

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24791270

研究課題名(和文)死亡時画像診断(Autopsy imaging)における溺水診断

研究課題名(英文)Diagnosis of drowning using post-mortem radiological imaging.

研究代表者

川住 祐介(KAWASUMI, Yusuke)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：00513540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円、(間接経費) 720,000円

研究成果の概要(和文)：上顎洞や蝶形骨洞内の液貯留は、溺水症例の死後CTでよく見かける所見である。統計学的検討の結果、溺水症例の方が液貯留を有している頻度が有意に高いことが示された。しかし液貯留を有している非溺水症例も多いため、液貯留を有していない場合に溺水を除外することは可能だが、液貯留を有していることで溺水と診断することは難しい。

上顎洞や蝶形骨洞内貯留液のvolumeは溺水症例の方が有意に大きく、濃度は非溺水症例の方が有意に高かった。この情報は、溺水診断に役立つと思われる。

また海水溺水と淡水溺水で同様の比較したところ、濃度に関しては海水溺水の方が有意に高かった。これは溺水場所の特定に役立つと思われる。

研究成果の概要(英文)：Fluid accumulation in the maxillary or sphenoidal sinuses is more common in drowning victims. Pearson's chi-square tests demonstrated that fluid accumulation in the maxillary or sphenoidal sinuses was associated significantly with drowning. However, as it is present in 65% of the non-drowning victims as well, the presence of fluid cannot be used to diagnose drowning. The absence of fluid can be used to virtually exclude drowning.

Both volume and density of fluid accumulation in the maxillary or sphenoidal sinuses differed significantly between the drowning and nondrowning cases. The observed difference may help forensic pathologists better diagnose the drowning cases.

Fluid density of the maxillary or sphenoidal sinuses in saltwater drowning cases was significantly higher than that in freshwater drowning cases. The observed difference may help forensic pathologists better diagnose the specific cause of death in drowning cases.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：放射線科学

キーワード：死亡時画像診断 CT 溺水

1. 研究開始当初の背景

死亡時画像診断は、現在世界中で死因解明に対する有用性が注目されている。特に日本では法医学者数が少ないことから解剖数は限られており(変死体の剖検率は年間10%未満である)、死因不明のままとされるケースが多い。そこでCTやMR画像を撮像し、少しでも多くのご遺体の死因を解明しようとする動きがここ数年活発になってきている。しかしながらまだ世界的にも症例数が多くないため、多くの症例では画像所見のみから死因を特定することは難しい。また造影することができないため、通常の撮影のみからでは情報量が少なく、このことも死因特定を困難にしている。症例数のさらなる蓄積や画像所見解釈の検討、撮像方法の創意工夫が求められている。

当分野では、当大学法医学分野による剖検直前に、ご遺体をCTで撮像している。2009年5月から研究開始前まででおおよそ300例を経験したが、CTの所見のみから死因を推定できる症例はまだ限られており、剖検の結果を踏まえてからCTの所見を検討しているのが現状である。死因につながる特徴的画像所見を検討していくことで、いずれは剖検不可能な症例の死因を、画像所見のみから推定することを最終的な目標のひとつとしている。我々の経験したおおよそ300例のうち、剖検の結果おおよそ3割で死因に溺水が関与していた。日本は風呂の習慣があることから諸外国に比べ溺水が多く、また日本は剖検数が少ないため、日頃から警察も溺水の判定がCTで可能となることを切望している。

溺水と判定された症例のCT画像を観察すると、(a)副鼻腔の液貯留、(b)気管・気管支の液貯留、(c)胸水貯留、(d)肺野濃度上昇という4つの所見が認められる症例が多い。しかしこの4つの所見を有する非溺水症例も認められ、この4所見の有無による溺水の判定には限界があるのではないかと考えられる。そこで3D医用画像処理ワークステーションを用いてそれぞれの箇所に貯留している液体の濃度やvolume、また肺の平均濃度やvolumeを測定しそれらの情報を追加することで、4つの所見を有する症例を、溺水群と非溺水群に分けることができるのではないかと予想される。またこのような測定から、溺水症例の中でも、本当に発見現場に存在している液体によって溺水したかどうか判定可能になるのではないかと予想される(例えば溺死させられてから、海や河川に遺棄された場合など)。

2. 研究の目的

死亡時画像診断(Autopsy imaging: Ai)のみで溺死が診断可能かどうかを検討すること。

3. 研究の方法

(1) 症例の選択

当施設では法医学分野から依頼があった場合、剖検前にCT検査を施行している。CT検査を終えたとご遺体は速やかに剖検室に運ばれ、解剖が始まる。全例、剖検によって死因が決定されている。小児例や腐敗の高度な症例、死因が複合的な症例などは除外した上で、溺水症例は全例、対照となる非溺水症例はランダムに選択した。なお症例は日々増えているため、それぞれの検討の都度、その時点で蓄積されている溺水症例を用いて検討することとした。

(2) CT撮影

臨床放射線技師国家資格を有している同専攻の教員がCT撮影を担当し、全ての検査は東芝社製8列マルチスライスCT装置Aquilionを用いて行われた。全症例着衣はそのまま、袋に入れたまま撮影した。撮影は2段階で行った。まず頭部をコンベンショナルスキャンし、その後頭部から大腿部までヘリカルスキャンした。頭部コンベンショナルスキャンの条件は、管電圧120kVp、管電流は任意設定、回転速度1.5秒/回、コリメーション4.0mmおよび8.0mm。頭部-大腿部ヘリカルスキャンの条件は、管電圧120kVp、管電流任意設定、回転速度0.75秒/回、コリメーション2.0mm、ビームピッチ0.875、寝台速度14mm/1回転。

(3) 解析

溺水の死後CTでは、当施設での経験上(a)副鼻腔の液貯留、(b)気管・気管支の液貯留、(c)胸水貯留、(d)肺野濃度上昇という4つの所見が多く認められた。気管・気管支内の液貯留や胸水貯留は移動しやすく、測定の再現性が高くないと考えられた。また肺野の濃度上昇に関しては、溺水による変化とその他の死後変化との区別が難しく、また死後経過時間や環境による個体差も大きく、有効な評価方法の確立が困難と考えられた。そこで本研究では、副鼻腔の液貯留に関して検討することとした。さらに、前頭洞に液貯留を有する症例は少なく、また篩骨洞の液貯留の測定はその構造の複雑さから難しいと考えられたため、副鼻腔の中でも上顎洞と蝶形骨洞に的を絞って解析することとした。上顎洞や蝶形骨洞液貯留の典型例を図1に示す。

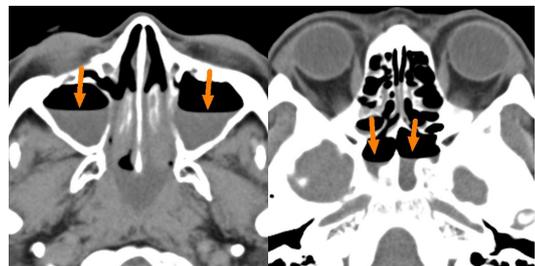


図1: 上顎洞(左)および蝶形骨洞(右)の液貯留(矢印)。

検討項目は以下の3つとした。

上顎洞または蝶形骨洞の液貯留有無による溺水診断の可能性を検討：

溺水症例と非溺水症例とで、上顎洞または蝶形骨洞液貯留の有無に有意差があるかどうかを検討する。有意差が認められた場合は、診断能(感度、特異度、正診率、陽性的中率、陰性的中率)を評価する。

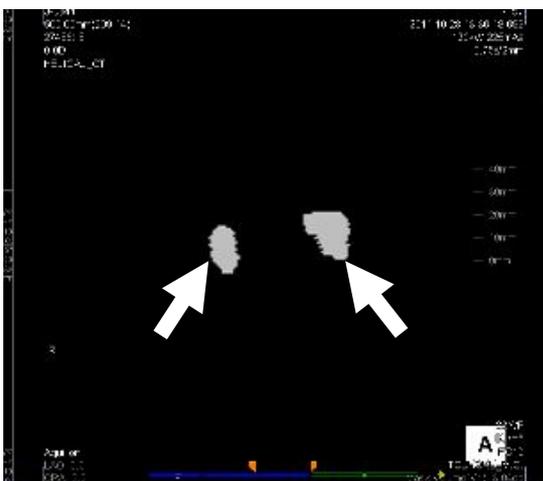
上顎洞または蝶形骨洞内貯留液の volume および濃度による溺水診断の可能性を検討：3D 医用画像ワークステーションである Ziostation 2 (Ziosoft 社) を用いて、上顎洞または蝶形骨洞内貯留液の volume と平均 CT 値を測定する。軸位断像上で、上顎洞・蝶形骨洞内貯留液をスライス毎に関心領域として囲む(図 2)。



図 2：上顎洞内貯留液を、関心領域として囲んでいる(赤色領域)。

そこから関心領域以外を除去し積み重ねることで、貯留液のみを volume として抽出する(図 3)。

図 3：囲んだ関心領域以外を除去し、積み重ねることで、液貯留を volume として抽出する(矢印)。



抽出した volume の平均 CT 値は、ワークステーションで自動的に算出される。算出された volume と平均 CT 値について、溺水症例と非溺水症例とで有意差があるかどうか統計学的に検討する。また有意差が認められた場合

は、Receiver Operating Characteristic (ROC) 解析を用いて溺水診断能を評価する。

上顎洞または蝶形骨洞内貯留液の volume および濃度による海水溺水・淡水溺水鑑別の可能性を検討：

3D 医用画像ワークステーション Ziostation 2 を用いて、と同様に上顎洞・蝶形骨洞内貯留液の volume および平均 CT 値を測定する。溺水症例を海水溺水と淡水溺水とに分類し、両者の間で、算出した貯留液の volume や平均 CT 値に有意差があるかどうかを統計学的に検討する。有意差が認められた場合は、ROC 解析を用いて、海水溺水診断能を評価する。

4. 研究成果

(1) 上顎洞または蝶形骨洞の液貯留有無による溺水診断の可能性：

当施設で死後 CT 検査および法医解剖が行われた症例から、腐敗や損傷が高度な症例や小児症例を除外し、溺水症例を 39 例、非溺水症例を 112 例選出し検討を行った。溺水症例は、39 例中 38 例(97%)で上顎洞または蝶形骨洞に液貯留が認められた。非溺水症例は、112 例中 73 例で液貯留が認められた。カイ二乗検定を行ったところ、液貯留は溺水症例に有意に多く認められることが示された($p=0.0001$)。また溺水診断能に関しては、感度 97%、特異度 35%、正診率 51%、陽性的中率 34%、陰性的中率 98%であった。このことから、上顎洞・蝶形骨洞に液貯留が認められない場合、死因から溺水を除外可能であると考えられた。ここまでの結果は査読を経て、European Journal of Radiology に原著論文として掲載された。

(2) 上顎洞または蝶形骨洞内貯留液の volume および濃度による溺水診断の可能性：

溺水症例 38 例、非溺水症例 73 例を用いて解析を行った。3D 医用画像ワークステーション ziostation2 を用いて上顎洞・蝶形骨洞ない貯留液の volume および平均 CT 値を測定した。

Volume に関しては溺水で中央値 1.82 (0.02-11.7) ml、非溺水で中央値 0.49 (0.03-8.7) ml であった。マンホイットニー U 検定を行ったところ、溺水症例の方が有意に volume が大きいことが示された($p=0.001$)。ROC カーブを描いたところ、最も左上隅に近い点と Youden index は、ともに 1.03 ml であった。1.03 ml をカットオフ値にした場合、溺水診断の感度は 68%、特異度 68%、陽性的中率 53%、陰性的中率 81%であった。

平均 CT 値に関しては、溺水症例で中央値 22 (マイナス 14-66) HU、非溺水症例で中央値 39 (マイナス 65-77) HU であった。マンホイットニー U 検定を行ったところ、溺水症例の方が有意に平均 CT 値が低いことが示された($p=0.0007$)。ROC カーブを描いたところ、最も左上隅に近い点は 27.5 HU であった。

27.5HU をカットオフ値にした場合、溺水診断の感度は61%、特異度70%、陽性的中率51%、陰性的中率77%であった。Youden index は37.8 HU で、この値をカットオフ値にした場合、溺水診断の感度は84%、特異度51%、陽性的中率47%、陰性的中率86%であった。

37.8HU という平均CT値を cutoff 値にすると、溺水診断の感度と陰性的中率が最も高くなり、溺水診断に有用な要素であると考えられた。この結果は査読を経て、European Journal of Radiology に原著論文として掲載された。

(3) 上顎洞または蝶形骨洞内貯留液の volume および濃度による海水溺水・淡水溺水鑑別の可能性：

2009年5月から当施設で死後CT検査および法医学解剖が行われた641症例から、高度な腐敗や損壊症例、小児症例を除外し、剖検で溺水と診断された106症例を選出し解析を行った。そのうち海水溺水は22例、淡水溺水は84例であった。上顎洞・蝶形骨洞内貯留液の volume と平均CT値を3D医用画像処理ワークステーションziostation2で測定した。

Volume に関しては海水溺水で中央値5.675(0.08-37.55)ml、淡水溺水で中央値4.9(0.02-27.68)mlであった。マンホイットニーU検定を行ったところ、海水溺水症例と淡水溺水症例とでは volume に有意差はないことが示された($p=0.5408$)。よって上顎洞・蝶形骨洞内貯留液の volume で、海水溺水と淡水溺水を区別することは不可能と考えられた。

平均CT値に関しては、海水溺水症例で平均値46.89(14.26-75.98)HU、淡水溺水症例で平均値33.02(マイナス14.36-77.43)HUであった。スチューデントt検定を行ったところ、海水溺水症例の方が平均CT値が有意に高いことが示された($p=0.0003$)。ROCカーブを描いたところ、最も左上隅に近い点と Youden index は、ともに43.71HUであった。43.71HU をカットオフ値にした場合、海水溺水診断の感度は68%、特異度79%、陽性的中率46%、陰性的中率90%であった。以上から、上顎洞・蝶形骨洞内貯留液の平均CT値が43.71HU未満の場合、海水溺水は否定的と考えられた。

以上の内容の一部は2014年3月に開催された European Congress of Radiology 2014にて発表済で、また全体を現在論文執筆中である。

肺の volume および平均CT値測定に関しては、肺野は様々な死後変化が生じやすく、臨床と同様の方法では測定が困難であり、本研究の期間中に有効な測定法を生み出すことはできなかったため、今後の検討課題とした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

1. Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, Usui A, Hosokai Y, Sato M, Saito H, Ishibashi T, Hayashizaki Y, Funayama M. Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography based on the volume and density of fluid accumulation in the maxillary and sphenoid sinuses. Eur J Radiol 2013; 82: e562-e566. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.06.015. 査読有

2. Kawasumi Y, Kawabata T, Sugai Y, Usui A, Hosokai Y, Sato M, Saito H, Ishibashi T, Hayashizaki Y, Funayama M. Assessment of the relationship between drowning and fluid accumulation in the paranasal sinuses on post-mortem computed tomography. Eur J Radiol 2012; 81: 3953-3955. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.08.011. 査読有

[学会発表](計1件)

1. Kawasumi Y, Usui A, Hosokai Y, Saio M, Hayashizaki Y, Saito H, Ishibashi T, Funayama M. Distinction between salt water drowning and freshwater drowning by assessment of the sinus fluid on post-mortem computed tomography. European Congress of Radiology 2014, March 6-10, Vienna, Austria

[図書](計1件)

1. 川住祐介、株式会社インナービジョン、「INNERVISION2014年1月号」2013、62-64

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川住 祐介 (KAWASUMI, YUSUKE)
東北大学・大学院医学系研究科・助教
研究者番号： 00513540

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：