

特集 *Ai* (オートプシーイメージング)

2. *Ai* (オートプシーイメージング) 所見と読影の基礎

塩谷清司, 斎藤久子¹⁾, 阿竹 茂²⁾, 河野元嗣²⁾, 菊地和徳³⁾, 早川秀幸⁴⁾

筑波メディカルセンター 放射線科, 同 小児科¹⁾, 同 救命救急センター²⁾, 同 病理科³⁾
筑波剖検センター 法医学⁴⁾

Autopsy imaging (*Ai*) : Postmortem imaging findings

Seiji Shiotani, Hisako Saitoh¹⁾, Shigeru Atake²⁾

Mototsugu Kohno²⁾, Kazunori Kikuchi³⁾, Hideyuki Hayakawa⁴⁾

Department of Radiology, Pediatrics¹⁾, Critical Care and Emergency Medicine²⁾, Pathology³⁾, Tsukuba Medical Center
Department of Forensic Medicine, Tsukuba Medical Examiner's Office⁴⁾

Abstract

While autopsy is important in determining cause of death, there has been a world-wide decline in the rate of autopsies over the past few decades for various reasons. To offset this trend, postmortem imaging and studies of its effectiveness as an autopsy substitute have become more widespread since around 2000; the procedure uses imaging modalities such as CT, MRI, and ultrasound. Those are referred to as “virtual autopsy” in western countries, and “autopsy imaging” in Japan. Currently, postmortem images are considered to be viable alternatives to autopsy when an autopsy is not performed, or as supplemental data to an autopsy when autopsy is performed. Postmortem CT, MRI, and ultrasound findings are classified into three categories: (1) causes of death (traumatic/non-traumatic), (2) changes occurring due to cardiopulmonary resuscitation ($\equiv$ intravascular gas), and (3) postmortem changes (cessation of blood circulation, low body temperature). Knowledge of typical postmortem imaging findings of (2) and (3) is important when diagnosing them.

Keywords : *Forensic radiology, Virtual autopsy, Autopsy imaging (Ai), Postmortem CT, Postmortem MRI*

欧米のバーチャルオートプシーと 日本のオートプシーイメージング

世界的な解剖率の低下¹⁾に対応するため、2000年前後に欧米ではThaliらがバーチャルオートプシーの概念を、日本では江澤らがオートプシーイメージングの概念を発表した^{2~4)}。しかし、欧米諸国と日本では死後画像に対する考え方の違いがあるため、その発展の仕方が異なっている。

異状死の死因を診断する方法は、診断率の低い

順から、検視、検案(体表観察が主体なので、少なくとも20%の誤診が起こる⁵⁾)→死後画像→解剖となる。日本では監察医制度が普及していないため、異状死に対する解剖率は10%程度にとどまってお⁶⁾り、検視、検案→死後画像という部分が議論の中心となっている。そして日本における死後画像は、死因のスクリーニング、解剖に回さなければならぬ症例のトリアージを期待されている。実際に警察が医療機関に委託して施行した1,800件の死後CTのうち、外表からはわからない外傷が

発見されて犯罪見逃しを未然に防いだ事例が数件あったという⁷⁾。これは日本の異状死全例(年間15万人超)を死後CTでスクリーニングするだけでも、数百件の犯罪が発見されることを示している。それに対し、欧米諸外国では異状死の解剖率は概して高い(フィンランド、スウェーデンでは100%、アメリカ、イギリスでは50~60%)⁶⁾ので、死後画像→解剖という部分が議論の中心となっている。そして欧米における死後画像は、解剖のガイド、相補的役割を果たすと認識されている。実際には、スイスのベルン大学法医学教室パートプシー(Virtopsy[®]; virtual autopsy)グループ⁸⁾、オーストラリアのビクトリア州法医学研究所⁹⁾、アメリカの米軍病理学研究所¹⁰⁾、スウェーデンの医用画像科学・可視化センター¹¹⁾、イギリスのロンドン大学病院¹²⁾といった特定の施設が、画像病理相関に関する論文を多数出版している¹³⁾。

本来、異状死は全例解剖に回し、薬毒物検査も施行した上で、総合的に死因を判断すべきなので、解剖率の低い日本の死因究明制度は欧米に大きく後れを取っている。しかし、その制度の不備を補う形で施行されてきた死後CTによる死因スクリーニングは、先進的な方法かもしれない。2008年の北米放射線学会では、日本の2つの救命救急病院の放射線科医が、死後CTによる死因スクリーニングに関する演題を発表した。これらは、全例を解剖で死因を確認するより効率が良く、コストも低いシステムとして注目された¹⁴⁾。

オートプシーイメージングで 使用する主なモダリティはCTである

日本では、主要な救命救急病院の9割、一般病院の1/3強が死後画像を撮影している^{15,16)}。その最多の状況は、救急外来に来院時心肺停止状態で搬送され心肺蘇生術を施行するも死亡した患者(=異状死)に対し、その死因を確定または推定するために、死後CTを撮影するというものである^{17~27)}。CTは、単純X線写真より情報が多く、超音波検査より客観的で、MRIよりも短時間で施行可能なことから、最も利用されている画像診断モダリティである。ここでは、死亡宣告直前または直後で撮影された死後CTの所見を中心に読影ポイントを説明する。

死後画像所見は、死因、蘇生術後変化、 死後変化の3つに大別される²⁸⁾

死後CTの所見は、死因(外傷、非外傷)、蘇生術後変化、死後変化の3つに大別すると読影しやすい。蘇生術後変化、死後変化は、その存在を知っておかないと死因と間違える可能性がある(例:蘇生術後変化、死後変化で生じた血管内ガスを空気塞栓症と診断するなど)。

外傷性死後CT

死後CTは外傷性死因を高率に診断できる^{29~35)}。外傷性死の評価において、死後CTと解剖を比較すると、死後CTは骨折、液体、ガスの検出やその分布評価に、解剖は軟部組織評価に優れている。死後CTと解剖はお互いに相補的な関係にある。

小児で最も問題となる外傷性死因は虐待である。虐待の診断には画像診断が大きな役割を果たすが、死後でも生前と同様の診断基準^{36~38)}が使用できる。単純X線写真やCTは、特に骨折の評価に関して解剖よりも優れている。虐待をスクリーニングするための全身骨X線撮影には時間がかかるが、CTで1mm厚以下の画像データが取得してあれば、その再構成画像が単純X線写真の代替になると予想されている^{39,40)}。日本小児科学会は、虐待死では頭部CTまたはMRIを施行することを推奨している⁴¹⁾。虐待死の解析には既に死後CTデータが用いられている⁴²⁾。

非外傷性死後CT

死後CTによる内因性死のスクリーニングでは、脳出血、くも膜下出血、大動脈解離、大動脈瘤破裂といった出血性病変を死因と診断でき、これらの所見がない場合には、上記死因は除外できる^{17~27)}。死後CTの死因確定率は3割前後といわれているが、この数字は、スクリーニングした全症例のうち死後CTのみで死因と診断できる出血性病変の割合を示している。

いわゆる急性心不全において、死後CTは、冠動脈血栓塞栓子や虚血心筋といった直接死因を描出できないので、その診断には間接所見であるポンプ機能不全による肺水腫を重要視している(Fig.1)⁴³⁾。急激な左心不全が発生し、右心は正

常に機能しているとすれば、大量の血液が体循環系から肺循環系に移行し、肺循環系はうっ血を来す。ヒトの血漿コロイド浸透圧は28mmHgなので、肺毛細血管圧が28mmHg以上に上昇すると毛細血管から水分が肺胞内に滲出して肺水腫が発現する⁴⁴⁾。肺毛細血管圧が50mmHgまで上昇する急性左心不全では、急性肺水腫の発現から30分以内に死に至る⁴⁴⁾。

小児の死亡原因には、不慮の事故、先天奇形、

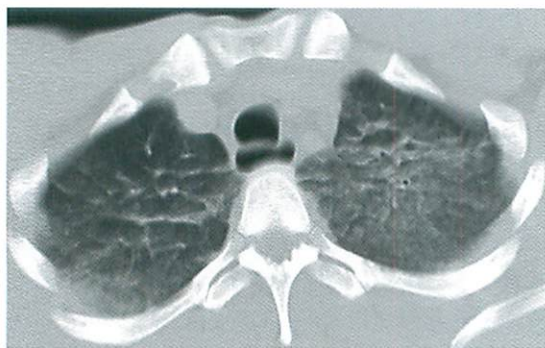


Fig.1 Pulmonary edema

A 16-year-old male with coronary sequela of Kawasaki disease. Postmortem CT of the lung shows bilateral ground-glass attenuation and interlobular thickening suggesting pulmonary edema due to cardiac pump failure.

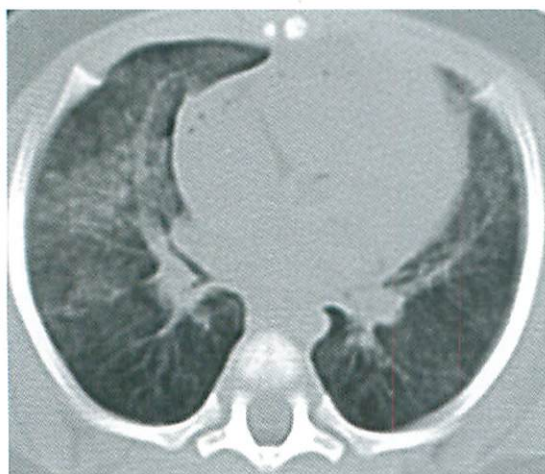


Fig.2 Pneumonia

Postmortem CT of the lung shows bilateral centrilobular nodules.

悪性新生物、肺炎、心疾患、乳幼児突然死症候群が挙がる⁴⁵⁾。われわれの施設では小児突然死の原因として肺炎を経験することが多い⁴⁶⁾。死後CTは、肺炎の広がりや評価できる(Fig.2)。

死後CT上の蘇生術後変化

消化管拡張、肋骨骨折を除く主な蘇生術後変化は、血管内ガス(脳血管内、心大血管内、肝血管内)である。

脳血管内ガス

死後CTの10%弱に認め、その9割近くが、脳静脈ガスである⁴⁷⁾。脳静脈ガスは、輸液ルートから混入した空気が鎖骨下静脈、腕頭静脈、内頸静脈、静脈洞を経由して、主に後頭蓋窩の静脈に達したものである⁴⁷⁻⁴⁹⁾。脳動脈ガスは、胸骨圧迫で生じた右心房、右心室内のガスが右→左短絡(例：心房、心室中隔欠損)から、そして/または人工換気による肺の圧外傷で生じた気管支肺血管瘻のガスが肺静脈から、それぞれ大循環に流入したものであろう⁴⁷⁾(Fig.3)。

心大血管内ガス⁵⁰⁾

死後CTの7割に認める。鎖骨下、腕頭、上大静脈内ガスの成因は輸液ルートからの空気の混入であろう。右心房、右室自由壁(腹側壁)直下ガス

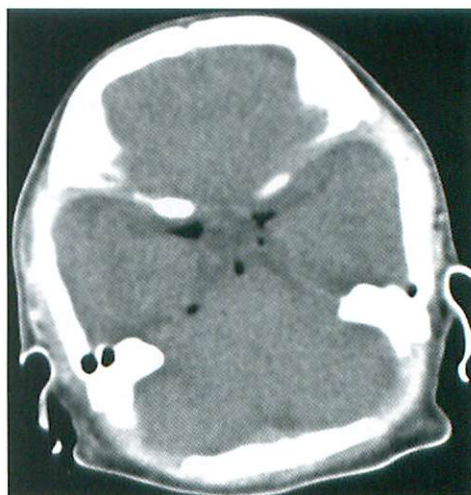


Fig.3 Intravascular gas in the brain

Postmortem CT of the brain shows gas bubbles in bilateral internal carotid arteries and basilar artery.

(Fig.4)のそれは胸骨圧迫による血液内溶存ガスの気化が考えやすい。

肝血管内ガス^{51~54)} (Fig.5)

死後CTの3割程度に認める。門脈ガスは、ショック～心肺停止による循環障害が起こす腸管粘膜損傷とアンビューバッグを用いた換気が起こす消化管拡張が原因となり、消化管内腔のガスが門脈に流入したものである。肝静脈ガスは、心大血管内ガスが下大静脈を通して肝静脈に逆流したものである。門脈ガスと肝静脈ガスは併存していることが少なくない。脾、腎、脾実質の血管内ガスも、早期死後CTで既に出現していることがある。



Fig.4 Intravascular gas in the heart
Postmortem CT of the thorax shows gas bubbles in the right atrium, right ventricle, and left ventricle.

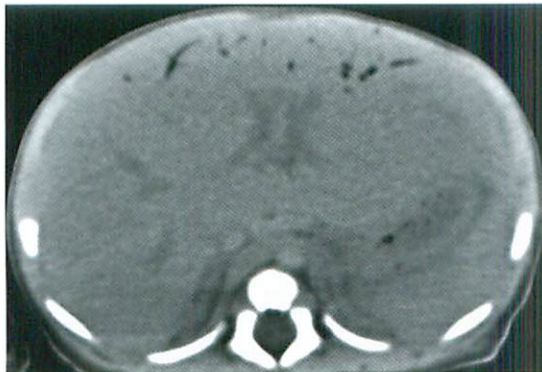


Fig.5 Intravascular gas in the liver
Postmortem CT of the abdomen shows linear and branch-shaped gas in the liver.

死後CT上の死後変化

死後CT上の死後変化は、循環停止による変化(血液就下、右心系拡張、大動脈の高吸収化、脳浮腫)と自己融解である。

血液就下

循環が停止すると、重力により血液は低位部に移動し、赤血球も沈降する(血液就下)。赤血球が沈降するとその部分のヘマトクリット値が上昇(=鉄であるヘモグロビンが集積)、CT値もそれに比例して上昇し、高吸収となる。

生きている人のCT上、頭部の静脈洞(横静脈洞、S状静脈洞、上矢状静脈洞)は軽度高吸収を呈するが、死後CTでは血液就下が同所見を増強する⁵⁵⁾。これは静脈洞内血栓症、硬膜下血腫などと間違えやすい⁵⁶⁾ (Fig.6)。急性死の場合、線溶系の活性が極端に亢進し血液が流動性となるため⁵⁷⁾、死後CT上、心大血管内腔の血液は高吸収水平面形成を示す⁵⁸⁾ (Fig.7)。死戦期が長い場合には、水平面を形成せずに、鋳型のような高吸収凝血塊となることが多い⁵⁹⁾。

生きた人のCTで認める肺の荷重部陰影は、荷重部のうっ血と肺自身の重量による無気肺で生じるとされるが、死後CTでは血液就下が荷重部陰

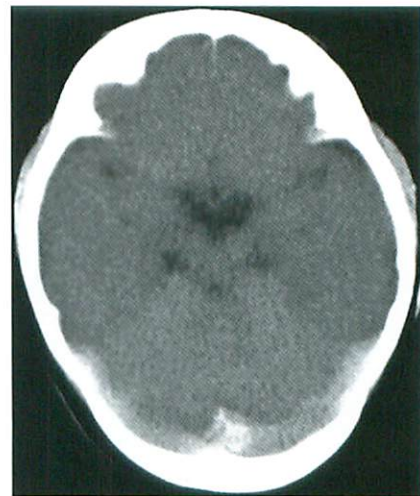


Fig.6 Hypostasis in the brain
Postmortem CT of the brain shows hyperattenuating transverse sinus simulating subdural hematoma.

影を強調する⁴³⁾ (Fig.8).

右心系拡張

死後、両心系の圧は平均循環充満圧 (= 全循環が停止したときに血管の各部が一様に示す静的な平衡圧) の約7 mmHgに収束する⁶⁰⁾. この死後の血圧は、血液量が少ないとより低く、多いとより高くなる. 平均循環充満圧は、生前の右心系や左房の拡張圧より少し高いため、死後に右心系は拡張する⁶¹⁾. 例えば、生前の正常な上大静脈圧 (中心静脈圧) は4~7 mmHg (5~10 cmH₂O) で、上大静脈はCT上の水平断で楕円形を示すことが多いが、死後には必ず円形となる.

動脈壁の高吸収化

死後に血圧が平均循環充満圧まで低下すると、



Fig.7 Hypostasis in the heart
Postmortem CT of the thorax shows hyperattenuating fluid-level in the right atrium, right ventricle, and left ventricle.

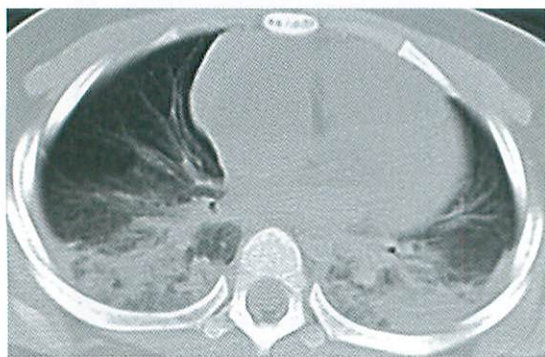


Fig.8 Hypostasis of the lungs
Postmortem CT of the lung shows increased attenuation in bilateral dependent lung.

動脈は収縮し、血管壁は厚く、密度も高くなるため、死後CT上、血管壁の高吸収化が起こる⁶²⁾. 血管壁の高吸収化は、気管分岐部レベル (~その1 cm 尾側) の上行大動脈で最も典型的に認める (Fig.9).

脳浮腫

脳梗塞の超急性期 (発生から1日以内) では細胞性浮腫、それ以降の急性期では細胞性浮腫と血管性浮腫が混在する⁶³⁾. 生きている人のCT上、超急性期脳梗塞の所見は、白質/灰白質のコントラスト低下、脳回の軽度腫脹による脳溝の不明瞭化である⁶³⁾. 死亡直後に撮影された死後CTは超急性期の全脳虚血状態に相当し、脳実質は正常~軽度脳浮腫所見を示す⁶⁴⁾. 死後半日以上が経過したような死後CTでは、白質/灰白質のコントラスト低下と脳溝の不明瞭化は増強し、脳室と脳溝が狭小化すると報告されている⁶⁵⁾ (Fig.10) が、蘇生後脳症のような低吸収 (Fig.11) にはならない. これは、死後には再灌流がないために血管性浮腫が生じにくい状態で自己融解が起こるためであろう⁶⁴⁾.

死後生検、造影死後CT、死後MRI

非外傷性死において、死後CTの死因確定率は決して高くない. 遺体に対して必要最小限の侵襲で、解剖に匹敵する情報を得る方法として、死後生検、造影死後CT、死後MRIがある.

死後生検

画像ガイド下に病変部位を選択的に針生検し、組織検体を得る方法である^{66,67)}. 癌死患者において、全身CT、MRI、そして超音波ガイド下生検 (太



Fig.9 Hyperattenuating aortic wall
Postmortem CT of the thorax shows hyperattenuating aortic wall.

さ12ゲージの針で心臓、両側肺、肝臓、両側腎臓、脾臓を生検)を組み合わせた minimally invasive autopsy (MIA)は、高い感度と特異度を示し、高い死因診断能を持つ⁶⁸⁾。



Fig.10 Postmortem brain
Delayed postmortem CT of the brain shows loss of distinction between gray matter and white matter, and decrease in sulcal size.

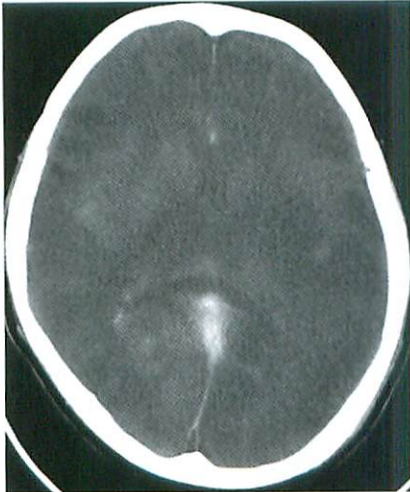


Fig.11 Cerebral postresuscitation syndrome
Postmortem CT of the brain shows hypoattenuation of the whole brain without visible ventricles or sulci.

造影死後CT

死後、経静脈的に造影剤を注入しても心臓を素通りしてしまい、大循環には流入しない²⁸⁾。この問題に対してベルン大学法医学教室は、大腿動、静脈のカニューレ後後に循環装置で造影剤を循環させて、死後血管造影を施行している⁶⁹⁻⁷¹⁾。この方法は血管系を詳細に描出するものの、解剖することが前提になっていないと施行することが難しい。心肺蘇生術の際に留置した輸液ルートから造影剤を注入しながら2分間胸骨圧迫すると、脳動脈、冠動脈を含む血管系が造影されることが最近わかり、日本の救急外来で施行され始めている (Fig.12)⁷²⁻⁷⁶⁾。しかし、小児における造影死後CTの正式な報告はまだない。

死後MRI

1990年にRosらは、摘出臓器ではなく遺体全体に対する最初の死後MRIの論文を出版した⁷⁷⁾。彼らは、遺体6例(死産児3例、幼児1例、大人2例)を0.15テスラの常伝導MRI装置で撮像し、MRI所見と解剖所見を対比した。対象人数は少なくMRI磁場強度も低い、この時点で既に以下を報告した。①MRIは解剖による肉眼病理を反映し、臨床的に重要な主病変の検出は解剖と同等である②体腔内のガス、液体の検出やその分布様式の把



Fig.12 Contrast-enhanced postmortem CT
Contrast-enhanced postmortem CT of the thorax shows aortic dissection. (Courtesy of Dr Namiko Sakamoto, Department of Critical Care and Emergency Medicine, National Hospital Organization Tokyo Medical Center)

握においては解剖より優れている ③解剖できる部位が制限されたり(特に頭部), 解剖自体が施行できない場合にはMRIが解剖の代替となりうる ④解剖が施行される場合にはMRIがそのガイド, 相補的役割を果たす。

MRIはCTと比較してコントラスト分解能に優れている。これにより, CTでは評価困難な脳幹梗塞, 頸髄浮腫や損傷, 肺動脈血栓塞栓, 虚血心筋, 肝損傷などが検出でき, 画像による死因確定率を上げることができる⁷⁸⁻⁸⁴⁾。

小児(胎児, 幼児)のみの死後MRIに関する報告は, 1995年にBrookesらの報告以降に複数出版さ



Fig.13 Cardiac anomaly
T2 weighted-image on postmortem MRI of the thorax shows ventricular septal defect.

れた⁸⁵⁻⁹³⁾。小児の死後MRIは大人のそれよりも早期から積極的に施行されてきた。その理由には, 大人と比べて, ①解剖の承諾を得ることが難しい ②小さいので解剖自体が難しいが, 小児専門解剖医が少ない ③小さいので搬送や撮像しやすい ④死因に奇形が多いので評価しやすい (Fig.13) が挙がる。

死後MRIは特に胎児の中枢神経系の評価に有用である。胎児の脳は水分が多いので軟らかくて壊れやすく, 解剖で無傷のまま取り出すことが難しいため, 水中で取り出したり, ホルマリン固定後に切り出したりする。死後MRIは解剖と比較し, 以下の点で優れている。①非侵襲 ②短時間で施行可能 ③永久保存可能 ④再現性があり, 客観的 ⑤全体を一目で把握可能 ⑥空気, 液体貯留の検出に優れる ⑦位置情報を保存したまま観察可能。

低温がMRI信号に与える影響

死後MRIで得た信号や組織間コントラストは, 生体におけるそれらとしばしば異なる。原因の一つは, 低温(死後変化と冷蔵庫保存による)である⁹⁴⁻⁹⁶⁾。例えば, 生体と同じ条件で死体頭部のFluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR)を撮像すると, 脳脊髄液の信号が抑制されない (Fig.14)。温度が低下するとT1値は短縮するので, 温度の低い脳脊髄液の信号を抑制するためには, T1値を小さくする必要がある。また, 生体と同じ

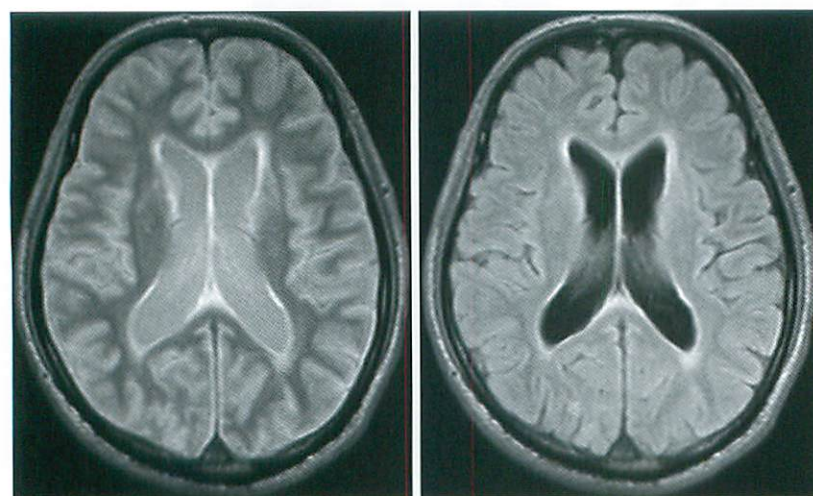


Fig.14
Cold fluid-attenuated inversion recovery (cold FLAIR)
a: The CSF signal is insufficiently suppressed at an inversion time of 2,300ms (setting the parameter for a FLAIR image of a living person).
b: The CSF signal is well suppressed when the inversion time is set at 1,500 to 1,700 ms.

条件でT2強調像を撮像すると、脂肪信号が抑制される。温度が低下すると、T2値は短縮するからである。読影の際には、死後経過時間や保存状態(できれば直腸温)を把握しておく必要がある。

死後超音波検査^{97, 98)}

超音波検査は、CTやMRIと比較すると、携帯できる機種があるほど機動性に優れ、しかも安価である。得られる情報は限られるものの、死体の検索で重要なのは死因となりうる所見なので、解剖時に肉眼で確認できる程度の形態的变化が評価できればよい。死後超音波検査で診断できる主な病態、状態には、心嚢水、胸水、腹水、心内腔拡張、心肥大、腹部大動脈瘤、大腿静脈血栓、脂肪肝、肝硬変、肝癌、胆石などである。小児の死亡原因は大人と異なるが、小児の死後超音波検査の正式な報告はまだない。また著者自身にも小児の死後超音波検査の経験がなく、その有用性に言及できない。

謝辞：「大和証券ヘルス財団研究助成金」の助成を受けた。

●文献

- Burton J, Underwood J : Clinical, educational, and epidemiological value of autopsy. *Lancet* 2007 ; 369 : 1471-1480.
- Thali MJ, Yen K, Schweitzer W, et al : Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) -a feasibility study. *J Forensic Sci* 2003 ; 48 : 386-403.
- Ezawa H, Yoneyama R, Kandatsu S, et al : Introduction of autopsy imaging redefines the concept of autopsy : 37 cases of clinical experience. *Pathol Int* 2003 ; 53 : 865-873.
- 塩谷清司, 菊地和徳, 早川秀幸, 他 : Autopsy imaging—日本医学放射線学会が日本医師会宛に提出した「死亡時画像診断に関する意見書」に沿った解説—。日獨医報 2008; 53: 440-464. http://www.bayer-diagnostics.jp/html/auth/publications/nichidoku_icho/2008_53_03/53_03_14.pdf
- Hayakawa M, Yamamoto S, Motani H, et al : Does imaging technology overcome problems of conventional postmortem examination? A trial of computed tomography imaging for postmortem examination. *Int J Legal Med* 2006 ; 120 : 24-26.
- 警察庁トピックス：犯罪死の見逃し防止に資する死因究明制度の在り方に関する研究会(第1～9回議事要旨, 資料) <http://www.npa.go.jp/topic/>
- 共同通信(2009年5月19日付)：Ai—遺体画像で事件暴く 死因究明の実績1800件. <http://www.47news.jp/CN/200905/CN2009051901000188.html>
- Virtopsy ホームページ : <http://www.virtopsy.com/>
- Victorian Institute of Forensic Medicine (VIMF) ホームページ : <http://www.vifm.org>
- Armed Forces Institute of Pathology (AFIP) ホームページ : <http://www.afip.org>
- Center for Medical Image Science and Visualization (CMIV) ホームページ : <http://www.cmiv.liu.se/>
- University College London Elizabeth Garret Anderson Institute for Women's Health ホームページ : http://www.instituteforwomenshealth.ucl.ac.uk/academic_research/neonatology/pmmri
- Oesterhelweg L, Thali MJ : Experiences with virtual autopsy approach worldwide. The virtopsy approach (1ed), Ed by Thali MJ, Dirnhofer R, Vock P. Boca Raton, CRC Press, 2009, p475-477.
- 高橋直也 : RSNA2008 トピックス「死亡時画像診断(Ai)・法医学画像関連レポート」～放射線科医の立場から～. *Rad Fan* 2009 ; 7 : 52-53.
- 阪本奈美子, 大橋教良, 濱邊祐一, 他 : 全国救命救急センターにおける死後画像取得の現状と課題についてのアンケート調査結果報告. *救急医学* 2009 ; 33 : 985-989.
- 日本医師会 死亡時画像病理診断(Ai = Autopsy imaging) 活用に関する検討委員会 : 死亡時画像病理診断(Ai)の実態の把握及び今後の死亡時医学検査の具体的な展開の方途について : http://dl.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20090401_4.pdf
- 大橋教良 : DOAの原因疾患の診断 : 死亡後CT撮影の有用性と問題点について. *日救急医学会誌* 1989 ; 10 : 604-605.
- 土田晋也, 山中龍宏, 土田里香, 他 : 死因が不明であったDOA 7症例の死後頭部CT像についての検討—乳幼児突然死の症例を中心に—. *小児科診療* 1995 ; 58 : 1091-1095.
- 白川洋一, 荻坂邦彦, 山下正人, 他 : 交通事故で急死した症例に対する死後全身CT撮影の意義. *日救急医学会誌* 1996 ; 7 : 273-280.
- 菅原俊祐, 水沼仁孝, 加藤弘毅, 他 : 死因推定におけるCT(Postmortem CT)の有用性. *臨床放射線* 2006 ; 51 : 845-850.
- 音見暢一, 金只賢治, 向所敬文, 他 : 来院時心肺

- 停止患者107例の死後CT撮影の検討. 臨床放射線 2008; 24: 514-518.
- 22) 杉村 宏, 矢野正美, 竹智義臣, 他: 心肺停止症例の死因検索におけるCTの有用性. 救急医学 2008; 32: 861-864.
 - 23) 高橋直也, 樋口健史, 塩谷 基, 他: 死後CT (オートブシー・イメージング) 360例における死後所見・心肺蘇生術後所見の検討. 臨床放射線 2008; 53: 1840-1845.
 - 24) 横田 元: 外傷性死の画像診断. 映像情報メディカル 2009; 41: 441-447.
 - 25) 高橋直也, 樋口健史, 塩谷 基, 他: 死後CT読影用チェックシートの開発と使用経験. 臨床放射線 2010; 55: 334-340.
 - 26) 新川慶明, 杉村 宏, 湯川修弘, 他: 溺死におけるCT所見の検討. 臨床放射線 2010; 55: 1147-1150.
 - 27) 西原圭祐, 杉原修司, 森岡伸夫, 他: オートブシーイメージングを施行した4例 - 死後CTと剖検との比較 -. 臨床放射線 2010; 55: 574-578.
 - 28) 塩谷清司, 早川秀幸, 菊地和徳, 他: オートブシー・イメージング - 死後画像所見は死因, 蘇生術後変化, 死後変化に大別される -. 画像診断 2010; 30: 106-120.
 - 29) Donchin Y, Rivkind AI, Bar-Ziv J, et al: Utility of postmortem computed tomography in trauma victims. J Trauma 1994; 37: 552-556.
 - 30) Farkash U, Scope A, Lynn M, et al: Preliminary experience with postmortem computed tomography in military penetrating trauma. J Trauma 2000; 48: 303-308.
 - 31) Aghayev E, Sonnenschein M, Jackowski C, et al: Postmortem radiology of fatal hemorrhage: measurements of cross-sectional areas of major blood vessels and volumes of aorta and spleen on MDCT and volumes of heart chambers on MRI. AJR Am J Roentgenol 2006; 187: 209-215.
 - 32) Hoey BA, Cipolla J, Grossman MD, et al: Postmortem computed tomography, "CATopsy", predicts cause of death in trauma patients. J Trauma 2007; 63: 209-215.
 - 33) Shiotani S, Shiigai M, Ueno Y, et al: Postmortem computed tomography findings as evidence of traffic accident-related fatal injury. Radiat Med 2008; 26: 253-260.
 - 34) Sochor MR, Trowbridge MJ, Boscak A, et al: Postmortem computed tomography as an adjunct to autopsy for analyzing fatal motor vehicle crash injuries: results of a pilot study. J Trauma 2008; 65: 659-665.
 - 35) Christie A, Ross S, Oesterhelweg L, et al: Abdominal trauma-sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings. J Trauma 2009; 66: 1302-1307.
 - 36) 小熊栄二, 相原敏則: 児童虐待の画像診断. 画像診断 2002; 22: 544-560.
 - 37) 小熊栄二: 小児例における読影のコツ. オートブシー・イメージング読影ガイド (初版), 大友 邦監修. 東京, 文光堂, 2009, p147-149.
 - 38) 小熊栄二: 院内: 小児. オートブシー・イメージングガイドライン (初版), 日本放射線科専門医会・医会Aiワーキンググループ, 社団法人日本放射線技師会Ai活用検討委員会編集. 東京, ベクトル・コア, 2009, p39-41.
 - 39) 第2回死因究明に資する死亡時画像診断の活用に関する検討会: 小児医療の現場からの問題提起 (相田先生提出資料)
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000000c011.html>
 - 40) 第3回死因究明に資する死亡時画像診断の活用に関する検討会: 第2回死因究明に資する死亡時画像診断の活用に関する検討会議事録
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000000i0yx.html>
 - 41) 日本小児科学会「子ども虐待診療手引き」
<http://www.jpeds.or.jp/guide/project.html#2>
 - 42) 犯罪からの子供の安全ホームページ: 虐待など意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用)
http://www.anzen-kodomo.jp/program/research/t_yamanaka.html
 - 43) Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, et al: Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. Forensic Sci Int 2004; 139: 31-48.
 - 44) Guyton AC, John EH: 肺循環, 肺水腫, 胸水. ガイトン臨床生理学 (1版), Guyton AC, John EH編 (監訳 早川弘一). 東京, 医学書院, 1999, p493-500.
 - 45) 厚生労働省ホームページ: 平成21年 (2009) 人口動態統計 (確定数) の概況
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei09/index.html>
 - 46) Oyake Y, Aoki T, Shiotani S, et al: Postmortem computed tomography for detecting causes of sudden death in infants and children: retrospective review of cases. Radiat Med 2006; 24: 493-502.
 - 47) Shiotani S, Ueno Y, Atake S, et al: Non-traumatic postmortem computed tomographic demonstration of cerebral gas embolism following cardiopulmonary resuscitation. Jpn J Radiol 2010; 28: 1-7.

- 48) Imanishi M, Nishimura A, Tabuse H, et al : Intracranial gas on CT after cardiopulmonary resuscitation : 4 cases. *Neuroradiology* 1998 ; 40 : 154-157.
- 49) Schlomp CJ, Loimer T, Rieger M, et al : The potential of venous air embolism ascending retrograde to the brain. *J Forensic Sci* 2005 ; 50 : 906-909.
- 50) Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, et al : Cardiovascular gas on non-traumatic postmortem computed tomography (PMCT) : the influence of cardiopulmonary resuscitation. *Radiat Med* 2005 ; 23 : 225-229.
- 51) Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, et al : Postmortem computed tomographic (PMCT) demonstration of the relation between gastrointestinal (GI) distension and hepatic portal venous gas (HPVG). *Radiat Med* 2004 ; 22 : 25-29.
- 52) Jackowski C, Sonnenschein M, Thali MJ, et al : Intrahepatic gas at postmortem computed tomography : forensic experience as a potential guide for in vivo trauma imaging. *J Trauma* 2007 ; 62 : 979-988.
- 53) Takahashi N, Higuchi T, Shiotani M, et al : Intrahepatic gas at postmortem multislice computed tomography in cases of nontraumatic death. *Jpn J Radiol* 2009 ; 27 : 264-268.
- 54) Yokota H, Yamamoto S, Horikoshi K, et al : What is the origin of intravascular gas on postmortem computed tomography? *Legal Med* 2009 ; 11 : 252-255.
- 55) Takahashi N, Satou C, Higuchi T, et al : Quantitative analysis of intracranial hypostasis : comparison of early postmortem and antemortem CT findings. *AJR Am J Roentgenol* 2010 ; 195 : 388-393.
- 56) 小林雅彦, 渡辺 慎, 高田 綾, 他 : 頭部CTにて外傷性頭蓋内出血と診断され, 剖検で否定された乳児CPA症例. *救急医学* 2003 ; 27 : 617-619.
- 57) 武市早苗 : 内因性急死. *臨床のための法医学* (第5版), 澤口彰子, 福永龍繁, 武市早苗編著. 東京, 朝倉書店, 2005, p37-46.
- 58) Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, et al : Postmortem intravascular high density fluid level (Hypostasis) : CT findings. *J Comput Assist Tomogr* 2002 ; 26 : 892-893.
- 59) Patriquin L, Kassarian A, Barish M, et al : Postmortem whole-body magnetic resonance imaging as an adjunct to autopsy: preliminary clinical experience. *J Magn Reson Imaging* 2001 ; 13 : 277-287.
- 60) Guyton AC, John EH : 心拍出量, 静脈還流, およびその調節. *ガイトン臨床生理学* (1版), Guyton AC, John EH編 (監訳 早川弘一). 東京, 医学書院, 1999, p241-253.
- 61) Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, et al : Dilatation of the heart on postmortem computed tomography (PMCT) : comparison with live CT. *Radiat Med* 2003 ; 21 : 29-35.
- 62) Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, et al : Hyperattenuating aortic wall on postmortem computed tomography (PMCT). *Radiat Med* 2002 ; 20 : 201-206.
- 63) 井田正博 : 脳血管障害. 新版よくわかる脳MRI (2版), 青木茂樹, 相田典子, 井田正博, 他編. 東京, 秀潤社, 2006, p180-199.
- 64) Takahashi N, Satou C, Higuchi T, et al : Quantitative analysis of brain edema and swelling on early postmortem computed tomography : comparison with antemortem computed tomography. *Jpn J Radiol* 2010 ; 28 : 349-354.
- 65) Sarwar M, McCormick WF : Decrease in ventricular and sulcal size after death. *Radiology* 1978 ; 127 : 409-411.
- 66) Farina J, Millana C, Fdez-Acenero MJ, et al : Ultrasonographic autopsy (echopsy) : a new autopsy technique. *Virchows Arch* 2002 ; 440 : 635-639.
- 67) Aghayev E, Thali MJ, Sonnenschein M, et al : Postmortem tissue sampling using computed tomography guidance. *Forensic Sci Int* 2007 ; 166 : 199-203.
- 68) Weustink AC, Hunink MGM, van Dijke CF, et al : Minimally invasive autopsy : an alternative to conventional autopsy? *Radiology* 2009 ; 250 : 897-904.
- 69) Jackowski C, Sonnenschein M, Thali MJ, et al : Virtopsy : postmortem minimally invasive angiography using cross section techniques-implementation and preliminary results. *J Forensic Sci* 2005 ; 50 : 1175-1186.
- 70) Grabherr S, Djonov V, Yen K, et al : Postmortem angiography : review of former and current methods. *AJR Am J Roentgenol* 2007 ; 188 : 832-838.
- 71) Ross S, Spendlove D, Bolliger S, et al : Postmortem whole-body CT angiography : evaluation of two contrast media solutions. *AJR Am J Roentgenol* 2008 ; 190 : 1380-1389.
- 72) 阪本奈美子, 妹尾聡美, 上村吉生, 他 : 造影死後CTを行ったCPAOAの1例. *日救急医学会誌* 2009 ; 30 : 114-115.
- 73) 阪本奈美子, 菊野隆明 : 14 急性大動脈解離(造影CT). *オートブシー・イメージング読影ガイド* (1版), 大友 邦監修. 東京, 文光堂, 2009, p78-79.
- 74) 横田 元, 藤本 肇 : 診療放射線技師のためのAi (Autopsy imaging) 入門 第7回 地方病院にお

- けるAiの実際—沼津市立病院の取り組み—, 日本放射線技師会雑誌 2009 ; 56 : 993-997.
- 75) 清水健太郎, 小倉裕司, 中堀泰賢, 他 : CTを用いた心肺蘇生時の胸骨圧迫による臓器血流に関する検討. 脳死・脳蘇生 2009 ; 21 : 63-66.
 - 76) 飯塚一則, 阪本奈美子, 川崎博司, 他 : CT装置を用いた造影死亡時画像診断の有用性の検討. インナービジョン 2009 ; 24 : 89-92.
 - 77) Ros PR, Li KC, Vo P, et al : Preautopsy magnetic resonance imaging : initial experience. Magn Reson Imaging 1990 ; 8 : 303-308.
 - 78) Bisset RAL, Thomas NB, Turnbull IW, et al : Post-mortem examinations using magnetic resonance imaging : four year review of a working service. BMJ 2002 ; 324 : 1423-1424.
 - 79) Roberts ISD, Benbow EW, Bisset R, et al : Accuracy of magnetic resonance imaging in determining cause of sudden death in adults: comparison with conventional autopsy. Histopathology 2003 ; 42 : 424-430.
 - 80) Shiotani S, Yamazaki K, Kikuchi K, et al : Postmortem magnetic resonance imaging (PMMRI) demonstration of reversible injury phase myocardium in a case of sudden death from acute coronary plaque change. Radiat Med 2005 ; 23 : 563-565.
 - 81) Yen K, Lovblad KO, Scheurer E, et al : Post-mortem forensic neuroimaging : correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. Forensic Sci Int 2007 ; 173 : 21-35.
 - 82) 塩谷清司, 仁科秀崇, 野口祐一, 他 : 12 陳旧性心筋梗塞・急性心筋梗塞, オートプシー・イメージング読影ガイド (1版), 大友 邦監修, 東京, 文光堂, 2009, p74-75.
 - 83) Jackowski C, Warntjes MJB, Berge J, et al : Magnetic resonance imaging goes postmortem : non-invasive detection and assessment of myocardial infarction by postmortem MRI. Eur Radiol 2011 ; 21 : 70-78.
 - 84) Cha JG, Kim DH, Kim DH, et al : Utility of post-mortem autopsy via whole-body imaging : initial observations comparing MDCT and 3.0T MRI findings with autopsy findings. Korean J Radiol 2010 ; 11 : 395-406.
 - 85) Brookes JA, Hall-Craggs MA, Sams VR, et al : Non-invasive perinatal necropsy by magnetic resonance imaging. Lancet 1996 ; 348 : 1139-1141.
 - 86) Hart BL, Dudley MH, Zumwalt RE : Postmortem cranial MRI and autopsy correlation in suspected child abuse. Am J Forensic Med Pathol 1996 ; 17 : 217-224.
 - 87) Woodward PJ, Sohaey R, Harris DP, et al : Postmortem fetal MR imaging : comparison with findings at autopsy. AJR Am J Roentgenol 1997 ; 168 : 41-46.
 - 88) Brookes JA, Deng J, Wilkinson ID, et al : Three-Dimensional Imaging of the Postmortem Fetus by MRI : Early Experience. Fetal Diagn Ther 1999 ; 14 : 166-171.
 - 89) Huisman TA, Wissner J, Stallmach T, et al : MR autopsy in fetuses. Fetal Diagn Ther 2002 ; 17 : 58-64.
 - 90) Whitby EH, Paley MN, Cohen M, et al : Post-mortem fetal MRI : What do we learn from it? Eur J Radiol 2006 ; 57 : 250-255.
 - 91) Cohen MC, Whitby E : The use of magnetic resonance in the hospital and coronial pediatric post-mortem examination. Forensic Sci Med Pathol 2007 ; 3 : 289-296.
 - 92) Thayyil S, Cleary JO, Sebire NJ, et al : Post-mortem examination of human fetuses : a comparison of whole-body high-field MRI at 9.4T with conventional MRI and invasive autopsy. Lancet 2009 ; 374 : 467-475.
 - 93) Sieswerda-Hoogendoorn T, van Rijn RR : Current techniques in postmortem imaging with specific attention to paediatric applications. Pediatr Radiol 2010 ; 40 : 141-152.
 - 94) Tofts PS, Jackson JS, Tozer DJ, et al : Imaging cadavers : cold FLAIR and noninvasive brain thermometry using CSF diffusion. Magn Reson Med 2008 ; 59 : 190-195.
 - 95) Kobayashi T, Shiotani S, Kaga K, et al : Characteristic signal intensity changes on postmortem magnetic resonance imaging of the brain. Jpn J Radiol 2010 ; 28 : 8-14.
 - 96) Kobayashi T, Isobe T, Shiotani S, et al : Postmortem magnetic resonance imaging dealing with low temperature objects. Magn Reson Med Sci 2010 ; 9 : 101-108.
 - 97) 内ヶ崎西作 : 画像診断と死亡時医学検案5 超音波画像診断の応用について. モダンメディア 2008 ; 54 : 347-352.
http://www.eiken.co.jp/modern_media/contents/2007.html
 - 98) 内ヶ崎西作, 船山一寿 : 死因究明への超音波画像診断の応用について. 法医病理 16 ; 103-108, 2010.