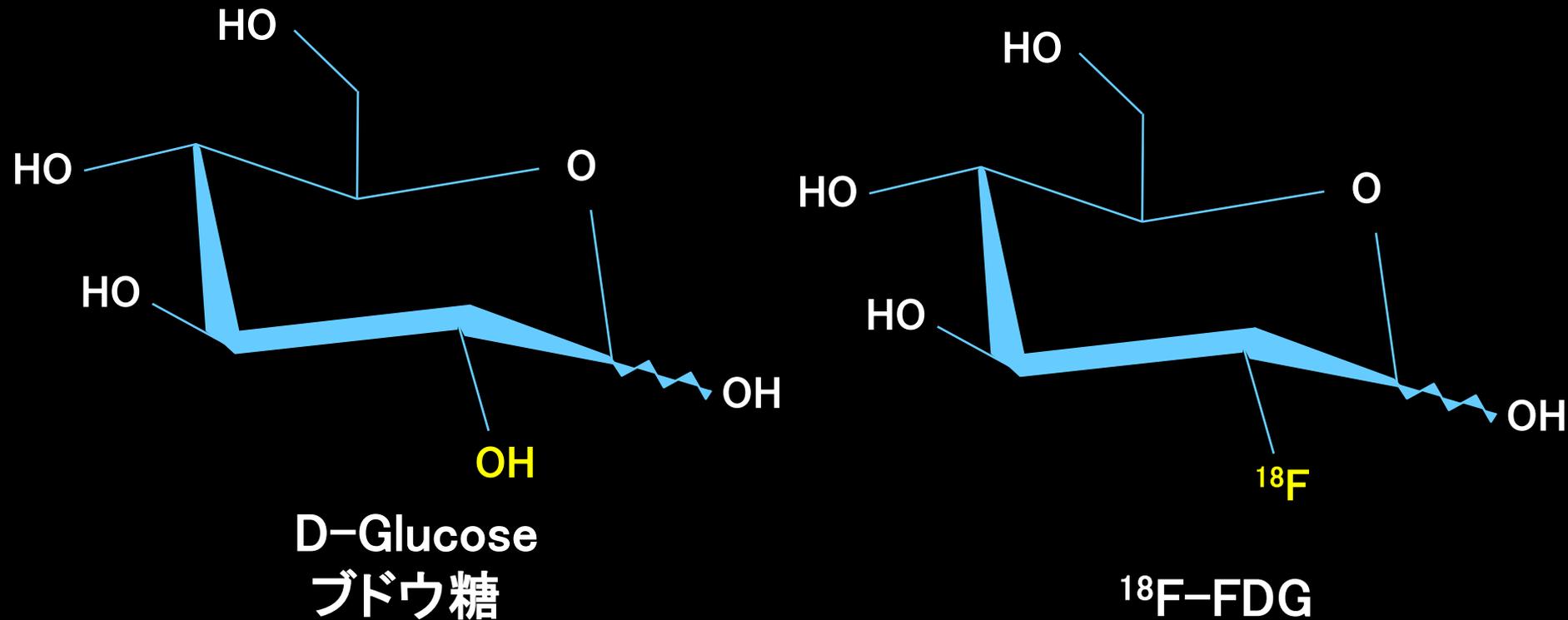
^{18}F -FDG PET

FDGは、ブドウ糖の類似物質。

腫瘍、炎症病変に集積。

脳、尿、心筋にも正常集積。

^{18}F -FDG (Fluoro Deoxy Glucose)は、ブドウ糖の類似物質(analog)で、ブドウ糖と同様に組織に摂取されるが、代謝されない¹ので組織内に長く停滞し、脳や病変のブドウ糖定量画像収集に有用な薬剤となる。
(ただし、肝細胞、高分化型肝細胞癌には取込まれにくい。)



一般的に、体内組織は、エネルギー源として**脂肪酸**を摂取し、ミトコンドリア内の**ベータ酸化回路**で**脂肪酸からATP**(アデノシン三リン酸)を産生する。ベータ酸化回路はATP産生は多いが、**酸素を多量**に要求する。

癌細胞や炎症細胞など、急に出現した異常組織は、酸素を運ぶ赤血球の通路である**血管が不備**なので、**酸素をあまり要求しない解糖系**でATPを産生する。解糖系はATP産生量が少ないので、普通の組織ではあまり稼働していない。

そのため、PET検査で、ブドウ糖と類似物質の放射性薬剤FDGを使うと、**腫瘍や炎症病変に集積し、さらに代謝されない**ので**病変組織内に長く停滞し、画像化**できる。

高安動脈炎(高安病) PETで診断できる

指定難病(330疾患ある)の一つ。登録患者 7000人
(原因不明疾患に対する医療費補助制度がある)
平成30年4月から FDG PET の保険適用。

9割が女性。好発年齢は10~30才。若年女性。

若年女性で重症の頸部痛、頭痛、肩凝りの症例で、
CT等で大動脈弓の分枝血管に狭窄等の所見、
左右上肢での血圧測定値に左右差などあれば、
FDG PET/CT実施を。炎症血管にFDG集積あり。

治療法は、ステロイド(減量すると再燃しやすい)、
抗体医薬(トリシズマブ(アクテムラ) IL-6R)
(本来は関節リウマチ薬。高価。5000円/日)

**北大病院
核医学検査室
PET/CT装置**



**PET:
陽電子CT
Positron
Emission CT**

PET/CT画像 Lung ca.

現在のPET装置はCTと合体している。



核医学検査(RI検査)

放射性薬剤を投与して病変を描出。

ガンマカメラ

体内のガンマ線放出薬剤の分布(シンチグラム)を撮像する装置



骨シンチグラフィ

Bone scintigraphy

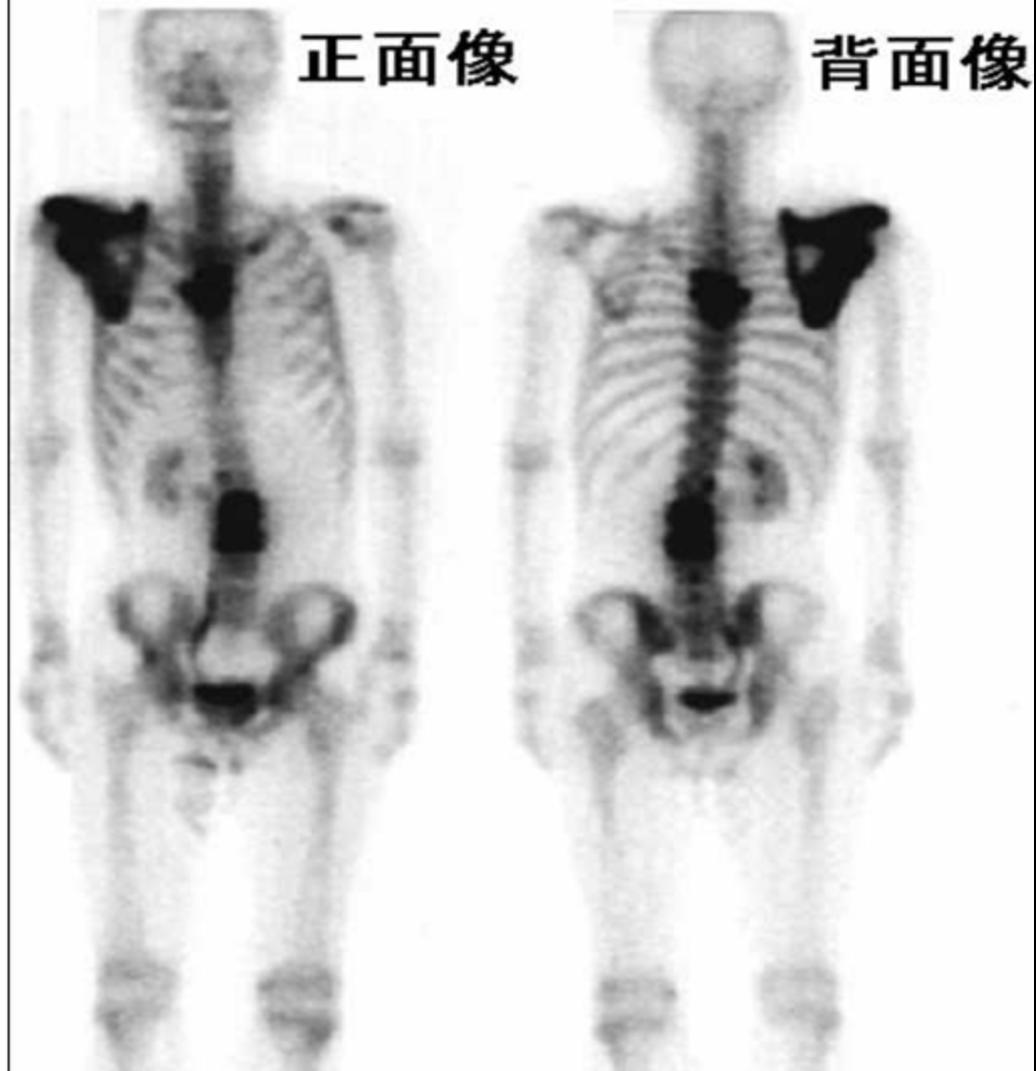
リン酸にガンマ線放出RIを標識した薬剤の分布図。骨転移に強く分布。

肺癌の骨転移症例。

右肩甲骨、胸椎、腰椎

Bone metastases

尿中への排泄が多いので尿路、膀胱が描画されている。

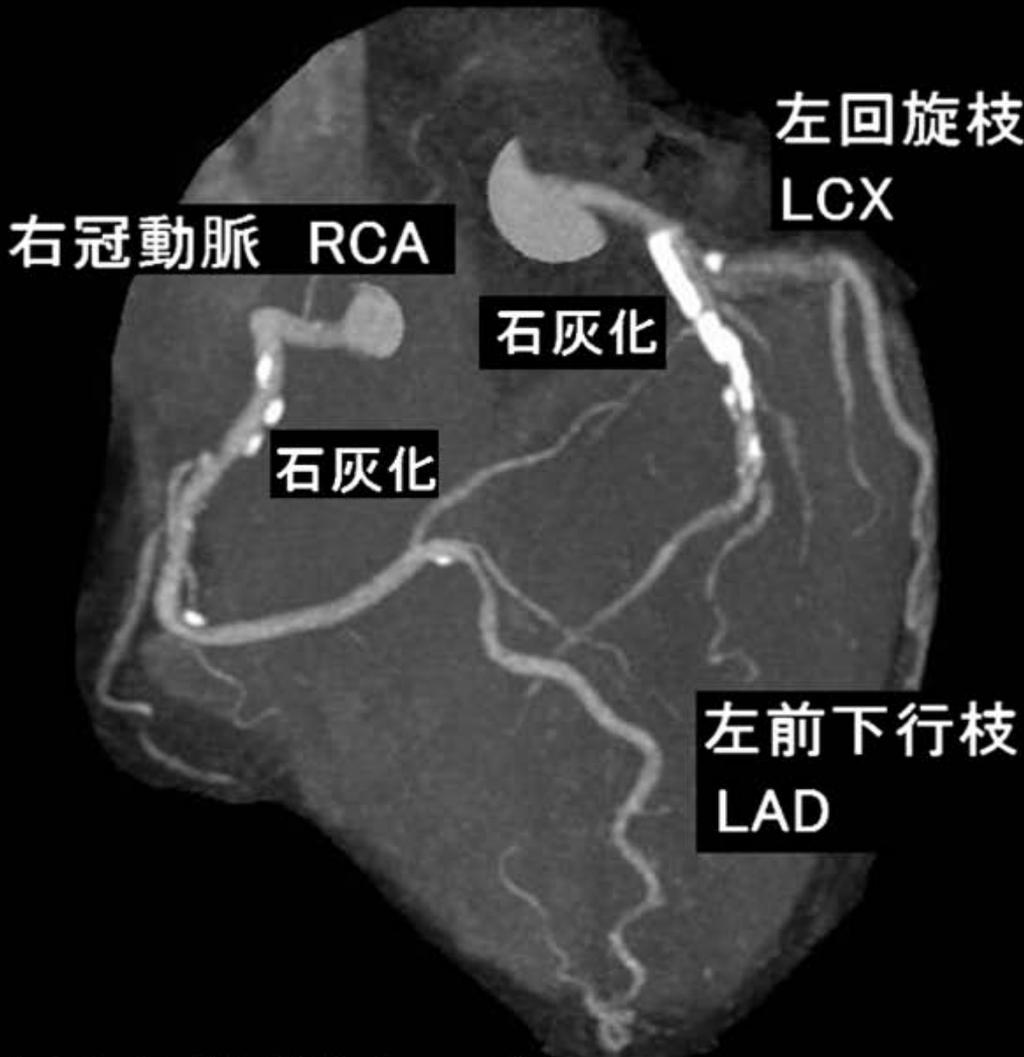


骨転移病変は癌細胞が入り込んで、微小骨折を起こす。壊れた骨組織は修復する為に、血中のカルシウムとリン酸を多量摂取する。

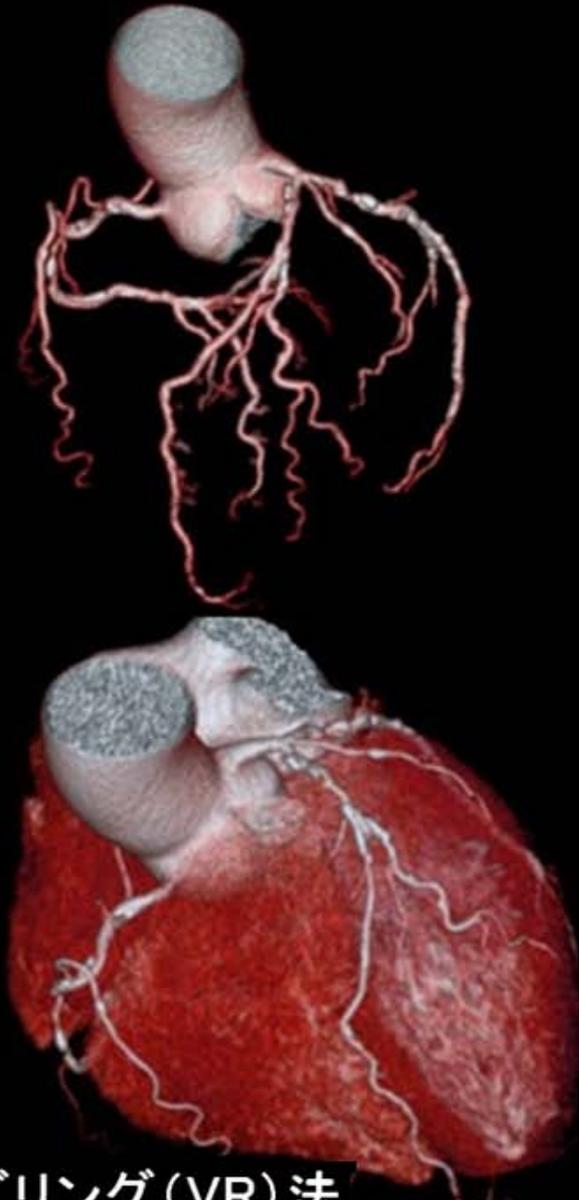
MRI が X 線 CT より診断に優れているのはどれか。2 つ選べ。

1. 急性期脳梗塞
2. 冠状動脈石灰化
3. 気胸
4. 剝離骨折
5. 椎間板ヘルニア

320列マルチスライスCTで 寝台を固定させたまま撮影。
心電図を同期させて心臓全体の拡張末期像を0.3秒で撮像。



最大値投影法 (MIP法)



ボリュームレンダリング (VR) 法

320列マルチスライスCT

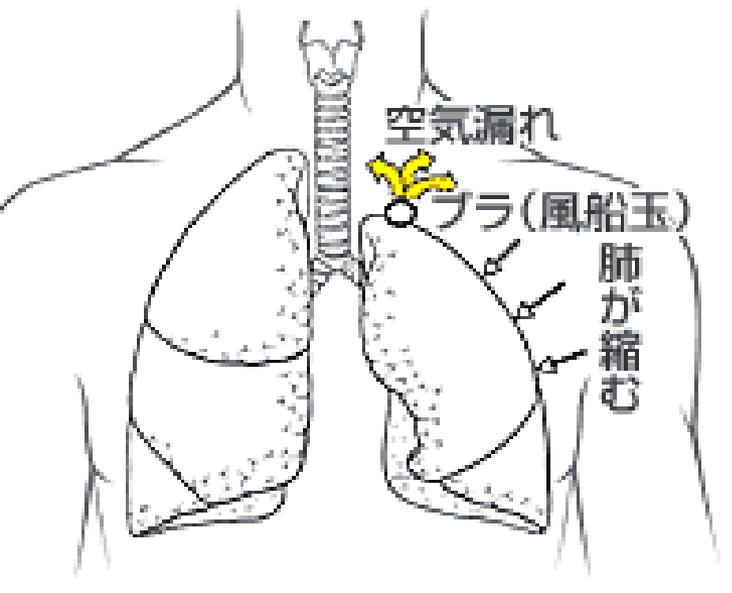
東芝 Aquilion One 北大病院に昨年入った。

Z軸方向16cmを瞬時に撮像できる。

心電図を同期させて心臓全体の拡張末期像を0.3秒で撮像。
造影剤を投与しながら心臓全体のダイナミック画像収集も可能。心筋血流定量が出来る。

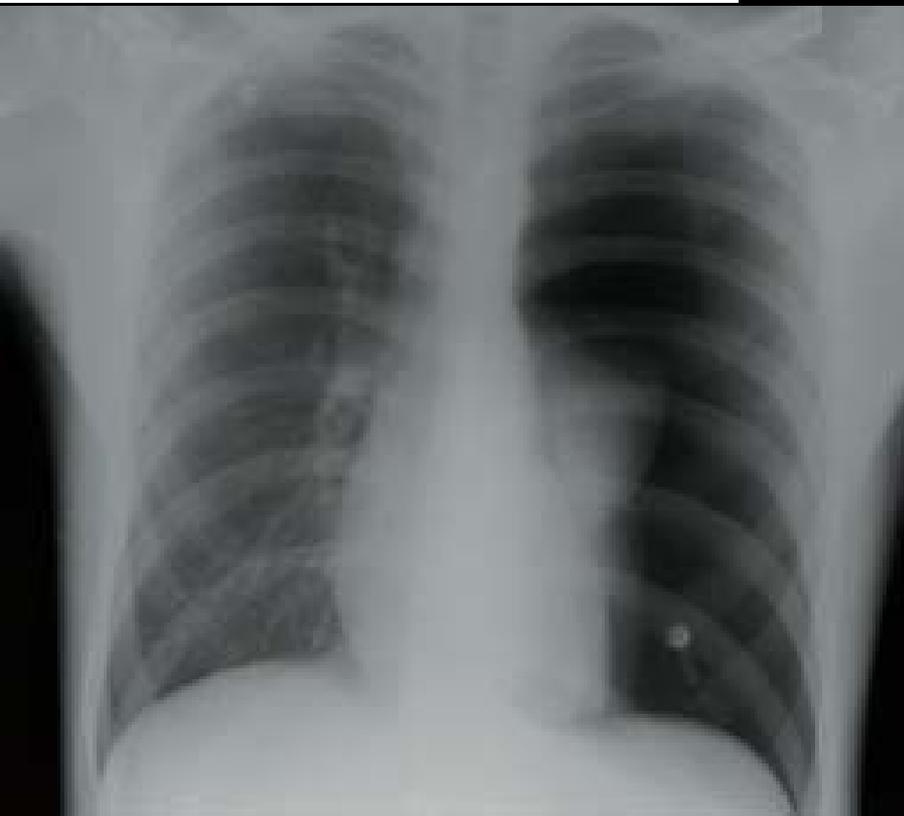


気胸 (Pneumothorax)



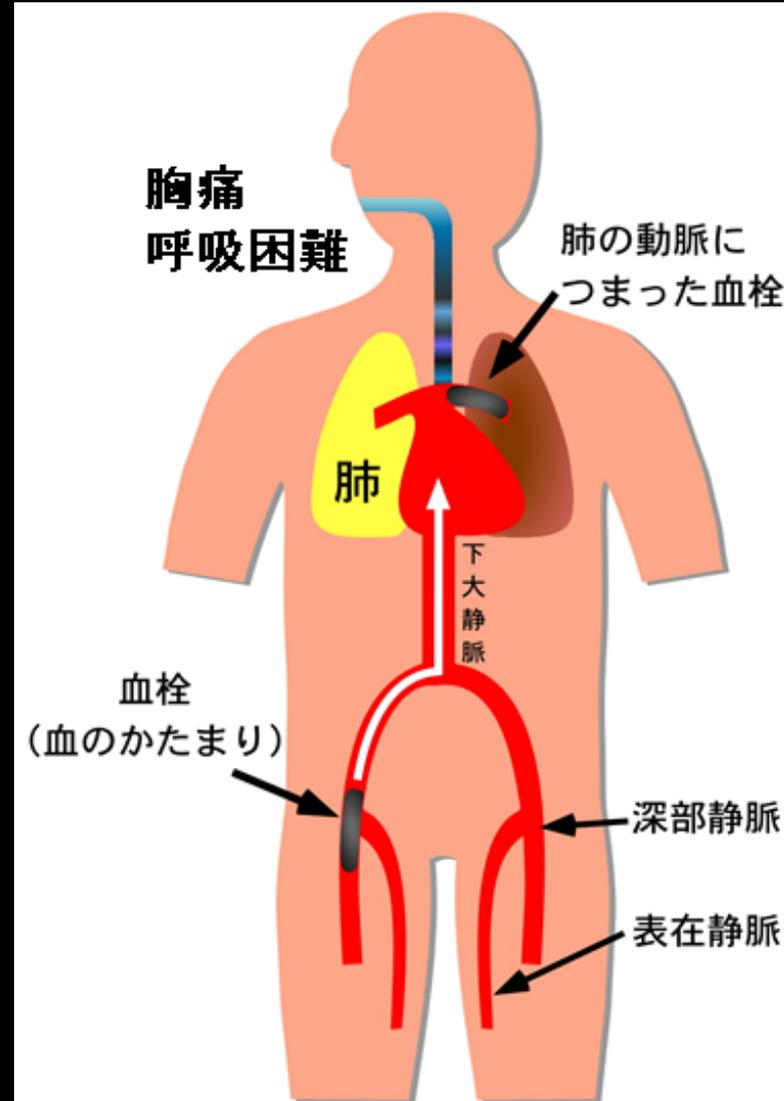
肺胞内空気が胸腔内に漏れ出て空気が肺を圧迫し、肺が収縮した状態。単純X線写真、CTで診断。

自然気胸は、背が高く痩せ型の若い男性に起こりやすい。



肺血栓塞栓症 Pulmonary embolism PE (エコミークラス症候群)

長時間の血流うっ滞と脱水で、主に下肢静脈に血栓が生じ、下大静脈 IVC、右房、右室を経て、肺動脈内に血栓が詰まり、肺塞栓症になる。



飛行機に乗った時に、CAから飲み物の提供を受けるが、これは単なるサービスではなく、乗客の血液を水分で薄めてエコノミー症候群の発症を抑制するため。のどが渴いていなくても、死にたくなければCAからの飲み物の提供を断ってはいけない。

造影マルチスライスCTで、肺動脈血栓を診断できる。

