

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—

筑波メディカルセンター病院・放射線科
科長 塩谷 清司

(共同研究者)

筑波メディカルセンター救命救急センター・センター長	河野 元嗣
筑波メディカルセンター病院・病理科科長	菊地 和徳
筑波メディカルセンター剖検センター・センター長	早川 秀幸

はじめに

日本の異状死解剖率は 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低い。解剖率を上げることは必要であり、「解剖率 20%へ、いずれ 50%へ」、「解剖医を 5 年以内に現在の 170 人から 340 人にする」と提言されているが、その実現性は疑問視されている。

日本の CT や MRI の設置台数は世界一である。そのため日本では一般病院が死因をスクリーニング（死因特定、解剖要否判定）する手段として死後画像診断（いわゆるオートプシー・イメージング Autopsy imaging ; 以下 Ai）を施行している。その最も多い状況は、救急外来に来院時心肺停止状態で搬送後に死亡した患者（＝異状死）に対し、死後 CT を撮影するものであり、日本の救命救急病院の 9 割、一般病院の 3 分の 1 強が死後 CT を中心とした死後画像診断を行っている。

Ai は、体表面だけの検視、検案よりも精度の高い死因診断が期待できるため、警察庁は 2007 年度以降、Ai に予算を付けている。首相官邸ホームページは、「地域連携により、Ai による死因究明を促進する」と記載している。死因究明推進法案（閉会審議中）は、重点的に検討、実施されるべき施策の一つに Ai を挙げている。現在、少なくとも年間 1 万件の死後 CT を中心とした Ai が施行されおり、裁判、労災保険や生命保険給付などにも既に活用されている。近々、日本全体の異状死 17 万例 / 年は Ai でスクリーニングされると予想する。Ai の結果を適正に利用するためには、有用性と限界を知っておく必要がある。

方法

当院救命救急センターに来院時心肺停止状態で搬送された後に死亡した患者（150 例 / 年）、当院剖検センターで法医解剖予定の遺体（150 例 / 年）に対し、オートプシーイメージング（Autopsy imaging = Ai、死後 CT を主体とし、一部 MRI を併用した死亡時画像診断）を施行する。異状死の死因を死後 CT、MRI でスクリーニングした場合、Ai で診断できること、できないことを明らかにする。

結果

成果論文9 (Ai ガイドライン) に、死亡直前・直後に撮影されたCT 所見のポイントを説明した。同書では簡潔な記載を要求され、注釈を記載することができなかった。この報告書で、それらを記載する。

以下は、検視、検案が確実に施行されていることを条件として述べる（画像上、内因性的のように見えても、他で外因性を疑う場合には解剖する必要がある）。

【1】死後CT で特定できる死因

■外傷チェックポイント

◆致命的損傷

・死後CT 所見と解剖所見の一致率は85%前後：システマティックレビューかつメタアナリシスした信頼できる論文では、解剖と比較した死後CT の正診率は86%である。日本の救命救急病院で経験する外傷死の最多は、交通事故死である。交通事故死では、死後CT によるAbbreviated injury scale (AIS) 分類に従った分類が可能で、致死的原因を確定または推定可能でき、外傷性死因を高率に診断可能である。ただ、心破裂や大量腹腔内出血という状態を診断できるものの、心大血管、腹部臓器損傷部位の正確な同定には解剖が必要である。

・頸椎骨折は水平断像では不明瞭な場合があり、矢状断像が有用：SCIWORA (spinal cord injury without radiological abnormality、サイウオーラ：X線で明らかな骨折、脱臼のない外傷性脊髄損傷) という疾患概念がある。原因の一つは椎間板断裂であり、これを見逃さないようにするには、以下の診断手順が有用である。

・5mm以上のスライス厚（部分容積現象が外傷をマスクする）、水平断のみ（水平断のずれは認識しにくい）で診断する場合、()内の理由により見逃しが起こりやすい。頸椎は3mm未満のスライス厚で撮影し、水平断だけでなく、矢状断、冠状断でも必ず観察する。椎間板断裂に伴う小さな剥離骨折や骨化した靭帯の断裂を見逃さないようにする。

・椎体腹側の血腫は間接所見として有用である。椎体腹側の軟部組織が通常より厚い場合には、椎間板断裂を疑う必要がある。

・通常の撮影体位だと脱臼が修復される可能性がある。脱臼が強調されて認識しやすくなるように、頸部の背側に枕を置いて頸椎を過伸展して撮影すると良い。

・MRIでは、断裂した椎間板の異常信号、椎体腹側の血腫、頸髄損傷そのものが描出できる。

■非外傷チェックポイント

◆致命的出血性病変

・非外傷性死因のうち致命的出血性病変が占める割合＝死後CTによる死因確定率＝3割前後：死後CTによる死因確定率が3割と言われているのは、死後CTのみで脳出血、くも膜下出血、大動脈解離、腹部大動脈瘤破裂が診断できる割合を示している。これは、非外傷性死因のうち致命的出血性病変が占める割合をも示している。死因が全て致命的出血性病変であれば、死後CTの死因確定率は10割となる。

【2】 死後 CT で特定が難しい死因

■非外傷チェックポイント

◆虚血性心疾患（いわゆる急性心不全）

- ・直接所見（冠状動脈内血栓塞栓、虚血心筋）は指摘困難：この弱点を補う血液検査として、ヒト脳性ナトリウム利尿ペプチド（BNP）がある。これは心筋から分泌されるペプチドで、心負荷の増大により分泌亢進する心筋ストレスマーカーであり、死後変化が少ない。
- ・ポンプ機能不全による肺水腫は、間接所見として有用：左室機能が急激に低下し、右心機能が保たれている場合、著明な肺水腫が起こり、30分程度で死亡する。
- ・死後 MRI は虚血心筋を指摘可能なことあり：解剖の肉眼的病理像は、MRI で描出できると考えてよい。しかし、肉眼的な心筋梗塞像が形成される前に死亡した場合、MRI でもそれを描出することが難しい。

【3】 死後 CT の蘇生術後変化

■チェックポイント

- ・主な所見は、肋骨骨折、消化管拡張、血管内ガス（心大血管内、脳血管内、肝血管内、その他実質臓器血管内）である。
- ・外傷以外で全身血管内に多量のガスを認めた場合、事故または故意に血管内にガスが注入された可能性を考慮する必要あり：実際に静脈内に空気を注入した保険金殺人事件では、被害者の頭部死後 CT は広範な脳血管内ガスを示した。
- ・蘇生術後変化の血管内ガスは腐敗進行を加速。

【4】 死後 CT 上の死後変化

- ・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）と腐敗。

◆脳浮腫

- ・全脳虚血の結果、白質と灰白質間のコントラストが低下し、脳溝も不明瞭化する：急性死は、急激な全脳虚血と見なせる。この場合、細胞性浮腫が出現した後、血管原性浮腫は出現せず、自己融解が始まる。死後 CT 上、生体の脳梗塞で認めるような低吸収は出現しない。

【5】 温度が画像に与える影響

死体は代謝が停止して熱産生がなくなるため、物理的現象（熱の対流、伝導、放散、水分蒸発による気化熱の蒸散）により放熱が起きる。ゆえに死体の体温も周囲の温度と等しくなるまで低下する。体温低下は画像に影響を及ぼす。特に MRI は温熱療法などの温度モニタリングにも応用されているくらいに温度に敏感であり、実際に体温低下による信号変化が目立つ。

- ・水信号抑制画像（Fluid Attenuated Inversion Recovery; FLAIR）上の水信号抑制不良
- ・T2 強調像上の脂肪信号の抑制
- ・みかけの拡散係数（Apparent Diffusion Coefficient; ADC）値の低下：生体と比較すると死体の ADC 値は、1/2 から 1/4 程度まで減少する。
- ・常磁性体の信号変化：大脳基底核、肝臓などの臓器にはフェリチン、マンガンなどの常磁性体の蓄積が多い。死後画像ではそれらの部位の信号変化が特に目立つ。

・磁気共鳴スペクトロスコピー (magnetic resonance spectroscopy: MRS) は、組織崩壊に向かう代謝を把握できる。

要約

死後 CT 所見は、死因、蘇生術後変化、死後変化に大別できる。CT はガス、骨折、血腫の描出に優れており、外傷性死因は 8 割以上、非外傷性死因は 3 割前後を診断できる。MRI は CT よりコントラスト分解能に優れているため、CT では診断が難しい虚血心筋、肺動脈血栓塞栓、頸髄損傷、小児の奇形などを診断することができ、死因確定率は 6 割前後にまで上昇することが期待されている。既にイギリス政府は解剖の代替として死後 MRI を導入しており、日本でも死体専用の画像診断機器を所有する Ai センターが増加するに従い、MRI が Ai の中心モダリティとなりうる。本研究は、画像診断による死因の大規模スクリーニングの基礎データとなる。

謝辞

本研究を実施する上で助成を賜りました公益財団法人大和証券ヘルス財団に深謝いたします。

参考文献

1. 警察庁：犯罪死の見逃し防止に資する死因究明制度の在り方について報告書（2011年05月18日）
<http://www.npa.go.jp/sousa/souichi/gijiyoushi.pdf>
2. 船山真人：本当になにもないところからどのようにして今を構築したか。日法医誌, 65: 43-44, 2011.
3. 富岡 勉、他：死因究明制度の問題点と解決策 — 死因究明推進法から制度改革に向かって —。日本医事新報, 4554: 24-31, 2011.
4. 阪本美奈子、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, 33: 985-989, 2009.
5. 日本医師会：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索の具体的な展開の方途について報告書（2009年4月1日）
http://dl.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20090401_4.pdf
6. 兼児敏浩、他：Autopsy imaging (死亡時画像病理診断) の活用による高齢者突然死の原因究明と予防に関する研究。大和証券ヘルス財団の助成による研究業績集 (第35回、平成20年度), 33: 108-113, 2009.
7. Kaneko T, et al: Postmortem computed tomography is an informative approach for prevention of sudden unexpected natural death in the elderly. Risk Management and Healthcare Policy, 3:13-20, 2010.
8. 塩谷清司、他：オートプシー・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, 30: 106-118, 2010.
9. Takahashi N, et al. Effectiveness of a worksheet for diagnosing postmortem computed tomography in emergency departments. Jpn J Radiol, 29: 701-706, 2011.

成果論文、報告書

1. 厚労省：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報告書（2011年07月27日）
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001j3a1.html>
2. 塩谷清司、他。Ai（オートプシーイメージング）所見と読影の基礎。日本小児放射線学会雑誌，27: 14-24, 2011.
3. 塩谷清司、他：オートプシー・イメージング ～各大学の取り組み．映像情報 Medical, 43: 278-333, 2011.
4. 塩谷清司：Aiの歴史。Japan Medicine MONTHLY4月号，15: 12, 2011.
5. 塩谷清司：Aiの歴史。死因不明社会2 ―なぜAiが必要なのか―。講談社（東京）。（2011年8月発行）
6. 小林智哉、塩谷清司、他。Aiを理解する ―死後MRIにおける信号変化―。日本放射線技師会雑誌，52: 2011.（2011年11月発行）。
7. 江沢英史、塩谷清司。オートプシー・イメージング（死亡時画像診断）。シリーズ最新放射線医学第1巻「放射線医学総論」．金芳堂（京都）。（2011年12月発刊）
8. 塩谷清司、他。オートプシー・イメージング。インナービジョン。（2012年1月発行）
9. 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。Autopsy imaging（オートプシー・イメージング）ガイドライン第2版．ベクトル・コア（東京）。（2012年4月発行予定）
10. Okura N, Shiotani S, et al: Two sudden death cases involving young adults with Kawasaki disease sequelae – postmortem computed tomographic demonstration of coarse calcification of coronary artery aneurysm.（投稿中）