

胸腔内液体の電解質濃度の溺死診断への応用

学位論文内容の要旨

【背景と目的】 法医学解剖において溺死は腐敗が比較的進行している場合には肉眼的所見のみでは診断が困難なことが多いが、他の死因と比較して胸腔内に多く液体が貯留することが診断の参考所見として用いられてきた。しかしながら、他の死因でも胸腔内に液体が貯留することがあり、胸腔内に貯留する液体の存在だけでは溺死と非溺死を区別することは困難であることが多い。また、溺死と診断できた場合でも淡水中での溺死（以下、淡水溺死）か海水中での溺死（以下、海水溺死）かを区別することは、胸腔内に貯留する液体の量や外見的な性状だけでは困難である場合が少なくない。溺死の診断をより確実にする方法を検討するために、左右胸腔から採取される液体を別々に採取して、それぞれの電解質（Na, Cl, Mg, Ca）の濃度に関して検討を行った。

【対象と方法】 2008年4月から2010年5月の間に当分野で行った死体検案例あるいは司法解剖例において左右胸腔よりそれぞれ10 ml以上の液体を採取できた事例を対象とした。解剖42例（海水溺死13例、淡水溺死8例、非溺死21例）、検死4例（淡水溺死4例）について検討を行った。対象となる事例は男性24例、女性22例である。平均年齢は海水溺死例で53.5歳（身元不明の2例を除く）、淡水溺死例では59.3歳、非溺死例では53.9歳であった。溺死の事例は警察の捜査結果から自殺あるいは事故で明らかに海（海水）あるいは河川や湖（淡水）で溺死したと考えられる事例に限定した。

溺死の診断は、気道の細小泡沫、溺死肺、胸腔内に多量に貯留した液体、肺、脾臓の組織片および、心臓内血液からの珪藻の検出、溺死以外に死因となりうる所見がないことの確認によって診断した。死後経過時間は死体所見および警察の捜査結果から判断した。胸腔内からの液体の採取方法は、解剖例では胸郭の下位の肋骨から第2肋骨まで切断して開胸し、全量を採取した。検案例では側胸部から胸腔内にスパイナル針を穿刺して左右から50 ml以上をそれぞれ採取した。

電解質の濃度はSRL株式会社（札幌）において測定された。NaとCl濃度はイオン選択電極法で測定された。Ca濃度はアルセナゾⅢ法で測定された。Mg濃度はキシリジルブルー法で測定された。各群の電解質濃度の統計学的有意差に関してはTukey-Kramer法を用いて検討した。各群の電解質濃度と死後経過時間の関係は、単回帰分析を用いて検討した。p<0.05を統計学的有意とした。

【結果】 死後経過時間の平均と標準偏差は海水溺死群で 17.6 ± 18.5 日、淡水溺死群で 14.5 ± 19.0 日、非溺死群で 4.1 ± 6.8 日であった。Na濃度の左右差（左胸腔内に貯留していた液体の電解質濃度から右胸腔内に貯留していた液体の電解質濃度を差し引いた値）は海水溺死群で $-78 \sim +86$ mEq/l、淡水溺死群では $-41 \sim +31$ mEq/l、非溺死群では $-16 \sim +12$ mEq/lであった。Cl濃度の左右差は海水溺死群では $-116 \sim +94$ mEq/l、淡水溺死群では $-33 \sim +21$ mEq/l、非溺死群では $-6 \sim +11$ mEq/lであった。非溺死群の右胸腔

内から採取された液体の Na 濃度と死後経過時間の間に逆相関 ($Y_{Na} = -1.7058X_{day} + 120.6454$, $R^2 = 0.1521$, $p = 0.04539$) を認めた. 淡水溺死群の左右胸腔内液体の Mg 濃度と死後経過時間に順相関 (それぞれ $Y_{Mg} = 0.0611X_{day} + 3.5335$, $R^2 = 0.4552$, $p = 0.0096$, $Y_{Mg} = 0.0572X_{day} + 3.8978$, $R^2 = 0.4177$, $p = 0.0138$) を認めた. その他の各群の Na, Cl, Ca, Mg 濃度と死後経過時間の間に相関関係は認められなかった.

全ての電解質の濃度および Cl 濃度から Na 濃度を差し引いた値で海水溺死群とその他の二つの群との間に統計学的に有意な差が認められた. また, Na 濃度と, Cl 濃度から Na 濃度を差し引いた値では淡水溺死群と非溺死群の間にも統計学的に有意な差が認められた. Na 濃度が 175 mEq/l 以上であるのは海水溺死群においてのみ認められ, 65 mEq/l 以下であるのは淡水溺死群においてのみ認められた. また, Cl 濃度が 155 mEq/l 以上であるのは海水溺死群においてのみ認められ, 65 mEq/l 以下であるのは淡水溺死群においてのみ認められた海水溺死群のみで Ca と Mg 濃度が各々 20 mg/dl 以上の事例があった.

【考察】 非溺死群の 21 事例において Na 濃度の最高値が 171 mEq/l, Cl 濃度の最高値が 150 mEq/l である. したがって, Na 濃度が 175 mEq/l 以上, Cl 濃度が 155 mEq/l 以上であれば海水溺死であると判断できると考えられる. 淡水溺死の事例のみで Na と Cl 濃度が 65 mEq/l 以下であり, 非溺死の事例ではすべて 66 mEq/l 以上であることから, Na あるいは Cl 濃度が 65 mEq/l 以下であれば淡水溺死であると判断することができると考えられる. Ca 濃度は生体内に比べて海水で高く, 20 mg/dl 以上であるのは海水溺死の事例だけであることから, 20 mg/dl 以上であれば海水溺死の可能性が高いと考えられるが, 海水溺死の事例でも 20 mg/dl 未満にとどまる場合が多く, Ca 濃度の測定の有用性は低いと思われる. これに対して, Mg 濃度は海水溺死の全ての事例で 20 mg/dl 以上であり, それ以外の全ての事例で 20 mg/dl 未満であることから, 20 mg/dl 以上であれば海水による溺死と判断できるので, 有用性が高いと考えられる.

非溺死群では胸腔内の液体量にかかわらず左右の電解質濃度の差が大きくあることは認められないため, 大きな左右差 (低い濃度の 20% 以上) があれば溺死の可能性が高いと考えることが可能であり, 一方の電解質濃度が淡水あるいは海水溺死群の基準に合っていれば他方が基準に合っていないなくても, 淡水あるいは海水溺死であると判断することが可能であると考えられる. 今回の事例では一部で Na の低下傾向と Mg の上昇傾向を認めたが, 大部分では相関関係は認められなかった. 死後経過時間と電解質濃度に強い相関関係は認められないことから, 高度の腐敗により肉眼的な所見では溺死の診断が困難な事例でも, 胸腔から採取される液体の電解質濃度を測定することで診断が可能になると考えられる.

【結論】 海水あるいは淡水による溺死の診断に胸腔内液体の電解質 (Na, Cl, Mg) の濃度を測定することが有用であると考えられる. 診断基準としては左右胸腔に貯留する液体の Na あるいは Cl 濃度が 65 mEq/l 以下であれば淡水による溺死, Na 濃度が 175 mEq/l 以上あるいは Cl 濃度が 155 mEq/l 以上であれば海水による溺死と診断できる. Cl 濃度から Na 濃度を差し引いた値が +31 mEq/l 以上であれば海水による溺死であると診断できる. Mg 濃度が 20 mg/dl 以上であれば海水溺死であると診断できる. さらに, 一部の淡水あるいは海水溺死群に左右胸腔内の液体の電解質濃度に比較的大きな差があることから, 左右を区別して採取してそれぞれの電解質の濃度を測定し, 一方が海水溺死や淡水溺死の基準に合っていれば, その結果から淡水あるいは海水溺死と診断することが可能である.

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 寺 沢 浩 一
副 査 教 授 畠 山 鎮 次
副 査 教 授 田 中 伸 哉

学 位 論 文 題 名

胸腔内液体の電解質濃度の溺死診断への応用

法医学解剖において溺死は腐敗が比較的進行している場合には肉眼的所見のみでは診断が困難なことが多いが、他の死因と比較して胸腔内に多く液体が貯留することが診断の参考所見として用いられてきた。胸腔内に貯留した液体の量だけでは溺死の診断が困難なことがしばしばあることから、本研究は溺死の診断をより確実にすることを目的に、左右胸腔から液体を別々に採取して、解剖 42 例（海水溺死 13 例、淡水溺死 8 例、非溺死 21 例）、検死 4 例（淡水溺死 4 例）の電解質の濃度（Na、Cl、Ca、Mg）に関して検討を行った。

全ての電解質の濃度、および Cl 濃度から Na 濃度を差し引いた値で海水溺死群とその他の二つの群との間に統計学的に有意な差を認めた。また、Na 濃度と、Cl 濃度から Na 濃度を差し引いた値では淡水溺死群と非溺死群との間にも統計学的に有意な差を認めた。非溺死群の電解質濃度を考慮すると、Na 濃度が 175 mEq/l 以上あるいは、Cl 濃度が 155 mEq/l 以上であれば海水溺死であると判断できると考えられる。Na あるいは Cl 濃度が 65 mEq/l 以下であれば淡水溺死であると判断することができると考えられる。Ca 濃度は生体内に比べて海水で高く、20 mg/dl 以上であるのは海水溺死の事例だけであることから、20 mg/dl 以上であれば海水溺死の可能性が高いと考えられるが、海水溺死の事例でも 20 mg/dl 未満にとどまる場合が多く、Ca 濃度の測定の実用性は低い。これに対して、Mg 濃度は海水溺死の全ての事例で 20 mg/dl 以上であり、それ以外の全ての事例で 20 mg/dl 未満であることから、20 mg/dl 以上であれば海水溺死と判断できるので、有用性が高いと考えられる。非溺死群では胸腔内の液体量にかかわらず左右の電解質濃度の差が大きくなることは認められないため、大きな左右差があれば溺死の可能性が高いと考えることが可能であり、一方の電解質濃度が淡水あるいは海水溺死群の基準に合っていれば他方が基準に合っていなくても、淡水あるいは海水溺死であると判断することが可能であると考えられる。溺死例の一部において左右差が生じる原因については今後の事例の蓄積と検討が必要である。

質疑応答に際して、副査の畠山教授から、生化学の立場で、淡水溺死と海水溺死を区別する本研究以外の方法（電解質や蛋白、体外の物質を用いた診断法）について質問があった。ついで、副査の田中教授から、病理学の立場で、肺胞の組織形態や体内 K 濃度を診断に利用する可能性、及び、今後の本研究の展望について質問があった。ついで、聴衆から、国内での先行研究例と本研究の整合性について質問があった。最後に、主査の寺沢が、法医学の立場で、胸腔内液体の剖検時の量・性状と溺死診断の基準について質問を行った。

申請者は、畠山教授からの質問に対しては、解剖中に採取した肺などの臓器に存在する

珪藻の種類を検査することで淡水溺死や海水溺死の区別をすることが可能であるという従来法について言及・回答した。また、現在、法医学では、臨床検査機器を用いて短時間で電解質の確認ができるようになっており、診断に寄与していることも併せて回答した。また、淡水の条件下で亡くなって流され、海水の条件下に置かれた場合などの複雑な状況についての診断についても回答に併せて報告した。田中教授からの質問に対しては、剖検症例は死後半日以上経過してしまうことから、組織形態の診断への利用は難しいことを回答した。また、それに併せて、K濃度の測定についても、死後経過時間に相関して著名な濃度上昇が認められるために、溺死の診断への応用は困難であることを回答した。また、今後の本研究の展望については、鑑定書に載せるレベルまでに事例を集め検討していくことが重要であることを回答した。聴衆からの質問に対しては、国内の類似の先行研究がすでに存在し、本研究には十分な妥当性が認められることを回答した。寺沢からの質問に対しては、左右肺の重量、並びに、左右胸腔内の液体貯留重量の総和が一定量以上であれば、溺死診断に有効であるという診断上の基準値について回答した。また、溶血等による性状変化についても、自身の有する法医学的知見を踏まえて言及・回答した。

この論文は、法医診断学上極めて重要な溺死診断に関する実用性の高い研究であるものと高く評価され、今後の法医学分野における溺死の診断及び海水中の溺死か淡水中の溺死かの診断における精度の向上・発展に十分寄与することが期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。