

死後MRIの最適化が死因確定率を上昇させる

筑波メディカルセンター病院 放射線技術科

専門係長 小林 智哉

(共同研究者)

筑波メディカルセンター病院

放射線科 科長 (現 聖隷富士病院 放射線科 部長) 塩谷 清司

筑波剖検センター

センター長 早川 秀幸

筑波メディカルセンター病院 放射線技術科 係長 加賀 和紀

筑波メディカルセンター病院 放射線技術科 主任 斎藤 創

筑波メディカルセンター病院 放射線技術科 主任補 染谷 聡香

筑波メディカルセンター病院 放射線技術科 科員 田代 和也

はじめに

我が国における死因究明及び身元確認の実施に係る体制の充実強化が喫緊の課題となっていることを踏まえ、平成24年6月に「死因究明等推進法」が制定され、同年9月から施行されている。平成26年6月、政府は死因究明等の推進に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るために、死因究明推進計画を定めた。そのなかで、小児に特有な病態の把握や虐待の発見と再発防止などのために死亡時画像診断 (Autopsy imaging : Ai) の活用が検討され、平成26年度からモデル事業が始まっている。

医療法が改訂され、平成27年10月1日から医療事故調査制度が施行されている。これは、医療事故が発生した際、その病院が第3者機関に調査結果を提出するものであり、そのデータは医療の安全を確保するために役立てられる。Aiは、第3者の評価が可能な非侵襲的検査であることから、本制度の調査では必須の検査となるはずである。

日本のAiは主にCTを用いているが、今後、より高い診断率を目指してMRIがAiの中心となることが予想される。しかし、死後MRIは体温変化によって信号強度やコントラストが変化するので、これが画像の解釈を難しくする。我々は、生前に起きた挫傷などを詳細に把握するために、脂肪信号抑制撮像法である short-tau inversion recovery (STIR) 法では死後の体温変化に対する最適化が必要と報告した。死因究明の精度を高めるためには、体温変化による死後MRI画像への影響を把握し、最適化した撮像条件下で死因がどの程度診断できるかを明らかにする必要がある。

本研究では、MRI画像の固有値である緩和時間 (T_1 値、 T_2 値) を死後の脳、心臓、肝臓において計測した。

方 法

当院倫理委員会承認下に解剖予定の遺体(30例/年)に対し、解剖前日に臨床用MRI(1.5T)を用いて死後MRIを施行した。その際に通常のMRI撮像に加えて、緩和時間を計測した。対象臓器は、死因と無関係で異常所見のない脳、心臓、肝臓とした。脳脊髄液の T_2 値は、他臓器のそれらよりも非常に値が大きく、当院の測定ツールでは測定できないので省略した。測定結果から平均と標準偏差を算出し、生体の値と比較した。MRI撮像直後に直腸温(Rectal Temperature: RT)を測定し、緩和時間との相関をピアソンの相関係数の検定を用いて解析した。また、ピアソンの相関係数の検定において、有意差があるものに対してRTと緩和時間の近似式を算出した。算出された近似式から最適な撮像条件の設定をし、最適でない撮像条件と比較した。

結 果

【1】緩和時間の平均と標準偏差

30症例の測定を行い、それらのRTは平均 18°C (5から 31°C)であった。緩和時間の測定結果を表1に示す。生体と比較して、 T_1 値は脳と心臓で有意に短縮し、 T_2 値は肝臓で有意に短縮した。

表1 緩和時間の計測結果

	T_1 値 (ms)		T_2 値 (ms)	
	遺体 (生体)		遺体 (生体)	
脳				
尾状核	955 ± 104	(1250 ± 81)*	84 ± 6	(87 ± 2)
被殻	855 ± 100	(1126 ± 54)*	75 ± 7	(74 ± 3)
視床	740 ± 74	(1230 ± 74)*	83 ± 6	(82 ± 3)
灰白質	935 ± 88	(1209 ± 94)*	117 ± 11	(95 ± 6)
白質	623 ± 56	(707 ± 40)*	96 ± 6	(78 ± 3)
脳脊髄液	2962 ± 624	(4300)*	3	
心臓	948 ± 175	(1030 ± 34)*	68 ± 10	(40 ± 6)
肝臓	498 ± 101	(586 ± 39)	42 ± 7	(46 ± 6)*

データは平均±標準偏差

* RTとの相関に有意差あり ($p < 0.05$)

【2】 RTと緩和時間における近似式と相関係数

RTと緩和時間の相関に有意差があった臓器（脳、心臓とT₁値、肝臓とT₂値）における、近似式および相関係数を表2に示す。肝臓の緩和時間変化の傾向が脳、心臓のそれらと異なった原因は、自己融解によるpH低化（酸性化）や肝実質への鉄沈着の影響が大きかったのではないかと推測している。臓器の近似式のなかで、相関が強く、切片に対する傾きの割合が大きいものは、脳脊髄液のT₁値であった（図1）。その他の臓器は、脳脊髄液と比較して相関係数と傾きがそれぞれ小さく、撮像条件の最適化の効果は脳脊髄液ほど大きくないと考える。

表2 相関ありの臓器における近似式と相関係数

	近似式(ms)	相関係数 (r)
脳		
尾状核	T ₁ 値 = 11.5 RT + 777	0.79
被殻	T ₁ 値 = 9.7 RT + 703	0.70
視床	T ₁ 値 = 6.4 RT + 641	0.62
灰白質	T ₁ 値 = 6.1 RT + 840	0.50
白質	T ₁ 値 = 5.0 RT + 545	0.64
脳脊髄液	T ₁ 値 = 74.4 RT + 1813	0.96
心臓	T ₁ 値 = 14.5 RT + 705	0.62
肝臓	T ₂ 値 = 0.4 RT + 36	0.52

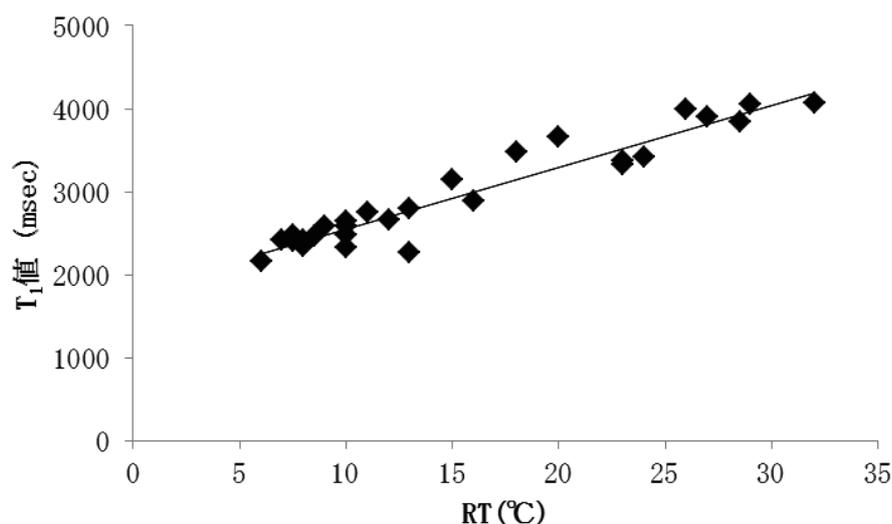


図1 脳脊髄液とRTの計測結果

実線は直線回帰である。T₁値とRTは良好な相関がある。

【3】最適化された撮像条件による画像（図2）

頭部外傷症例の画像を図2に示す。脳脊髄液と脳実質のT₁値の差を利用して信号を抑制する撮像法である fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 法において、RTをあらかじめ測定しておくことでT₁値とInversion Time (TI) 値を計算でき、これによって撮像条件を最適化すると、有意な病変による信号変化を正確に評価することが可能となる。

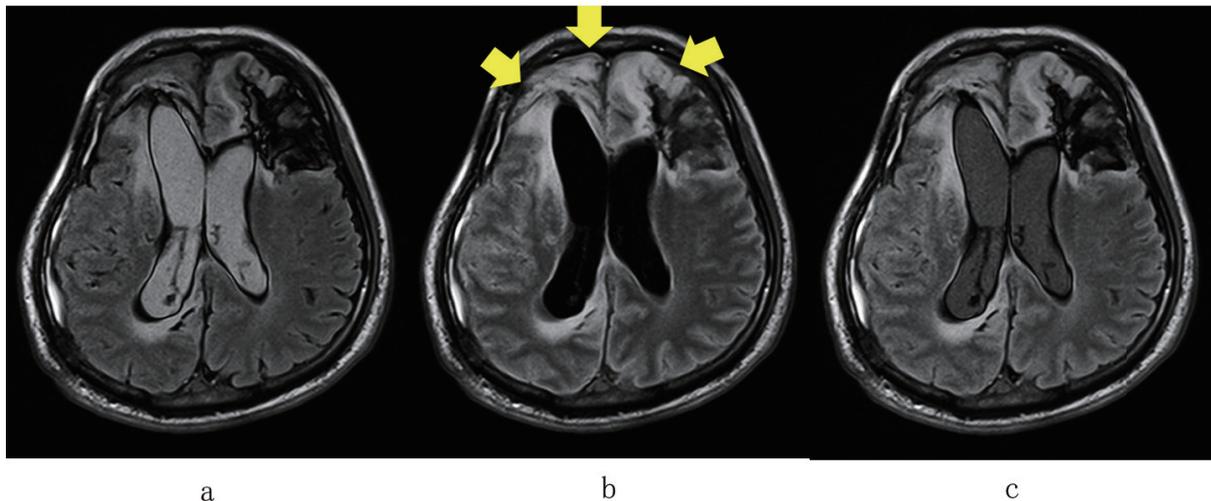


図2 撮像条件を変更したFLAIR画像

- 最適でない撮像条件 (TI=1500ms) 下では、脳脊髄液の信号がまったく抑制されていない。
- 最適な撮像条件 (TI=2000ms) 下では、脳脊髄液の信号が完全に抑制されている。
- 生体の撮像条件 (TI=2300ms) 下では、脳脊髄液の信号が不完全にしか抑制されていない。

本症例はRT = 15°Cである。TIはFLAIR法における脳脊髄液抑制のために設定する値であり、 $TI = T_1 \text{値} \times 0.693$ で算出される。したがって、脳脊髄液の近似式を適応した本症例における最適値は $(74.4 \times 15^\circ\text{C} + 1813) \times 0.693 \approx 2000\text{ms}$ である。bの条件が脳挫傷 (➡) を最も明瞭に描出している。

要 約

日本のAiは主にCTを用いているが、今後、より高い診断率を目指してMRIがAiの中心となることが予想される。死後MRIは体温によって信号強度やコントラストが変化する。本研究は、死後MRIの脳、心臓、肝臓における緩和時間と体温の関係を定量化した。このような死後MRIの特性を十分に理解した診療放射線技師が撮像条件の最適化をすることで、病変の描出が明瞭となり、死因確定率の上昇を期待できる。

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. 内閣府：死因究明等推進計画. <http://www8.cao.go.jp/kyuumei/law/keikaku.html>
2. 日本医師会：小児死亡事例に対する死亡時画像診断モデル事業.
<http://www.med.or.jp/doctor/report/003292.html>
3. 厚生労働省：医療事故調査制度について.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000061201.html>
4. Kobayashi T, Shiotani S, Kaga K, et al. Characteristic signal intensity changes on postmortem magnetic resonance imaging of the brain. *Jpn J Radiol* 28: 8-14, 2010.
5. Kobayashi T, Isobe T, Shiotani S, et al. Postmortem Magnetic Resonance Imaging Dealing with Low Temperature Objects. *Magn Reson Med Sci* 9: 101-8, 2010.
6. Kobayashi T, Monma M, Baba T, et al : Optimization of inversion time for postmortem short-tau inversion recovery (STIR) MR imaging. *Magn Reson Med Sci* 13: 67-72, 2014.
7. de Bazelaire, C.M, Duhamel, G. D, Rofsky, N. M, et al., MR imaging relaxation times of abdominal and pelvic tissues measured in vivo at 3.0 T: preliminary results. *Radiology* 230: 652-9, 2004.

成果論文、報告書

1. Tashiro K, Shiotani S, Kobayashi T, Kaga K, Saito H, Someya S, Miyamoto K, Hayakawa H. Cerebral relaxation times from postmortem MR imaging of adults. *Magn Reson Med Sci*, 14 (1) : 51-6, 2015.
2. 小林智哉. 第12回オートプシー・イメージング学会学術総会参加記. *INNERVISION*, 29 (10) : 106-7, 2014.
3. Abe K, Kobayashi T, Shiotani S, Saito H, Kaga K, Tashiro K, Someya S, Hayakawa H, Homma K. Optimization of Inversion Time for Postmortem Fluid-attenuated Inversion Recovery (FLAIR) MR Imaging at 1.5T: Temperature-based Suppression of Cerebrospinal Fluid. *Magn Reson Med Sci*, DOI: 10.2463/mrms.2014-0086, 2015.
4. 小林智哉, 塩谷清司. オートプシー・イメージングにおける死後小児MRI. *小児外科*, 47 (5) : 556-62, 2015.
5. 田代和也, 小林智哉, 塩谷清司ほか. 死亡時画像診断 (Ai) に関する当院診療放射線技師の意識調査 -他の2施設調査との比較-. *日本診療放射線技師会誌*, 62: 29-34, 2015.
6. 塩谷清司, 小林智哉. イギリス保健省が発表した死後画像診断サービスに関する報告書 その4.

INNERVISION (2016年1月掲載予定)

7. 永藤元道、塩谷清司、小林智哉ほか. 死後CTを施行した乳幼児突然死症例の後方視的検討. 日本小児救急医学会雑誌 (2016年2月掲載予定)
8. Shiotani S, Kobayashi T, Hayakawa H, Homma K, Sakahara H. Hepatic Relaxation Times from Postmortem MR Imaging of Adults. (Magn Reson Med Sci投稿中)
9. Okuda T, Shiotani S, Kobayashi T, Hayakawa H, Ohno Y. Possibility of visualization of gastrothorax based on unenhanced postmortem computed tomography/ PMCT (Legal Med投稿中)
10. Okuda T, Shiotani S, Kobayashi T, Hayakawa H. T2 dark-through and wash-out effect on cardiac postmortem magnetic resonance (PMMR) imaging (投稿予定)