

## CQ20. 体内ガスの検出・定量に死後画像を用いることは有用か？

## 推奨グレードC1

死後 CT で体内の様々な部位の異常なガスを検出し、検討した報告がある。体内ガスの存在診断は剖検に比べて容易であり、3D 再構成の手法を用いることで体積を測定することも可能である。血管内ガスは空気塞栓症を疑わせるが、分布やガスの量、死後の経過時間等から慎重に判断する必要がある。腹腔内ガスは消化管穿孔の存在を示す間接所見となるが、死後変化（自家融解）による胃穿孔を鑑別する必要があり注意を要する。体内ガスの検出による死後経過時間の推定は困難である。

## 解説

## (背景)

死後 CT で体内の様々な部位に異常なガスを確認したという報告がある。肝臓、腎臓、脾臓、膵臓などの実質臓器（血管）内ガス[1, 2]、大動脈、心腔内、冠動脈などの血管内ガス[2-6]及び頭蓋内気腫、縦隔気腫、気胸、腹腔内気腫、後腹膜気腫[4, 5, 7]といった体腔内ガスが良好に描出される。

## (非外傷性死について)

非外傷性死における血管内ガスの成因は腐敗によるものと心肺蘇生術によるものがあるとされている[1]。

腐敗は死亡直後から始まり、発生したガスは腹部臓器に均一に分布を示し、臓器内ガスの分布から死後経過時間を推定することは難しい[1]。ただ、腐敗所見が死後 CT に現れるまで1-2日程度かかるため、死後1日以上 of 遺体に認められる血管内ガスは腐敗の影響を考慮する必要があると述べる報告もある[2]。死後数時間の CT で血管内ガスを腐敗と診断した報告[3]もあるが、ガス分析は行われていない。

心肺蘇生術による臓器内ガスは肝臓、腎臓への貯留に相関すると報告されている[1]。また、心肺蘇生術によって発生した心血管内ガスが逆行性に脳静脈内に流入すると考察している報告がある[3]。

事件・事故に関連して、人為的に血管内にガス（酸素）を注入し、全身の血管内ガス、大量の皮下気腫、縦隔気腫、気胸、腹腔内気腫、後腹膜気腫が死後 CT で明瞭に検出されたという報告がある[5, 6]。さらに3D再構成の手法を用いると、全体像の把握が容易となり、ガスの体積を定量することも可能である[6, 7]。また、四肢の動脈内ガス注入、静脈内ガス注入においても注入量・注入速度によっては死因となる可能性を示唆する報告がある[8]。

腹腔内気腫（遊離ガス）は消化管穿孔の間接所見として有用であるが[9, 10]、死後 CT では自家融解による胃穿孔を来す場合があり、診断には注意が必要である。死後 CT では腐敗を示す所見、腹膜炎所見を欠く場合、腹腔内遊離ガスは死後変化による胃穿孔の可能性もある[10]。

（外傷性死について）

外傷性死においては胸部外傷後に動脈空気塞栓症を来した症例が多く報告されており、外傷性肺胞-肺静脈瘻が主な原因とされている[4]。また、頭頸部外傷は静脈空気塞栓症の原因となると報告されている[7]。卵円孔開存や肺動静脈瘻などの右左シャントを有する場合、静脈内ガスは体循環に流入し、動脈空気塞栓症（奇異性塞栓症）を来すことがある[5, 6]。これらの動脈空気塞栓症は死因となる可能性があり、血管内ガスの検出は死因推定の助けになる。死後経過時間の推定は困難である[1]。

#### 検索式、参考にした二次資料

?? Pubmed で postmortem CT、pneumoperitoneum、free gas のキーワードを用いて過去 10 年の検索を行った。検索された論文の参考文献から有用と思われる論文を追加で参考にした。

#### 文献

1. (066) Ishida M, Gonoi W, Hagiwara K, Takazawa Y, Akahane M, Fukayama M, Ohtomo K. Intravascular gas distribution in the upper abdomen of non-traumatic in-hospital death cases on postmortem computed tomography. *Leg Med (Tokyo)*. 2011 Jul;13(4):174-9. (レベル V)
2. (140) Jackowski C, Sonnenschein M, Thali MJ, Aghayev E, Yen K, Dirnhofer R, Vock P. Intrahepatic gas at postmortem computed tomography: forensic experience as a potential guide for in vivo trauma imaging. *J Trauma*. 2007 Apr;62(4):979-88. (レベル IVb)
3. (229) Shiotani S, Ueno Y, Atake S, Kohno M, Suzuki M, Kikuchi K, Hayakawa H. Nontraumatic postmortem computed tomographic demonstration of cerebral gas embolism following cardiopulmonary resuscitation. *Jpn J Radiol*. 2010 Jan;28(1):1-7. doi: 10.1007/s11604-009-0372-x. Epub 2010 Jan 30. (レベル IVb)
4. (073) Brook OR, Hirshenbaum A, Talor E, Engel A. Arterial air emboli on computed tomography (CT) autopsy. *Injury*. 2012 Sep;43(9):1556-61. (レベル V)
5. (223) Laurent PE, Coulange M, Desfeux J, Bartoli C, Coquart B, Vidal V, Gorincour G. Post-mortem computed tomography in a case of suicide by air

- embolism. *Diagn Interv Imaging* (2013) 94, 460-462. (レベルV)
6. (224) Makino Y, Shimofusa R, Hayakawa M, Yajima D, Inokuchi G, Motomura A, Iwase H. Massive gas embolism revealed by two consecutive postmortem computed-tomography examinations. *Forensic Sci Int* 231 (2013) e4–e10. (レベルV)
  7. (171) Jackowski C, Thali M, Sonnenschein M, Aghayev E, Yen K, Dirnhofer R, Vock P. Visualization and quantification of air embolism structure by processing postmortem MSCT data. *J Forensic Sci.* 2004 Nov;49(6):1339-42. (レベルV)
  8. (228) Inoue H, Ikeda N, Tsuji a, Kudo K. Cranial computed tomograms of arterial and venous cerebral air embolism. *Fukuoka Acta Med* 96, 326-330, 2006. (レベルV)
  9. (214) Dedouit F, Mallinger B, Guilbeau-Frugier C, Rouge D, Rousseau H, Telmon N. Lethal visceral traumatic injuries secondary to child abuse: a case of practical application of autopsy, radiological and microscopic studies. *Forensic Sci Int* 2011; 206:e62-66. (レベルV)
  10. (096) O'Donnell CJ, Baker MA. Postmortem CT findings of gastromalacia: a trap for the radiologist with forensic interest. *Forensic Sci Med Pathol.* 2010 Dec;6(4):293-7. (レベルV)

CQ21 心肺蘇生術による肋骨骨折の判定に死後画像を用いることは有用か？

推奨グレード C1

非外傷性心停止症例では有用である。単純 X 線写真では不十分であり、CT が優れている。特に MPR・3D による肋骨骨折の質的診断、部位診断により、他の外因による肋骨骨折との鑑別が可能な場合がある。

心停止 (Cardiac arrest) に対する心肺蘇生術 (Cardio pulmonary resuscitation: CPR) には胸骨圧迫 (Chest compression) が必須であり、その際には仰臥位の傷病者に対して胸骨を垂直方向に 5cm の深さまで圧迫することが求められている (成人の心停止)。この胸骨圧迫の合併症として肋骨骨折 (含む胸骨骨折) が生じることが知られている。その発生率は報告によりさまざまである。

胸骨圧迫による肋骨骨折に特徴的な所見は Buckle fracture と呼ばれる、内側あるいは稀に外側の皮質骨のみが骨折し、他方の連続性は保たれている不完全型骨折がしばしば見られることである。その部位は 95% が第 2~7 肋骨の前方型骨折であり、特に後方型骨折を見た場合は胸骨圧迫以外の外力による骨折であると考えべきである。evidence level V<sup>1)</sup>

また CT における Buckle fracture<sup>1</sup> の診断率は autopsy よりも高く evidence level IV<sup>2)</sup>、単純 X 線撮影では autopsy に及ばない。evidence level V<sup>3)</sup>

[検索式、参考にした二次資料]

PubMed で、postmortem CT、CPR、rib fracture、autopsy のキーワードを用いて、過去 10 年間の検索を行った。検索された論文の参考文献で、有用と思われる論文を追加で参考にした。また、胸骨圧迫後の蘇生例における検討も参考とした。

[文献]

1. Kyung-moo Yang, Matthew Lynch, Chris O'Donnell. "Buckle" rib fracture: An artifact following cardio-pulmonary resuscitation detected on postmortem CT. *Legal Medicine*. 2011; 13: 233-9.
2. Smekal D1, Hansen T, Sandler H, Rubertsson S. Comparison of computed tomography and autopsy in detection of injuries after unsuccessful cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2013; 84: 357-60.
3. Lederer W1, Mair D, Rabl W, Baubin MF. Frequency of rib and sternum fractures associated with out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation is underestimated by conventional chest X-ray. *Resuscitation*. 2004; 60: 157-62.

## CQ22 心肺蘇生術による臓器損傷の判定に死後画像を用いることは有用か？

## 推奨グレード C1

非外傷性心停止症例では有用である。胸骨圧迫による胃破裂による腹腔内ガス、気胸が読影可能で、肝損傷および脾損傷は造影 CT が有用である。

肝損傷および脾損傷による腹腔内出血は autopsy までに増加し死因診断に影響を与えるため、死亡判定早期に CT 撮影を行うことを推奨する。

胸骨圧迫による少量の心嚢内・縦隔内出血を突然死の原因としてはいけない。

心停止 (Cardiac arrest) に対する心肺蘇生術 (Cardio pulmonary resuscitation: CPR) には胸骨圧迫 (Chest compression)、陽圧式人工呼吸が必須であり、心拍再開後に明らかとなった臓器損傷に関しては多くの報告がある<sup>1)2)</sup>。胸部では心膜損傷・心損傷によって心タンポナーゼ、肺損傷によって気胸を来したという報告があり、腹部では胃穿孔、および肝損傷・脾損傷による腹腔内出血などの報告がある。手術後の臓器損傷による死亡に対して死後の造影 CT を行うことにより出血病変が明確になったという報告があり<sup>3)</sup>、造影 CT は胸骨圧迫による実質臓器損傷と一次損傷との鑑別にも有用である。

胸骨圧迫による臓器損傷は通常大量の出血を伴わない。外傷性心停止症例において、死後早期の CT では見られなかった腹腔内出血が、autopsy 時に著しく増加していたという報告があり、生前の損傷との鑑別のためには早期の CT 撮影を推奨する<sup>4)</sup>。

## [検索式、参考にした二次資料]

PubMed で、postmortem CT、CPR、injury、complication、autopsy のキーワードを用いて、過去 10 年間の検索を行った。検索された論文の参考文献で、有用と思われる論文を追加で参考にした。

## [文献]

1. Meron G, Kurkciyan I, Sterz F, Susani M, Domanovits H, Tobler K, Bohdjalian A, Lagner AN. Cardiopulmonary resuscitation-associated major liver injury. Resuscitation. 2007;75: 445-53.
2. Miller AC, Rosati SF, Suffredini AF, Schrumpp DS. A systematic review and pooled analysis of CPR-associated cardiovascular and thoracic injuries. Resuscitation. 2014 Feb 10.
3. J.-B. Zerlauth, F. Doenz, A. Dominguez, C. Palmiere, A. Uske', R. Meuli, S. Grabherr. Surgical interventions with fatal outcome: Utility of multi-phase postmortem CT angiography. Forensic Science International. 2013; 225: 32-41.
4. Miyamori D, Ishikawa N, Akasaka Y, Yamada K, Ikegaya H. Temporal evolution in peritoneal hemorrhage as depicted by postmortem CT. J Forensic Leg Med. 2013; 20: 548-50.

CQ23 検案時に死後画像を用いることは有用か？

推奨グレード：C2

死後画像のみで死因診断ができる場合があり、有用である。  
外的要因の関与の判断にも有用であり、検案のみではわからない外傷、異物を発見できる。  
一方で死後 CT には見落としやすい病態も数多くあり、注意が必要である。

### 解説

日本の異状死体の解剖率は 10%程度に留まっており、これは欧米諸国のそれと比較して極めて低い (1, 2)。検視官による検視および医師による検案の段階で、病死と判断され事件性なしと判断された場合は解剖が行われることは少ない (1)。しかしながら現場の状況や外表検査のみで見落とされている病態や外傷等もあり、その診断に死後画像が有用であると考えられている (1)。

#### (死後画像による死因診断率)

死後画像所見と解剖を対比した研究によると、外傷死では 80%以上の死因が診断でき、内因死においては 30%程度が診断可能である (2)。内因死では主に出血性疾患 (脳出血、くも膜下出血、大動脈解離、腹部大動脈瘤破裂など) が診断できる (2) が、CT 像から内因か外因かわからない出血もあり (1)、死後 CT 画像を読影するのは法医学的知識のある医師がよい (1) とされる。

#### (外的要因関与の見逃し防止)

Iwase らによると、検視時に事件性なしとされた 80 事例を CT 撮影し、うち 10 例に外因との関与を認めた (1)。これら外的要因関与事例の見逃し防止に CT が有用である (1)。薬物過量内服例においては、外表には所見が認められない場合であっても、死後 CT で胃内のスクリーニングと記録に有用であり、その場合胃に沈殿した高吸収層 (100HU 以上) として示される (3)。また、外表からは判断できない喉頭の異物の同定が可能となり (4, 5, 6)、誤嚥による窒息例の見逃しを防止することができる。

#### (感染症事例における解剖回避)

ハイリスク感染症 (HIV や HCV 陽性例) においては、迅速な中毒検査と適切な死後 CT の運用 (撮影, 読影) により、解剖を減らすことができる (4)。

(他の検査との併用)

CT 画像のみでの死因診断の確率は低いものの (1), 死後画像に, 造影 CT や組織採取検査を組み合わせることにより, 死因診断率が格段に向上することが知られている (7)。Bollinger らは, 単純 CT+造影 CT+生検の組み合わせで 90%以上診断可能という (7)。また, 臨床情報やカルテ情報を追加すると診断率が高まるとされる (8)。しかしながら我が国の制度上, 組織採取や死後造影には解剖と同じく裁判所の許可状が必要となってくる (1)。

(CT で見落としやすいまたは診断不可能な病態)

死後 CT 画像では診断できない疾患として, 虚血性心疾患, 中毒, 代謝性疾患, 炎症性疾患があり (1), 見落としやすい病態としては, 頸髄損傷, 心破裂, 管腔臓器損傷, 横隔膜損傷, 縦隔血腫などが挙げられる (1)。解剖における重要所見を CT で判断できなかった事例としては, 冠動脈狭窄, 冠動脈血栓, 肺動脈血栓, 気管支拡張症, 肺気腫, 肝挫傷, 脾挫傷, 誤嚥, 小結節性肝硬変, 頭蓋底骨折, 食道・十二指腸潰瘍などがあり (9), 解剖後の病理組織検査ではじめて発見された癌, 白血病, サルコイドーシス, 気管支肺炎, 結核 (9) もある。

(解剖で見落としやすい, 重要な CT 所見)

CT で診断できたにもかかわらず, 解剖で見落とされた所見としては骨折 (四肢, 骨盤, 顔面), 気胸, 骨転移, 胸水, 皮下気腫などがある (8)。

(胎児死亡の死後画像所見)

胎児死亡例の死因診断には, 脳奇形の診断に限り MRI が有用であるという報告がある (10)。

検索式 PubMed 2014/2/25

#1 Search (postmortem CT) OR (postmortem computed tomography)

#2 Search (causes of death) AND (autopsy)

#3 Search (#1) AND (#2)

#4 Search (#3) AND English[Language] Filters: published in the last 10 years

検索結果 196

#5 (#4) AND (external examination)検索結果 5

#6 (#4) AND (choking)検索結果 7

医中誌

(死後 CT) OR (死後画像) 検索結果 292

## 文献

- [1] H. Iwase, D. Yajima, M. Hayakawa, S. Yamamoto, H. Motani, A. Sakuma, S. Kasahara, and H. Ito, "Evaluation of computed tomography as a screening test for death inquest.," *J. Forensic Sci.*, vol. 55, no. 6, pp. 1509-15, Nov. 2010.
- [2] 塩谷 清司, 河野 元嗣, 菊地 和徳, 早川 秀幸死後 CT、死後 MRI を用いたオートプシーイメージングによる死因スクリーニング その利点、欠点. 大和証券ヘルス財団研究業績集 35 号 Page16-20. 2012.  
<http://www.daiwa-grp.jp/dsh/results/37/>
- [3] M. P. Burke, C. O' Donnell, and R. Bassed, "The use of postmortem computed tomography in the diagnosis of intentional medication overdose.," *Forensic Sci. Med. Pathol.*, vol. 8, no. 3, pp. 218-36, Sep. 2012.
- [4] L. Oesterhelweg, S. a Bolliger, M. J. Thali, and S. Ross, "Virtopsy: postmortem imaging of laryngeal foreign bodies.," *Arch. Pathol. Lab. Med.*, vol. 133, no. 5, pp. 806-10, May 2009.
- [5] M. Iino and C. O' Donnell, "Postmortem computed tomography findings of upper airway obstruction by food.," *J. Forensic Sci.*, vol. 55, no. 5, pp. 1251-1258, 2010.
- [6] Y. Thali, S. Bolliger, G. M. Hatch, G. Ampanozi, M. J. Thali, and T. D. Ruder, "Death by biscuit--exhumation, post-mortem CT, and revision of the cause of death one year after interment.," *Leg. Med. (Tokyo).*, vol. 13, no. 3, pp. 142-4, May 2011.
- [7] S. a Bolliger, L. Filograna, D. Spendlove, M. J. Thali, S. Dirnhofer, and S. Ross, "Postmortem imaging-guided biopsy as an adjuvant to minimally invasive autopsy with CT and postmortem angiography: a feasibility study.," *AJR. Am. J. Roentgenol.*, vol. 195, no. 5, pp. 1051-6, Nov. 2010.
- [8] A. E. Owais, T. R. Wilson, S. a Khan, J. Jaidev, I. Renwick, C. Mitchell, and J. Macfie, "Could pre-mortem computerised tomography scans reduce the need for coroner's post-mortem examinations?," *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, vol. 92, no. 5, pp. 422-4, Jul. 2010.



- [9] P. M. Leth, "Computerized tomography used as a routine procedure at postmortem investigations.," *Am. J. Forensic Med. Pathol.*, vol. 30, no. 3, pp. 219–22, Sep. 2009.
- [10] S. Thayyil, "Less invasive autopsy: an evidenced based approach.," *Arch. Dis. Child.*, vol. 96, no. 7, pp. 681–7, Jul. 2011.

CQ24 剖検時に死後画像を用いることは有用か?

推奨グレード：C2

剖検により消失する所見、ガスの量と配置など、また、骨格など全身検索が剖検では困難な場合、画像は有用と考えられる。

死後画像から感染等、死体の取扱、特に解剖の際に安全上重要な所見が得られれば、設備・装備に検討を加える事が出来る。

骨の形状、整形外科手術の痕跡等個人識別に有用な骨所見が得られる場合がある。その情報は、解剖時に詳細な検索を可能とする。

死後画像の有用性の評価と共に、解剖に対する評価も行われている。画像診断が解剖の代替になるかと議論の一方、画像と解剖を組み合わせることにより一層の価値があるとの評価がある。

### 解説

解剖を前提とした、死後画像の活用が有用かどうかについて検討している文献は、少なく、経験やコメントとしての記載のみであることがある。

1. ギザギザの弾丸や折れた骨、結核などの感染巣を示す所見は、解剖前画像として有用で有る。服装、装備など安全性や質を担保した解剖に必要な準備が可能となる。(177)
2. 骨格など法人類学的に有意義な情報を得ることが出来る。(136)

### 検索式

文献.

136 Dedouit F, Telmon N, Guilbeau-Frugier C, Gainza D, Otal P, Joffre F, Rougé D. Virtual autopsy and forensic identification-practical application: a report of one case. *J Forensic Sci.* 2007 Jul;52(4):960-4. Epub 2007 Jun 6

177 Rutty GN, Swift B. Accuracy of magnetic resonance imaging in determining cause of sudden death in adults: comparison with conventional autopsy. *Histopathology.* 2004 Feb;44(2):187-9.

## CQ25

CQ25 窒息による死亡の判定に死後画像を用いることは有用か？

推奨グレード 状態評価 C1

死因判定 C2B

窒息死のうち、気道内腔の閉塞や外頸部の圧迫による死亡に対する死後画像検査には一定の有用性が示されている。死後 CT・MRI にて気道内の異物や腫瘍の有形物、頸部軟部組織の出血、骨・軟骨の骨折を描出することが可能であり、窒息死の判定に有用なことがある。必要に応じて再構成画像を用いることで更なる診断能の向上が期待できる。また、窒息の原因となりうる死後画像所見を明らかにすることは、その後の解剖の補佐的な役割を果たすと考えられる。但し、窒息死には犯罪の関与が疑われる事例もあり、死亡時の状況や外表所見、加害者の供述等を参考にして多角的・総合的な評価が必要な場合もある。

解説

(窒息の定義)

法医学上の窒息は、主として特に断りがない場合、外呼吸(気道入口部から肺胞まで酸素を取込み、肺胞での血液とのガス交換までの過程)が機械的に障害された状態である外窒息と定義される。機械的外窒息は以下のように分類され、特に機械的窒息は主として 1)-5)のことを指す。

- 1) 鼻口部の閉塞
- 2) 上気道内腔の閉塞
- 3) 外頸部の圧迫(縊頸・絞頸・扼頸)
- 4) 末梢気道の閉塞(溺死など)
- 5) 呼吸運動の障害(胸腹部圧迫、気胸など)
- 6) 吸入する空気の異常や酸素欠乏(下水道での作業中事故など)
- 6) 吸入する空気の異常や酸素欠乏(下水道での作業中事故など)

本稿では 2),3),5)の死後画像について述べる。なお、4)の溺死に関する死後画像については CQ11 を参照されたい。

(上気道内腔閉塞の死後画像)

鼻腔～気管内腔を占拠する異物や腫瘍といった窒息を来す有形物が死後 CT・MRI にて同定された報告がある[1-8]。例えば、Iino らは咽頭～喉頭内[1]、Oesterhelweg らは喉頭内[2]、Aquila らは気管内[3]の気道閉塞を来す異物を死後 CT にて同定したことを報告している。また Thali らは、死後 1 年間埋葬された腐敗死体に対する CT 検査を行ったところ気道内異物が認められ、結果として死因が覆った事例を報告している[4]。

異物以外に、腎癌の気管支内転移[5]や結核の咯血[6]といった病変や症状が窒息の原因となった可能性が死後 CT によって示された報告もある。また、顎下部の致死的な重症感染症である Ludwig angina で軟部組織の腫脹による上気道閉塞が死後 CT で明らかとなった症例も報告さ

れている[7]。

気道閉塞を来した有形物に対する死後 CT の撮像スライス厚は報告によって 0.5-2mm など様々である[1,2,9]。必ずしも極端に薄いスライス厚にする必要はないと考えられるが、矢状断や冠状断、3D 画像などの再構成画像の作成に対応できる画像を得るため最低 5mm、できれば 1-2mm のスライス厚での撮像が望ましいと考える。また、窒息を来す有形物の性状評価、異物と病変の鑑別においては、非造影 CT で CT 値の差を用いた評価では難しい場合があるが[2,4]、造影 CT や MRI により付加的な情報が得られる可能性がある[2]。

死後 CT・MRI によって、外表所見からは判別不能な気道内の状態を評価することができ、気道閉塞を来す異物や腫瘤などの有形物のスクリーニングに一定の有用性が認められる。解剖の際に偏位しうる有形物の状態を客観的に評価できる。しかしながら、死後 CT にて異物などでの気道閉塞による窒息が疑われた際、安易にそれを死因と推定することは注意しなければならない。例えば、新生児の鼻口部を手で塞いで殺害した後に口腔内に葉を詰めた事例が報告されている[9]。また、場合によっては死戦期の胃や食道からの残渣逆流、遺体の体位変換に伴う気道内有形物の移動、死後の故意的な有形物抜去なども考慮にいれる必要考えられがある。窒息死を装った犯罪の関与が疑われる事例、中毒学的検査が必要となる事例などがあり、窒息死の診断には死後画像以外の情報や証拠を合わせた多角的・総合的な評価が不可欠である。

#### (外頸部圧迫の死後画像)

縊頸(索状物により自己の体重で頸を圧迫)・絞頸(頸に巻いた索状物を手などで引っ張って頸を圧迫)・扼頸(索状物を使わず、手や足で頸を圧迫)に分類される外頸部の機械的圧迫において、死に至る主因は頸部血管の閉塞に伴う脳への血流・酸素供給遮断である。外頸部の機械的圧迫による窒息の画像診断では、頸部の軟部組織や骨・軟骨の評価が主体となる。これらに関する報告がいくつか見られる。

縊頸の死後画像所見として、SohailらはCTにて甲状軟骨の骨折と喉頭浮腫[10]を、DubangらはMRIにて声帯内転と声門閉鎖[11]を認めたことを報告している。Aghayevらは絞頸・扼頸でCTによる舌骨・甲状軟骨の骨折とMRIによる後輪状披裂筋の出血を同定した[12]。さらに、Kempterらは縊頸・絞頸による死亡例の75%で甲状軟骨・舌骨・輪状軟骨の骨折をCTで認めたと報告している[13]。なお、外頸部圧迫により死に至る機序として気道の閉塞は必須ではなく、環椎・軸椎の骨折は必ずしも認められない[10]。

また、生前・生存症例に対する外頸部圧迫の MRI 所見も参考になる。Christeらは扼頸の頸部皮下・筋肉内の出血[14]、Yen らは絞頸の皮下・筋内・リンパ節内・唾液腺内の出血、喉頭浮腫、咽頭・喉頭内の血腫[15]を認めたと報告している。

頸部の評価においては CT・MRI の長所短所がある。CT は骨・軟骨の評価に優れ、再構成画像で複数の断面を合わせることでさらに診断能が高まる。しかし、MRI で小さな骨折を同定することは必ずしも容易ではない。一方、軟部組織の評価には組織コントラストが明瞭な MRI が推奨され[15]、CT では評価困難なことがある[13]。MRI で同定しうるわずかな出血などの軽微な所見が診

断に有益であることもあり、撮像シーケンスの選択には脂肪抑制画像を組み合わせるなどの工夫も必要である[12,15]。

死後画像にて外顔部圧迫による窒息を示唆する所見が乏しい際、死因としての窒息を除外できるわけではないという認識は重要である。死亡時の状況や外表所見、剖検所見を合わせ、複合的に診断することが求められる。

#### (呼吸運動障害の死後画像)

伊藤らは、トラックと運搬車の間に体幹部を挟まれ、胸腹部圧迫に伴う呼吸運動障害により窒息死した症例を報告している[16]。死後 CT では十二指腸周囲の少量出血や大動脈・下大静脈の扁平化を認め、外表所見である眼瞼の溢血斑や現場の情報と合わせ死因判断が下された。

#### (その他)

窒息死の法医学的な外表所見である死斑や顔面・眼の溢血点などは死後画像検査で評価することは難しい。縊頸に伴う頸部の索溝は深いものであれば VR(volume rendering)などの再構成画像を参考に評価できる可能性が示されている[17]。また、内景所見として、肺・肝・腎・脳などの諸臓器が窒息に伴ってうっ血となるが、これらを検討した死後画像に関する研究は現在のところ報告されていない。また機械的窒息のうち、鼻口部閉塞による窒息を評価する死後画像の有用性は明らかになっていない。さらに一酸化炭素などの化学的窒息・内窒息(死因としては中毒に分類される)や酸素欠乏による外窒息も死後画像による判定ができない。

#### 検索式

PubMed で、postmortem, forensic, CT, computed tomography, MRI, magnetic resonance imaging, asphyxia, asphyxiation, suffocation, choking, smothering, airway obstruction のキーワードを用いて検索した。また、オートプシー・イメージングガイド、Autopsy Imaging(オートプシー・イメージング)症例集を参照した。

#### 文献

1. Iino M et al. Postmortem computed tomography findings of upper airway obstruction by food. J Forensic Sci. 55:1251-1258, 2010(レベルV)
2. Oesterhelweg L et al. Virtopsy: postmortem imaging of laryngeal foreign bodies. Arch Pathol Lab Med. 133:806-810, 2009(レベルV)
3. Aquila I et al. Virtopsy versus autopsy in unusual case of asphyxia: case report. Forensic Sci Int. 229:e1-5, 2013(レベルV)
4. Thali YA et al. Death by biscuit--exhumation, post-mortem CT, and revision of the cause of death one year after interment. Leg Med (Tokyo). 13:142-44, 2011(レベルV)
5. Takahashi N et al. Multiple lung tumors as the cause of death in a patient with

- subarachnoid hemorrhage: postmortem computed tomography study. *Jpn J Radiol.* 27:316-319, 2009. (レベルV)
6. Hamano J et al. Postmortem computed tomographic (PMCT) demonstration of fatal hemoptysis by pulmonary tuberculosis--radiological-pathological correlation in a case of rupture of Rasmussen's aneurysm. *Radiat Med.* 22:120-122, 2004(レベルV)
7. Lee WI et al. Post-mortem CT findings in a case of necrotizing cellulitis of the floor of the mouth (Ludwig angina). *Forensic Sci Med Pathol.* 10:109-113, 2014(レベルV)
8. Iwase H et al. Evaluation of computed tomography as a screening test for death inquest. *J Forensic Sci.* 55:1509-1515, 2010(レベルV)
9. Ruddy GN et al. The use of post-mortem computed tomography in the investigation of intentional neonatal upper airway obstruction: an illustrated case. *Int J Legal Med.* 124:641-645, 2010(レベルV)
10. Sohail S et al. Postmortem computed tomography for diagnosis of cause of death in male prisoners. *J Pak Med Assoc.* 60:4-8, 2010(レベルV)
11. Duband S et al. Study of endolaryngeal structures by videolaryngoscopy after hanging: A new approach to understanding the physiopathogenesis. *Forensic Sci Int.* 20:48-52, 2009(レベルV)
12. Aghayev E et al. Virtopsy hemorrhage of the posterior cricoarytenoid muscle by blunt force to the neck in postmortem multislice computed tomography and magnetic resonance imaging. *Am J Forensic Med Pathol.* 27: 25-29, 2006(レベルV)
13. Kempter M et al. Post-mortem imaging of laryngo-hyoid fractures in strangulation incidents: First results. *Leg Med (Tokyo).* 11:267-271, 2009(レベルV)
14. Christie A et al. Can MRI of the neck compete with clinical findings in assessing danger to life for survivors of manual strangulation? A statistical analysis. *Legal Medicine* 12:228-232, 2010(レベルIV)
15. Yen K et al. Clinical forensic radiology in strangulation victims: forensic expertise based on magnetic resonance imaging (MRI) findings. *Int J Legal Med.* 121:115-123, 2007(レベルV)
16. 高橋直也、塩谷清司編、Autopsy Imaging(オートプシー・イメージング)症例集、ベクトル・コア、102、2012(レベルV)
17. 大友邦監修、オートプシー・イメージング読影ガイド、文光堂、82-83、2009(レベルVI)

# 小児死後画像

1 ++++++

2 小児期死亡の状況、成人との死因の違いは何か？

3 **推奨グレード A?**

4 小児期の死亡は年間 5,000 件弱で全死亡数の 5%弱を占め、死因は先天奇形、周産期に起因  
5 する異常が多く、虐待による死亡も 1%以上は含まれている。

6 -----

7 **解説**

8 1) 小児期死亡の状況<sup>1)</sup>

9 平成 24 年度における我が国の 15 歳未満の小児期死亡は年間 5,099 人であり、同年度の  
10 総死亡数 1,256,359 人の 4.1%を占めている。死亡率（人口 10 万人あたりの死亡数）でみ  
11 ると、0~4 歳が 60.8 と比較的高いが、5~9 歳が 9.3、10~14 歳が 8.7 は全年齢の中で 1、2  
12 位の低さである。1 歳未満の乳児死亡が 2,299 人（小児期死亡全体の 45.1%）であり、さ  
13 らに 1 ヶ月未満の新生児死亡は 1,065 人（同 20.9%）である。以上の出生後の死亡の他に、  
14 胎外での生存が可能な妊娠満 22 週以後の死産が 3,342 件、死産全体では 24,800 件（自然  
15 死産 11,448 件、人工死産 13,352 件、小児期死亡の 4.86 倍）の発生を見ている。これが  
16 わが国における小児の死後画像診断の対象となりうる事例の件数である。

17 2) 小児期死亡の原因<sup>1)</sup>

18 小児期の死因構成は成人とは異なり、先天奇形 1,019 人（20.0%）、不慮の事故 412 人  
19 （8.1%）が多く、全人口では最も頻度の高い悪性新生物は 295 人（5.8%）にとどまって  
20 いる。1 歳未満の乳児に限定すると、先天奇形が 815 人（小児期死亡の 16.0%、乳児死亡  
21 の 35.5%以下同様）、肺の未熟性や出血など周産期に発生した病態が 583 人（11.4%、25.6%）  
22 を占め、0 歳児に限られる乳児突然死症候群（Sudden Infant Death Syndrome: SIDS）  
23 は 141 人（2.8%、6.1%）である。なお児童虐待による死亡は、全小児死亡の少なくとも  
24 1%程度に及んでいると考えられる（CQ 小児 3 参照）。

25 **検索式**

26 全数調査の確定数の報告に基づいている。

27 **文献**

28 1) 厚生労働省 平成 24 年（2012）人口動態統計（確定数）の概況.(グレード◆)

29 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei12/>

# 小児 CQ 1

+++++

CQ 小児 1 小児の予期せぬ突然死例では死後画像を行うべきか？

推奨グレード C1

児童虐待による死亡を鑑別するために死後画像を行うべきである

エビデンスレベル VI

## 解説

厚生省の虐待による死亡事例の報告では、平成 21 年度の虐待死を 49 名と報告しており、これは同年度の小児死亡総数 4,482 名の約 1%にあたる (1)。また相当数の虐待の犠牲者が、不慮の事故と分類されている事例の中にいると考えられている。これまでの報告によると乳児期の突然の死亡の 5%から 10%が虐待による死亡と推測されている (2, 3, 4)。

これらの虐待例を見逃さないために、受傷状況の不明な乳幼児の小児期の死亡例、とくに SIDS や虐待による死亡が発生する乳幼児期の死亡に対しては、かねてより国内外の様々なガイドラインや声明によって、死後画像による死因究明の努力をすべきであると提言されてきている (5-9)。

## 検索式

Search postmortem imaging OR postmortem ct OR postmortem mri Filters: published in the last 10 years; English; Infant: birth-23 months : 291 より 2-4、7-9 の 6 文献。

加えてわが国の虐待死死亡に関する報告書 1 篇、代表的なガイドライン 2 篇を加えた。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省 子ども虐待による死亡事例等の検証結果等について(第 9 次報告).(グレード V) [http://www.mhlw.go.jp/bunya/kodomo/dv37/index\\_9.html](http://www.mhlw.go.jp/bunya/kodomo/dv37/index_9.html)
- 2) Distinguishing Sudden Infant Death Syndrome from Child Abuse Fatalities. Committee on child abuse and neglect. Pediatrics 1994;94:124e6. (グレード VI)
- 3) Thomsen TK, Elle B, Thomsen JL. Post-mortem radiological examination in infants: evidence of child abuse? Forensic Sci Int. Dec 1;90(3):223-30. 1997. (グレード V)
- 4) Weber MA, Risdon RA, Offiah AC, et al. Rib fractures identified at postmortem examination in sudden unexpected deaths in infancy (SUDI). Forensic Sci Int 2009;189:75e81. (グレード V)
- 5) 日本小児科学会 子どもの虐待問題プロジェクト(宮本信也委員長, 長 和彦担当理事, 福永慶隆担当理事) 子ども虐待診療手引き.(グレード VI) [http://www.jpeds.or.jp/modules/guidelines/index.php?content\\_id=25](http://www.jpeds.or.jp/modules/guidelines/index.php?content_id=25)
- 6) 日本 SIDS 学会診断基準検討委員会 乳幼児突然死症候群 (SIDS) 診断の手引き J. Jap. SIDS Res. Soc. Vol. 6, No. 2 2006/(グレード VI)
- 7) American Academy of Pediatrics. Distinguishing sudden infant death syndrome from child abuse fatalities. Committee on Child Abuse and Neglect. Pediatrics. 1994 Jul;94(1):124-6.(グレード VI)
- 8) American Academy of Pediatrics. Committee on Child Abuse and Neglect. Distinguishing sudden infant death syndrome from child abuse fatalities. Pediatrics. 2001 Feb;107(2):437-41. (グレード VI)
- 9) American Academy of Pediatrics, Hymel KP; Committee on Child Abuse and Neglect; National Association of Medical Examiners. Distinguishing sudden infant death syndrome from child abuse fatalities. Pediatrics. 2006 Jul;118(1):421-7. (グレード VI) 7-9 は 2006 年の提言に集約できる



## 小児 CQ2

1 ++++++

2 **CQ 小児 2 小児の死後画像は死因推定に有用か？**

3 **推奨グレード C1**

4 **解剖や臨床診断と相補的な死因検索手段として有用である**

5 **エビデンスレベル IVb**

6 -----

7 **解説**

8 **1) 小児期死亡に対する死後画像**

9 小児期死亡の死因の構成は成人とかなり異なるものであるため、死後画像の有用性も成人の場合とは異なる可能性がある。小児期死亡に対する死後画像の有用性を検討した研究は少数にとどまっていたが、近年その数は増加しつつある。乳幼児期の単純 X 線撮影による骨疾患の診断(1)、胎児・乳幼児期の死後 MR の利用については大規模な前方視研究が行われ、その成績が発表されている (2)。

14

15 **2) 小児突然死への死後画像の利用**

16 乳幼児の突然死 47 例に、全身の死後 CT、全身骨撮影を行い、非特異的死後変化、死因に関連する異常所見をとり、剖検所見と照合した研究では高い一致率が得られている (3)。剖検で 18 例 (38.3%)の死因が明らかになった。4 例は虐待、12 例は感染性疾患、1 例が代謝性疾患、1 例は消化管の捻転であった。死後 CT は 18 例中 15 例 (83.3%) で剖検結果に一致。29 例 (61.7%)では死因不明で、その中の 27 例は死後 CT で異常所見はなかった。虐待 4 例は、2 例は偶発外傷疑い、2 例は全く外傷を疑われていなかった。剖検で明らかになる死因は、死後 CT でもよく描出されることがわかった。偽陽性は死後 CT で肺炎と診断した 2 例、偽陰性は死後 CT で正常判定だが剖検で肺炎とされた 3 例で、肺炎では解剖と死後 CT の乖離が大きい (3)。

25 わが国の小児の突然死の死因究明に対する PMCT の有用性を探った報告 (4) では、15 例の非外因死の小児の突然死 (病院到着時心肺停止例) に死亡診断から 2 時間以内に死後 CT (頭部 15 例、胸部 11 例、腹部 12 例) を施行し、2 例は解剖結果と照合、残り 13 例は臨床的に判断された死因が所見に現れているか判定を行っている。死後 CT 単独では死因の推定が困難であったが、臨床経過、臨床情報、検査値、細菌培養と併せると 15 例中 14 例で、臨床的に推定された死因に関連した所見が得られ、死後 CT と他の情報を併せると死因推定が高頻度に可能であると結論づけている (4)。

32

33 **3) 新生児への単純 X 線撮影のルーチン実施**

34 小児期の死亡例について、ルーチンに全例死後画像診断を行った場合の有効性についての報告 (1) は、新生児・乳児期の単一施設の死亡例全員に死後単純 X 線撮影を実施し、骨異形成、骨折、他の骨の異常の診断と評価を目的として行われた 1,027 例の研究報告が存在する。結果は異常所見の発見率 12.3%で、33 の偶発所見、19 の意味ある所見、20 の診断的所見、2 例の偽陽性所見を見出したが、ルーチンに検査をしなかったら発見不可能な所見は 739 例中 2 例のみ(0.27%)であり、費用対効果を考慮すると全例実施は効率が悪く、合理的な死後画像実施の選択基準を設けるべきであると結論づけられている (1)。ただしこの研究では検査方法が単純 X 線撮影であり、対象とする疾患が骨異形成、骨折、他の骨の異常と有病率がかなり低い疾患に限定して対象としているものであり、発見率の低さは検査の感度や特異性ではないことには留意しておくべきである。

44

45 **4) 死後 MR の診断精度のシステマチックレビュー**

1 小児期死亡に対する死後画像の評価が最も進んでいるのは英国における一連の死後 MR  
2 の研究である (2、5)。

3 死後MRの正確性、受容性、費用対効果を見定めるためのシステマチックレビュー (5) で  
4 は、539論文から対象基準を満たした9研究の患者を抽出、胎児146例、小児11例を成人24例と  
5 比較して検討している (5)。死後 MRによる死因または臨床もっとも重要な所見を検出する  
6 感度と特異性は、胎児ではそれぞれ69%と95%、小児では28%と64%、成人では28% と64%で  
7 あり、胎児では比較的高い感度と特異性が認められたものの、出生後の小児や成人では高  
8 くなかった (5)。

9 このシステマチックレビューより死後MRについての、それまで公刊されているデータは  
10 少数で、多様であり、スタディデザインも良くなく、承諾率と経済性のデータは不十分だ  
11 ったことが明らかにされ、死後MRの価値をより厳密に評価し、最小限の侵襲による限定的  
12 な解剖と併せて従来の解剖を代替しうるかを検討する、次の大規模前方視研究が行われた  
13 (2)。

14

### 15 5) 死後 MR による大規模前方視研究の成績

16 ロンドンの2つのセンターで4年半の期間に対象を限定せず、24週以前、24週超の胎児、  
17 16歳未満の小児に、全身の死後MRを実施し、死後MRに加えて臨床経過、生前と死後の検  
18 体検査、他の画像検査などを合わせて判断した場合、死亡と関連する主要な病的所見の描  
19 出が通常解剖とどの程度一致するかを評価している (2)。

20 胎児が277例、小児123例の合計400例が対象となり、357例(89.3%, 95% CI 85.8-91.9)で死  
21 後MRが通常解剖と一致した。年齢別に見ると24週以下の胎児は175/185例 (94.6%,  
22 90.3-97.0)、24週超では88/92例 (95.7%, 89.3-98.3)、新生児は34/42例 (81.0%, 66.7-90.0)、  
23 生後1ヶ月超の乳児45/53例 (84.9%, 72.9-92.1)、1歳~16歳では15/28 例(53.6%, 35.8-70.5)と、  
24 低年齢ほど良好な一致率が得られている (2)。

25 165 例(41%)では 従来法の解剖は不要と判定されたのち解剖され、死後MRと従来法の解  
26 剖との一致率は99.4%と高かった (2)。

27 死後MRは臨床経過や検査値などと合わせて判断すると、年長児では正確さが低下するも  
28 のの、胎児、新生児、乳児の死因と主要な病的所見の描出においては従来法の解剖に匹敵  
29 し、また家族からの承諾が得られやすく、症例を選択すれば従来法の解剖の代替手段とな  
30 りうると結論づけられている (2)。

### 31 検索式

32 Search postmortem imaging OR postmortem CT OR postmortem MRi Filters: published in the last  
33 10 years; English; Infant: birth-23 months : 291 より 5 文献を選択。

### 34 参考文献

- 35 1) Arthurs OJ, Calder AD, Kiho L, Taylor AM, Sebire NJ. Routine perinatal and  
36 paediatric post-mortem radiography: detection rates and implications for practice.  
37 *Pediatr Radiol.* 2013 Nov 8.
- 38 2) Thayyil S, Sebire NJ, Chitty LS, Wade A, Chong W, Olsen O, Gunny RS, Offiah AC, Owens  
39 CM, Saunders DE, Scott RJ, Jones R, Norman W, Addison S, Bainbridge A, Cady EB, Vita ED,  
40 Robertson NJ, Taylor AM; MARIAS collaborative group. Post-mortem MRI versus conventional  
41 autopsy in fetuses and children: a prospective validation study. *Lancet.* 2013 Jul  
42 20;382(9888):223-33.
- 43 3) Proisy M, Marchand AJ, Loget P, Bouvet R, Roussey M, Pel F, Rozel C, Treguier C,  
44 Darnault P, Bruneau B. Whole-body post-mortem computed tomography compared with  
45 autopsy in the investigation of unexpected death in infants and children. *Eur Radiol.* 2013

1 Jun;23(6):1711-9. CC (症例対照研究) レベルIVb : 分析疫学的研究 : 症例対照研究,横断研  
2 究

3 4) Oyake Y, Aoki T, Shiotani S, Kohno M, Ohashi N, Akutsu H, Yamazaki K.

4 Postmortem computed tomography for detecting causes of sudden death in infants and children:  
5 retrospective review of cases. *Radiat Med.* 2006 Aug;24(7):493-502.

6 5) Thayyil S, Chandrasekaran M, Chitty LS, Wade A, Skordis-Worrall J, Bennett-Britton I, Cohen  
7 M, Withby E, Sebire NJ, Robertson NJ, Taylor AM. Diagnostic accuracy of post-mortem magnetic  
8 resonance imaging in fetuses, children and adults: a systematic review. *Eur J Radiol.* 2010  
9 Jul;75(1):e142-8. (レベル 3a)

### 10 類似文献)

11 8) Thayyil S Less invasive autopsy: an evidenced based approach. *Arch Dis Child.* 2011

12 Jul;96(7):681-7.

13 9) Addison S, Arthurs OJ, Thayyil S. Post-mortem MRI as an alternative to non-forensic autopsy in  
14 foetuses and children: from research into clinical practice. *Br J Radiol.* 2014 Jan 10.

15 10) Thayyil S, Sebire NJ, Chitty LS, Wade A, Chong W, Olsen O, Gunny RS, Offiah AC, Owens  
16 CM, Saunders DE, Scott RJ, Jones R, Norman W, Addison S, Bainbridge A, Cady EB, Vita ED,  
17 Robertson NJ, Taylor AM; MARIAS collaborative group. Post-mortem MRI versus conventional  
18 autopsy in fetuses and children: a prospective validation study. *Lancet.* 2013 Jul  
19 20;382(9888):223-33.

20 11) Thayyil S, Chandrasekaran M, Chitty LS, Wade A, Skordis-Worrall J, Bennett-Britton I, Cohen  
21 M, Withby E, Sebire NJ, Robertson NJ, Taylor AM. Diagnostic accuracy of post-mortem magnetic  
22 resonance imaging in fetuses, children and adults: a systematic review. *Eur J Radiol.* 2010  
23 Jul;75(1):e142-8. (レベル 3a)

24 12) Thayyil S, Sebire NJ, Chitty LS, Wade A, Olsen O, Gunny RS, Offiah A, Saunders DE, Owens  
25 CM, Chong WK, Robertson NJ, Taylor AM. Post mortem magnetic resonance imaging in the fetus,  
26 infant and child: a comparative study with conventional autopsy (MaRIAS Protocol). *BMC*  
27 *Pediatr.* 2011 Dec 22;11:120.

28

## 小児 CQ3

+++++

CQ 小児3 児童虐待の診断に死後画像は有効か？

推奨グレード B

臨床的に疑われていなかった虐待例を発見する契機となりうるため、乳幼児の予期せざる死亡例では死後 CT 等により頭蓋内出血や骨折の有無を確認すべきである。

エビデンスレベル 3b

### 解説

児童虐待が疑われている事例で身体損傷の存在を証明し、また予期せざる小児の突然死例の中から虐待を受けていた事例を発見するための死後画像診断はかなり以前から行われてきた。すでに 1984 年に米国マサチューセッツ州ウースター、ボストンで 12 例の死因未解明の乳児死亡例で全身骨撮影を行って 10 例、34 箇所の骨折を発見し、8 例中 6 例の死因判断と有罪例 5 例中の 4 例の刑事訴追に影響していたことが報告されている (1)。

わが国の単一施設での予期せね乳幼児死亡 38 例に対する保護者承諾に基づく死後 CT の結果では、3 例に急性硬膜下血腫と混在する頭蓋骨骨折、鎖骨骨折が認められ、臨床的には想定されていなかった児童虐待を疑う契機となったことが報告されている (2)。

2 歳以下の虐待 8 例に対して死亡から 24 時間以内の死後 MR を施行し解剖所見と比較した結果では、非偶発的外傷の 8 例で、脳浮腫、脳挫傷、shearing injury、虚血、梗塞は MRI で良好に示された。解剖の方がくも膜下血腫、縫合離開、頭蓋外損傷、とても小さな硬膜下血腫の検出に優れており、死後 MRI は局所的な異常を検出し、断面の選択に有効であり、半数で死後 MR の併用で追加的な情報が得られた。

### 検索式

PubMed 検索期間指定なし

#1 Search child abuse AND (postmortem imaging OR postmortem ct OR postmortem mr OR postmortem radiographs) : 55 件 より 3 文献を選択。

### 参考文献

1) Kleinman PK, Blackbourne BD, Marks SC, Karellas A, Belanger PL. Radiologic contributions to the investigation and prosecution of cases of fatal infant abuse. N Engl J Med. 1989 Feb 23;320(8):507-11. (グレードIVb)

2) Noda Y, Yoshimura K, Tsuji S, Ohashi A, Kawasaki H, Kaneko K, Ikeda S, Kurokawa H, Tanigawa N. Postmortem computed tomography imaging in the investigation of nontraumatic death in infants and children. Biomed Res Int. 2013;2013:327903. (グレードV)

3) Hart BL, Dudley MH, Zumwalt RE. Postmortem cranial MRI and autopsy correlation in suspected child abuse. Am J Forensic Med Pathol. 1996 Sep;17(3):217-24. (グレードV)